

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 :

**La façade ventilée comme dispositif de régulation
hygrothermique.**

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

Préparé par :

DJERRAH Micipsa

Encadré par :

Mr KHADRAOUI Mohamed Amine

Mr ALLOUACHE Samir

BOUNOUNI Sofiane	M-A-A	Département architecture de Bejaia	Président de jury
BADIS Abderrahmane	M-A-A	Département architecture de Bejaia	Rapporteur
BOUNIF Sonia	M-A-A	Département architecture de Bejaia	Examineur

Année Universitaire 2020 - 2021

Dédicace :

Je dédie ce modeste travail aux êtres qui me sont les plus chers :

Je dédie ce modeste travail, En premier lieu, à la mémoire de ma très chère mère, que Dieu le
tout puissant l'accueille dans son paradis.

A mon cher père, qui était toujours derrière moi à me soutenir et à m'encourager, qui peut être
fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à
avancer dans la vie. Merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien que j'ai reçu de ta
part.

A mon grand frère Ptolémée qui s'est sacrifié pour moi et qui était là pour me soutenir et me
protéger ma petite sœur Myassa qui malgré l'âge elle a su m'épauler à sa propre manière.

A mon oncle qui m'a toujours épaulé ainsi qu'à sa femme, je vous souhaite une longue vie

A mes deux cousines Salima et Ahlem qui m'ont beaucoup soutenu je vous souhaite que
bonheur et succès.

Ainsi qu'à tous les membres de ma famille.

A mes chers amis, tous ceux que j'aime et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à
la réalisation de ce modeste travail.

Remerciements

Je remercie le bon dieu le tout puissant qui nous a donné le courage et la volonté de mener à bien notre Travail.

Ainsi que ma famille de m'avoir soutenus pendant mon cursus Universitaire.

Je tiens à remercier les encadreurs Mr KHADRAOUI Mohamad Amine et Mr ALLOUACHE Samir pour Leurs conseils.

Ainsi j'adresse mes remerciements aux enseignants(es) qui mon aider durant mon parcours.

Je souhaite ainsi, remercier tous l'ensemble des jurés d'avoir examiné ce modeste travail.

Résumé

Ce travail vise à effectuer une étude sur la façade ventilée et son effet sur le confort hygrothermique. Avant 1970 on ne se soucier pas vraiment de la consommation énergétique, jusqu'à l'arrivée de la crise ou on s'est rendu compte que ces énergies sont faucille et qu'on doit orienter notre réflexion vers une solution qui assurera une consommation énergétique raisonnable, grâce à des techniques de constructions adapter à cela. Dans cette étude on s'est focalisé beaucoup plus sur le dispositif de la façade ventilée, son effet sur le confort hygrothermique intérieur et sa contribution à la réduction de la consommation énergétique.

Pour ce fait, une investigation a été faite au sein d'un immeuble de bureau ici à Bejaia qui est le siège de la « radio Soummam » puis par la suite une simulation par le logiciel «ARCHIWIZARD» a été faite sur le même bâtiment afin de quantifier les variations de température et humidité au sein de l'espace intérieur mais aussi simuler la consommation énergétique pendant une année complète pour élaborer par la suite une analyse numérique et évaluer le confort hygrothermique dans les espaces intérieurs, puis proposer la façade ventilée et refaire une simulation à deux reprises, le premier cas avec le dispositif de la façade ventilée sans isolant et le deuxième c'est avec le dispositif complet mais dans ce cas on le dispositif est mis complètement pour ensuite comparer les résultats obtenus avec le cas initial.

Après discussion des résultats on a confirmé que la façade ventilée non seulement elle rajoute un apport en terme d'esthétique à l'enveloppe mais améliore l'efficacité énergétique de 19.7% de notre cas d'étude surtout en terme de refroidissement. Ce qui fait que ce dispositif est le plus approprié et agissant en terme de confort hygrothermique et efficacité énergétique.

Mots-clés : humidité, température, efficacité énergétique, isolation thermique, confort hygrothermique, façade ventilée, consommation énergétique, simulation.

Abstract

The present work aimed at conducting a study on the ventilated facade and its impact on hygrothermal comfort. We did not really care about energy expanding before 1970, until the crisis arrival when we realized that these energies are sickle and that we must direct our thinking towards an ensuring solution of rational energy expanding through pertinent construction techniques. This study focused much more on the ventilated facade mechanism, its impact on indoor hygrothermal comfort, and its contribution to reducing energy consumption.

For this, an investigation was made here in Béjaia, in the headquarters building of “radio Soummam”. Subsequently, a simulation by the ARCHIWIZARD software was made to quantify the temperature and humidity variations inside the space, and also stimulate the energy expanding all over one year, to develop a digital analysis and provide an assessment of the hygrothermal comfort in the interior spaces, and then put forward the ventilated facade to do a simulation twice: the first case with ventilated facade mechanism without an isolator, and the second with using the complete device and then compare with the results of the initial case.

After the results discussion, it was confirmed that the ventilated facade does not only add an aesthetic contribution but also improves energy efficiency by 19.7% of our case study, especially in terms of cooling. This makes this device the most appropriate and effective in terms of hygrothermal comfort and energy efficiency.

Keywords: humidity, temperature, energy efficiency, thermal insulation, hygrothermal comfort, ventilated facade, energy consumption, simulation.

ملخص

يهدف هذا العمل إلى إجراء دراسة حول الواجهة ذات التهوية وتأثيرها على الراحة الحرارية. قبل عام 1970، لم نكن نهتم حقاً باستهلاك الطاقة، حتى وصول الأزمة عندما أدركنا أن هذه الطاقات هي منجل وأنه يجب علينا توجيه تفكيرنا نحو حل يضمن استهلاك الطاقة، بفضل تقنيات البناء التي تم تكييفها مع هذا. في هذه الدراسة، ركزنا أكثر على جهاز الواجهة ذات التهوية وتأثيره على الراحة الحرارية الداخلية ومساهمته في تقليل استهلاك الطاقة.

لهذا السبب، تم إجراء تحقيق في مبنى إداري هنا في بجاية وهو المقر الرئيسي لـ "راديو الصومام" ثم على نفس المبنى من أجل تحديد الاختلافات في درجات الحرارة "ARCHIWIZARD" تم إجراء محاكاة بواسطة برنامج والرطوبة داخل المساحة الداخلية ولكن أيضاً لمحاكاة استهلاك الطاقة لمدة عام كامل لتطوير تحليل رقمي لاحقاً وتقييم الراحة الحرارية في المساحات الداخلية، ثم اقتراح واجهة جيدة التهوية وإعادة محاكاة مرتين، الحالة الأولى بجهاز واجهة مهواة بدون عزل والثاني مع الجهاز الكامل ولكن في هذه الحالة يتم وضع الجهاز بالكامل لمقارنة النتائج التي تم الحصول عليها مع الحالة الأولية.

بعد مناقشة النتائج، تم التأكيد على أن الواجهة ذات التهوية لا تضيف فقط مساهمة جمالية للغلاف ولكنها تحسن كفاءة الطاقة بنسبة 19.7٪ من دراسة الحالة لدينا، خاصة فيما يتعلق بالتبريد.

الكلمات المفتاحية: الرطوبة، درجة الحرارة، كفاءة الطاقة، العزل الحراري، الراحة الحرارية، واجهة جيدة التهوية، استهلاك الطاقة، المحاكاة.

Table des matières

Sommaire

Résumé.....	iii
Abstract.....	iv
ملخص.....	v
Table des matières.....	vi
Sommaire.....	vi
Liste des tableaux.....	ix
Liste des figures.....	x
Nomenclature.....	xii
Chapitre introductif.....	i
1. Introduction générale :.....	1
2. Problématique :.....	2
3. Hypothèses :.....	3
4. Contexte et objectifs :.....	3
5. Analyse conceptuelle :.....	4
6. Méthodologie de recherche :.....	5
7. Structuration du mémoire.....	6
Chapitre 01 :.....	7
Le confort hygrothermique dans le bâtiment.....	7
Introduction :.....	7
1.1. Définition du confort.....	7
1.1.1. Le confort thermique.....	8
1.1.2. Confort hygrothermique.....	8
1.2. Les paramètres du confort thermique.....	9
1.3. Les modes de transfert de chaleur.....	11
1.4. Les paramètres affectant le confort thermique.....	13
1.4.1. Les paramètres liés à l'ambiance extérieure.....	13
1.4.2. Paramètres liés à l'individu.....	14

I.5. Les procédés du confort thermique	15
1.5.1. L'implantation.....	15
1.5.2. La ventilation naturelle	16
1.5.3. La forme.....	16
1.5.4. L'orientation	16
1.6. Évaluation du confort thermique	17
1.6.1. Les indices d'évaluation du confort thermique.....	17
1.6.2. L'évaluation de confort thermique par les enquêtes in situ	20
1.6.3. Les outils graphiques d'évaluation du confort thermique :	20
Conclusion :	23
Chapitre II : La façade ventilée.....	24
2.1. Généralités sur la façade :	24
2.1.1. Les fonctions de la façade :	24
2.1.2. Les critères de choix d'une façade :	24
2.1.3. Les typologies de façades :	25
2.1.4. Classification des façades :	25
Introduction.....	32
2.2. Façade ventilée.....	32
2.2.1. Définition	32
2.2.2. Historique.....	32
2.2.3. Principe de la façade ventilée	33
2.2.4. Les différents composants d'une façade ventilée	34
2.2.5. La structure de construction.....	37
2.2.6. Types de la façade ventilée	38
2.2.7. Installation de la façade ventilée.....	40
2.3. Efficacité énergétique de la façade ventilée.....	41
2.3.1. Avantages de façade ventilée.....	42
2.3.2. Inconvénients de façade ventilée	43
Conclusion	44
Chapitre III : étude empirique.....	45
3.1. Introduction.....	45

3.1.2. Climatologie de la ville de Bejaia :.....	45
3.2. Présentation du cas d'étude :.....	46
3.2.1. Situation :.....	47
3.2.3. Fiche technique et limites du projet.....	48
3.2.4. Description du projet :	48
3.3. Choix du cas d'étude.....	49
3.3.1 Les matériaux de construction	49
3.4. Investigation :.....	51
3.4.1. Objectif de la prise mesures.....	51
3.4.1. Protocole de prise de mesure :	51
3.4.3. Instruments de mesure	52
3.4.4. Choix des points des mesures	52
3.5. Interprétation des résultats	54
3.6. Synthèse :.....	56
Conclusion	56
Chapitre 04 : Évaluation de la performance thermique de la façade ventilée	57
4.1. Introduction.....	57
4.1.1. Présentation de logiciel de simulation ARCHIWIZARD :.....	57
4.1.2. Définition du logiciel ArchiWizard :	57
4.1.3. Argumentation du choix des logiciels de Simulation	58
4.1.4. Objectif de l'étude.....	58
4.1.5. Domaine d'utilisation du logiciel ArchiWizard :.....	59
4.2. Déroulement de la simulation :	59
4.2.1. Démarches de la simulation :.....	59
4.3. Les scénarios :.....	61
4.4. Résultats et Discussion :	65
4.5. Comparaison et discussion des résultats	66
Synthèse :.....	69
Conclusion :	70
Conclusion générale.....	71
Bibliographie.....	73

Liste des tableaux

Tableau 1.1: L'impact de l'activité sur les valeurs du métabolisme.....	9
Tableau 1.2: Valeurs de référence de température de l'air	13
Tableau 1.3: La sensation thermique exprimée selon l'échelle de l'ASHRAE	18
Tableau 1.4: valeur de a en fonction de la vitesse de l'air	19
Tableau 2.1: Mesure de l'espace de ventilation.....	35
Tableau 2.2 : les caractéristiques thermiques des matériaux isolants courants	36
Tableau 3.1: Fiche technique du cas d'étude	48
Tableau 3.2 : les caractéristiques thermique des matériaux	50
Tableau 4.1: Les caractéristiques thermiques des matériaux utilisés pour la simulation.	60
Tableau 4.2: La plage de température selon la norme NF EN 15251.....	61
Tableau 4.3: différents scénarios de la simulation.....	61
Tableau 4.4: la composition matérielle des murs extérieurs utilisés dans le scénario 1	62
Tableau 4.5: la composition matérielle des murs extérieurs utilisés dans la simulation du scénario 1 (Source : Auteur, 2021)	62
Tableau 4.6: la composition matérielle des murs extérieurs utilisés dans le scénario 2	63
Tableau 4.7: la composition matérielle des murs extérieurs utilisés dans le scénario 3.....	64
Tableau 4.8: Besoins énergétiques annuels simulés des 3 scénarios.....	65

Liste des figures

Figure 1.1: Production de chaleur en fonction de l'activité.....	9
Figure 1.2: Valeurs de l'isolement vestimentaire de différents vêtements.....	10
Figure 1.3: l'influence de la température des parois sur la température de confort.....	10
Figure 1.4: Relation entre la température et l'humidité relative.	11
Figure 1.5: Les modes de transfert de chaleur.	12
Figure 1.6: Le métabolisme humain.	15
Figure 1.7: Évolution de l'indice PPD en fonction de la valeur du PMV.	18
Figure 1.8: diagramme bioclimatique.	21
Figure 1.9: diagramme psychrométrique de Givoni.	22
Figure 2.1: la façade géométrique droite.	26
Figure 2.2: la façade inclinée.	26
Figure 2.3: la façade organique.....	27
Figure 2.4: la façade mixte.....	27
Figure 2.5: la façade en pierre.....	28
Figure 2.6: la façade en brique.....	28
Figure 2.7: la façade en béton armé.....	29
Figure 2.8: la façade en brique.....	29
Figure 2.9: la façade en verre.....	30
Figure 2.10: la façade en métal.	30
Figure 2.11: la façade en métal.	31
Figure 2.12: la façade en métal.	31
Figure 2.13: Schématisation du principe de fonctionnement de la façade ventilée.....	34
Figure 2.14: schéma représentant la circulation d'air.....	35
Figure 2.15: Les composants de la façade ventilée.....	37
Figure 2.16: Les différents types de façade ventilée.....	38
Figure 2.17: schémas représentant des profils de la fixation de la façade ventilée.....	39
Figure 2.18: schémas représentant les deux types de support (équerres).	39
Figure 2.19: schéma représentant la fixation des systèmes visible et invisible des façades.....	40

Figure 2.20: schéma représentant le fonctionnement de la façade ventilée.....	41
Figure 3.1: Siege de la radio Soummam.....	46
Figure 3.2:Situation du siège de la radio Soummam.	47
Figure 3.3: plan de masse.....	49
Figure 3.4: les matériaux qui composent la paroi.....	50
Figure 3.5: instrument de prise de mesure (thermo hygromètre).....	52
Figure 3.6: plan du 2eme étage.....	53
Figure 3.7:Courbe des températures mesurées.	54
Figure 3.8:Courbe des températures mesurées.	55
Figure 4.1: Icône du logiciel Archiwizard.	58
Figure 4.2: Le model 3d du cas d'étude créer par Archicad.....	60
Figure 4.3: la composition matérielle des murs extérieurs utilisés dans le scenario 2.	64
Figure 4.4: la composition matérielle des murs extérieurs utilisés dans la simulation du scenario 1 Source : (Auteur, 2021)	65
Figure 4.5: Graphe des besoins énergétiques annuels (climatisation) simulés pendant une année	66
Figure 4.6: Graphe des besoins énergétiques annuels (chauffage) simulés pendant une année	67
Figure 4.7: la consommation énergétique annuelle totale	68

Nomenclature

TA : Température Ambiante de l'aire

TP : TEMPERATURE des Parois

HR : L'Humidité Relative de l'air

HQE : Haute Qualité Environnementale

VA : Vitesse de l'Air

PMV : Vote Moyen Prévisible

PPD : Pourcentage Prévisible D'insatisfaits

Top : Température opérative

TMRT : Température Moyenne Radiante

a : coefficient en fonction de la vitesse d'air.

Chapitre introductif

1. Introduction générale :

Depuis l'existence de l'humanité, l'homme a toujours cherché à s'abriter et se protéger contre les aléas de l'environnement extérieur notamment le climat (les vents, les pluies, les chaleurs d'été), afin de créer et d'améliorer les conditions de sa vie quotidienne et les rendre favorable. De la hutte primitive à la maison d'aujourd'hui, l'habitation reflète son évolution et les différentes solutions trouvées par l'être humain pour faire face aux aléas climatiques. Malgré cette évolution son objectif est de faire face et se protéger contre les éléments climatiques et garantir un confort thermique optimal. C'est ainsi que l'homme a fait de l'acte de construire une de ses occupations fondamentales pour s'acclimater avec son environnement naturel.

Le confort selon des chercheurs a été défini par le degré de bien-être ou bien le désagrément qui se produit au sein de l'environnement intérieur d'un bâtiment. Il est défini aussi par cette interaction entre l'individu et l'espace qui l'entoure, c'est-à-dire, entre des conditions ambiantes physiquement mesurables et certaines conditions individuelles qui affectent notre perception (Iturra, 2011). Les concepteurs ont toujours essayé de garantir une sensation de chaleur lorsqu'il fait froid en hiver et se préserver des chaleurs lorsque les températures augmentent en été, faisant ainsi un des objectifs de l'architecture le fait de satisfaire les occupants en leur assurant un bien être thermique.

Le confort hygrothermique est une notion parmi les notions du confort, ce dernier qui demeure une notion très vaste qu'on ne peut limiter aux conditions physique. Vu que cette notion comprend aussi les paramètres liés à l'esthétiques et des paramètres psychologiques à savoir qualité de la lumière dans un espace, les paysages procurer par l'espace, la sécurité, le prestige... (Iturra, 2011).

Au fil du temps, beaucoup de paramètres comme : (l'essor et le développement de la technologie, le développement de nouveaux matériaux et techniques de construction, le développement du mode de vie quotidien etc...) ont influencé sur la conception architecturale.

À l'arrivée de la crise pétrolière de 1973 qui était un événement important dans l'histoire de la construction ou la consommation énergétique auparavant n'était pas un problème ce qui a mené les architectes à construire et produire une architecture « énergivore » à outrance (KHADRAOUI, 2019), où les installations techniques on était la

source du bien-être physiologique cela malgré que les sources épuisables et polluantes (Heiselberg, 2010)

Donc avant tout procédé de construction il faut prendre en considération certains paramètres climatiques comme l'orientation, l'ensoleillement, l'environnement naturel et physique afin d'adapter la construction a son environnement et pour assurer un confort durant les différentes saisons.

2. Problématique :

Aujourd'hui la consommation du chauffage et la climatisation en hiver et en été nécessitent beaucoup d'énergie ce qui va devenir plus rare et plus cher. La consommation énergétique ne fut pas au départ un enjeu dans les techniques de construction ce qui a induit à l'élaboration de projets énergivores ayant un aspect négatif sur l'homme et l'environnement. Mais après la crise énergétique de 1970 le changement est apparu avec la prise de conscience de la consommation énergétique dans les constructions. Après cette crise l'enjeu primaire des concepteurs était la réduction de la consommation énergétique et la création de constructions économiques avec moins d'effets et impact sur l'environnement. Auparavant la consommation énergétique dépasse 50% de l'énergie elle touche le secteur du bâtiment beaucoup plus notamment le chauffage et la climatisation.

Le besoin d'économie l'énergie et la réduire tout en garantissant un confort un confort en humidité et température peut être résolue avec le choix d'une démarche bioclimatique cela en laissant entrer les éléments favorable du climat pénétrer a l'intérieur de la bâtisse, ce qui rend la façade un élément très important lors de la conception vu son influence sur l'apparence (le coté esthétique), le confort ainsi que la durabilité de la construction. Elle est donc le premier élément d'interaction entre l'intérieur et l'extérieur et d'échange thermique, elle représente aussi la zone des pertes et des gains thermiques. Cet état d'inconfort est le résultat du choix de matériaux .Plusieurs démarches ont été établies visant à diminuer ces effets et à trouver des solutions moins impacte sur l'environnement pour assurer un bien-être pour l'usager. La façade ventilée est l'une des solutions préconisées agissant sur l'enveloppe architecturale. Donc pour réduire cette consommation énergétique dans les bâtiments, la façade ventilée augmente l'isolation de parois extérieures.

Des chercheurs affirment que dans réduire la consommation énergétiques dans un

bâtiment soit en augmentant l'isolation des parois extérieures, soit les planchers ou les façades en faisant appel à des façades multifonctionnelles (Joussellin et al., 2008)). La façade ventilée en tant que dispositif de régulation hygrothermique combine le confort thermique, l'ambiance lumineuse et l'aspect esthétique.

Tout ceci nous mène à poser les questions ou bien les problématiques suivante :

- Quelles sont les stratégies à opter dans la conception, les dispositifs architecturaux à utiliser pour garantir le confort hygrothermique et l'efficacité énergétique à l'intérieur du bâtiment ?
- Quel est l'impact du dispositif de la façade ventilée sur le confort hygrothermique et la consommation énergétique ?

3. Hypothèses :

Afin de répondre à notre problématique citée en dessus, on propose les hypothèses suivantes :

- La façade ventilée pourra peut-être assurer la performance thermique et énergétique par la suppression des ponts thermique.
- Pour garantir le bon fonctionnement et une efficacité de la façade ventilée, on pense que l'orientation (nord, est et ouest) pourra être la bonne orientation.

4. Contexte et objectifs :

A l'heure actuelle minimiser la consommation énergétique est une priorité ce qui laisse l'architecte repenser une autre façon de construire qui est moins impact, la façade dans la construction est le premier élément qui entre en contact avec l'environnement extérieur (le climat...). La présente recherche est faite dans le but de tester et d'évaluer l'impact du dispositif de la façade ventilée sur le confort hygrothermique .l'objectif est de maîtriser le comportement thermique des façades ventilées en garantissant une ambiance agréable en terme d'humidité, température et une consommation énergétique basse.

Cette présente recherche vise a :

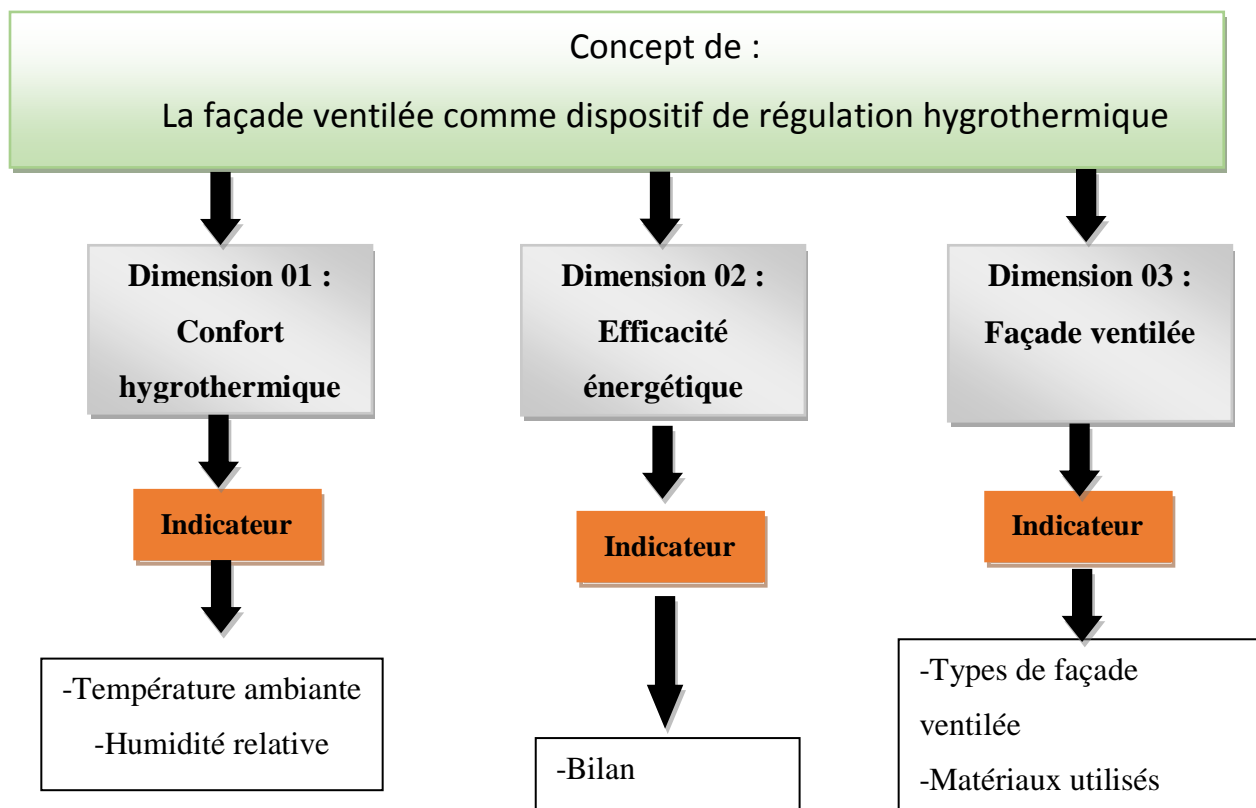
- Etudier le comportement thermique de la façade ventilée dans les bâtiments.
- Définir les éléments composant de la façade ventilée et leurs caractéristiques,

son apport sur le confort hygrothermique et son optimisation énergétique.

5. Analyse conceptuelle :

L'analyse conceptuelle de notre recherche a pour but de nous permettre de matérialiser les hypothèses et les différents concepts inclus dedans pour transformer en phénomènes quantifiables et mesurables.

- Il semble que la notion de confort hygrothermique ainsi l'efficacité énergétique dépendent de la composition matérielle de la façade avec des dispositifs adéquats conçu pour la protection contre les aléas de l'environnement.
- Les caractéristiques techniques des ouvertures et ces proportions influe directement sur le bâtiment en termes d'efficacité énergétique et confort hygrothermique.



6. Méthodologie de recherche :

Afin de répondre à ces objectifs, notre étude va confirmer ou à infirmer ces hypothèses à travers une structuration de la recherche qui va s'articuler autour de deux parties :

La 1ère partie théorique:

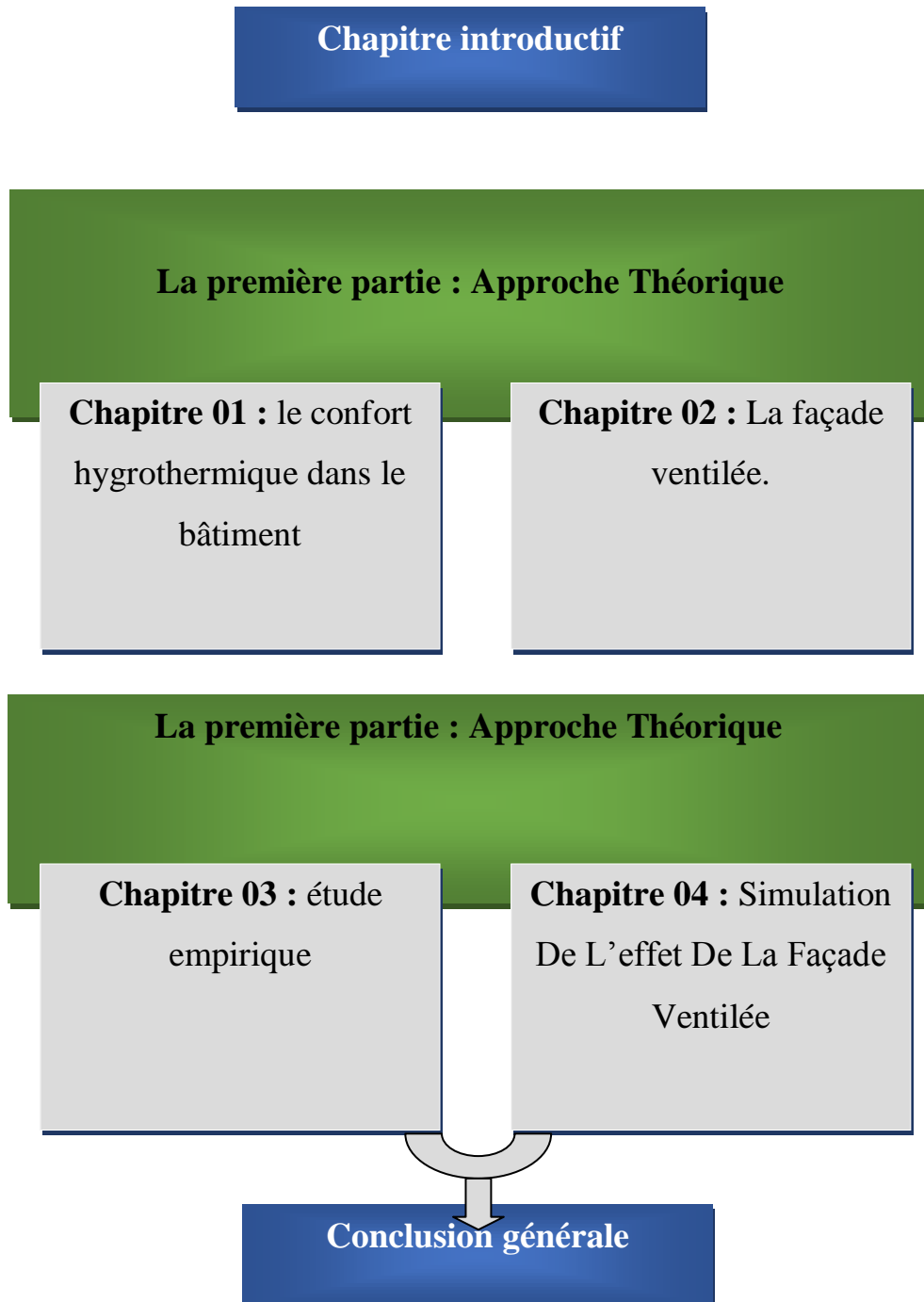
Dans cette partie on va élaborer une recherche bibliographique et documentaire, cette dernière est divisé en deux parties dans l'objectif est de comprendre les principaux éléments agissant sur le confort thermique et de cerner l'ensemble des concepts relatifs a la façade ventilée, son utilisation dans le bâtiment et son apport en termes de performance hygrothermique et consommation énergétique.

Dans le premier chapitre on va définir le confort hygrothermique dans le bâtiment et les éléments agissant sur ce dernier. Quant au deuxième chapitre il va être sur façade ventilée.

La deuxième partie pratique:

Cette 2ème partie est structurée en deux parties le premier sur le cas d'étude ou se fera une étude empirique. L'autre partie porte sur l'évaluation de la performance hygrothermique de la façade ventilée, une simulation sera faite à l'aide d'un programme numérique qui permettra de comparer et d'interpréter les résultats avec ceux obtenus dans le cas d'étude. Vers la fin du mémoire, on termine avec des recommandations et une conclusion générale.

7. Structuration du mémoire



Chapitre 01 :

Le confort hygrothermique dans le bâtiment

Introduction :

Le confort thermique est défini comme étant le degré de bien-être ou l'état de satisfaction de l'utilisateur envers l'environnement thermique. Ce dernier est déterminé par un équilibre des échanges thermiques effectué entre le corps et son environnement. Généralement la température corporelle l'homme est maintenu autour de 36,7 °C dans les conditions habituelles.

Le confort hygrothermique est l'équilibre qui se crée dans le bilan des échanges thermiques corporelles et de l'ambiance environnante (Cheng et al., 2005)

On peut dire que le confort thermique est soumis à une part de subjectivité, vu que c'est une notion physique complexe il peut être par un système de facteurs physiques, physiologiques et psychologiques, qui pousse l'individu à exprimer un désagrément ou bien la sensation de bien être. (*BOUCHA, 2004*).

La notion de confort est une notion tellement vaste qu'on ne peut la résumer aux conditions physiques qui déterminent bien-être ou le confort de type hygrothermique (température, humidité...etc.), mais il ya aussi le confort sonore ou olfactif. Elle inclut aussi d'autres paramètres qui sont liés à l'esthétique et psychologie (qualité de lumière dans un espace, les paysages, la sécurité, le prestige...etc.).

Ce chapitre s'intéresse au confort du bâtiment. En premier lieu il vise à présenter des notions générales, types et paramètres du confort, ces indices d'évaluation selon le plan de travail suivant.

1.1. Définition du confort

Le confort dans un bâtiment dépend des caractéristiques de l'environnement intérieur il est défini comme le degré de satisfaction ou de désagrément entre le corps humain et son environnement ou l'espace avoisinant, ou bien par ce lien entre des conditions ambiantes physiquement quantifiables et mesurables et les conditions individuelles qui affectent notre perception. Les conditions de confort varient selon trois facteurs dans le temps et dans l'espace: facteur social (couches sociales), facteur géographique (le confort varie d'une région à une autre) et le facteur historique (variation suivant la période).

Donc, le confort est une notion qui se transforme selon les valeurs et les mythes dominants dans la région ou elle s'édifie.

Selon (Desmons, 2017), le confort est une notion subjective. Une ambiance donnée peut satisfaire un individu et pas un autre. En effet, le confort en lui-même est lié à de nombreux facteurs que l'ambiance de l'espace même. Ces facteurs sont : la santé, l'âge, la façon dont on est vêtu, les habitudes, l'état psychologique du moment, etc. il est donc impossible d'espérer satisfaire la totalité des individus vu la divergence des personnes qui utilisent un espace commun.

Le confort en architecture peut s'agir selon deux (02) types majeurs dont on distingue :

- **Confort physiologique** : dans ce cas on parle confort thermique mais aussi de l'ambiance lumineuse (éclairage) et aussi le confort acoustique sonore et olfactives...

- **Confort psychologique** : là on parle de confort visuel, la manière dans on perçoit l'espace mais aussi la visibilité le contact établi avec l'extérieur. Le non visuel, intimité à l'intérieur de l'espace. Selon notre thème de recherche, nous allons baser plus sur le confort thermique. Dans ce qui suit on va détailler le confort thermique et expliquer les différents éléments agissant sur ce dernier.

1.1.1. Le confort thermique

Le confort thermique est défini comme étant le degré de bien-être ou l'état de satisfaction de l'utilisateur envers l'environnement thermique. On le détermine par l'établissement d'un équilibre dynamique d'échange thermique entre l'individu et son environnement.

1.1.2. Confort hygrothermique

Le confort dépend de plusieurs paramètres comme la température et l'hygrométrie de l'air intérieur ; dans le cas où l'humidité est faible ou élevée on ressent un désagrément causé par l'ambiance inconfortable. Lorsque l'humidité est inférieure à 20%, elle cause la sécheresse et la démangeaison, mais aussi lorsque ce pourcentage augmente jusqu'à atteindre ou dépasser 80%, elle provoque la sensation d'étouffement chez l'individu. Le confort hygrothermique a été défini par la sensation ou l'impression que ressent un individu par

rapport à la température et à l'humidité ambiante.

1.2. Les paramètres du confort thermique

Selon (De Herde & Liébard, 2005), « le confort thermique est affecté par six(06) paramètres:

1. Le métabolisme : il s'agit de la production de chaleur produite a interne du corps humain qui le laisse maintenir sa température autour de 36.7C°.ce facteur ou paramètre est influencé par l'âge de la santé et du sexe.

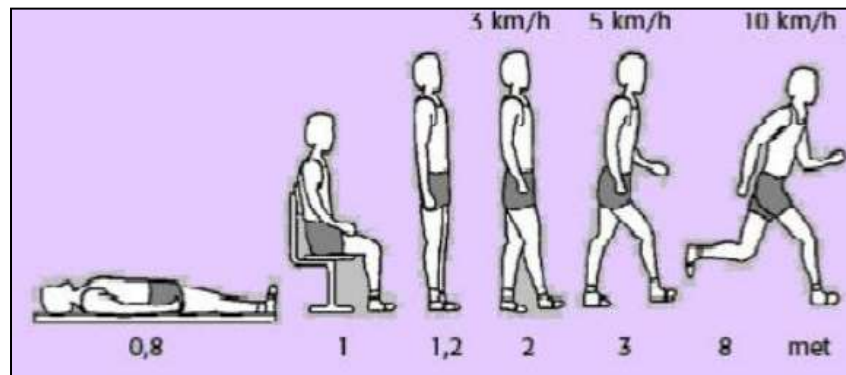


Figure 1.1: Production de chaleur en fonction de l'activité.

Source : LA-DIFFUSION.QXD (airsystems.ro)

Le tableau ci-dessous nous montre les différentes valeurs du métabolisme selon l'activité.

Tableau 1.1: L'impact de l'activité sur les valeurs du métabolisme.

(Source : (Jedidi & Benjeddou, 2016)

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

2. L'habillement : il s'agit de la résistance thermique aux échanges de chaleur entre le corps humain ou la surface de la peau avec l'environnement extérieur .

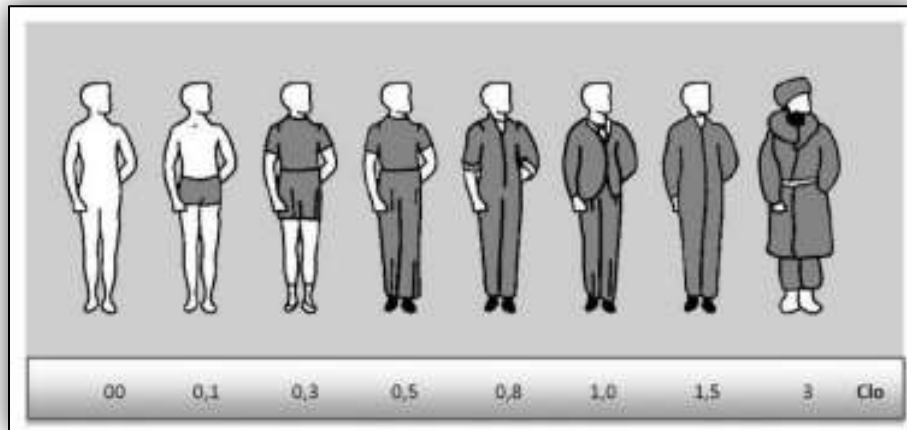


Figure 1.2: Valeurs de l'isolement vestimentaire de différents vêtements.

Source : (Mazari, 2012)

3. La température ambiante de l'aire TA : un paramètre très important influence sur le confort et le bilan thermique, elle contrôle les échanges par convection qui se font entre l'homme et l'environnement.

Les études affirment que réduire de 1°C de la température de l'air surtout en période chaude va permettre d'économiser jusqu'à 10% d'énergie.

4. La température des parois TP : c'est la température ressentie sur les parois celle-ci affectent directement notre sensation. (Température résultante sèche) :

$$Trs = (TA + TP)/2.$$

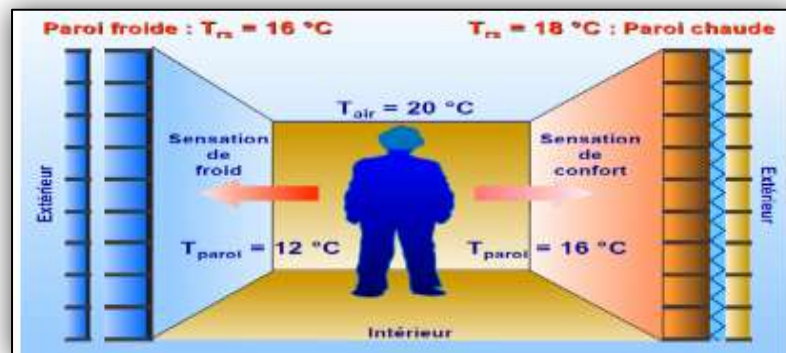


Figure 1.3: l'influence de la température des parois sur la température de confort.

Source : (De Herde & Liébard, 2005)

5. L'humidité relative de l'air (HR) : c'est le rapport entre la quantité d'eau contenue dans l'air à la même température ce rapport exprimé en pourcentage.

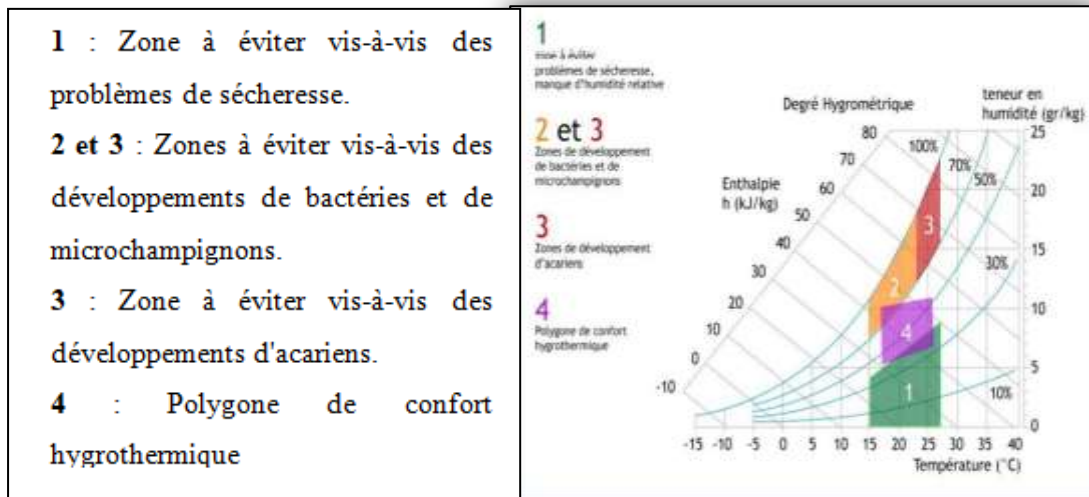


Figure 1.4: Relation entre la température et l'humidité relative.

Source : (Éco-construction d'un bâtiment à énergie positive - Exercice : Confort thermique, s. d.)

6. La vitesse de l'air : elle influe sur les échanges de chaleur par convection dans le bâtiment, la vitesse de l'air ne dépassent pas 0.2m/s généralement. »

I.3. Les modes de transfert de chaleur

Le mode de transfert de chaleur est divisé en quatre modes : conduction, évaporation, convection et rayonnement. Chaque mode des quatre déjà citer est lié à un processus physique. Parmi ces processus physique on a l'énergie thermique du espace matériel correspond à ses composants de base du milieu lui-même et son énergie cinétique (molécules, atomes, électrons libres, etc.) ils peuvent échanger gagner ou perdre une partie ou la totalité de l'énergie thermique grâce au mouvement de ces composants. Cela se fait soit par interaction directe, la on parle de conduction, soit par l'absorption ou rayonnement électromagnétique, soit par la convection dans le cas d'un gaz ou d'un liquide.

1. La Conduction : est définie comme étant un type d'échange de chaleur entre deux milieux solide, gazeux ou liquide de température différente lors de leur contacte directe. En parle de conduction généralement dans les milieux solide puisque dans les milieux fluides (c'est-à-dire liquide ou gazeux), il y a souvent conjonction avec déplacement de molécule d'air ou de liquide ce qu'on considère comme phénomène de convection.

2. Le rayonnement : le rayonnement thermique est l'échange de chaleur entre deux milieux de température différente, allant du plus chaud au plus frais, sans le contacte directe entre c'est deux. C'est l'unique type d'échange thermique qui se diffuse dans le vide.

3. La convection : est l'échange de chaleur impliquant le mouvement d'un fluide gazeux ou liquide (écoulement) et échange avec un matériau avec une température différente.

4. l'évaporation : c'est le mieux moyen pour l'abandon de la chaleur créée par l'organisme humain, l'évaporation s'aperçoit sous divers types: la transmission de température au niveau des voies respiratoires et la transmission de chaleur au niveau de la peau qui est un principe performant pour combattre contre la chaleur. Le ratio de refroidissement par évaporation de la sueur devient important avec l'accroissement de la vitesse de l'air et sa température.

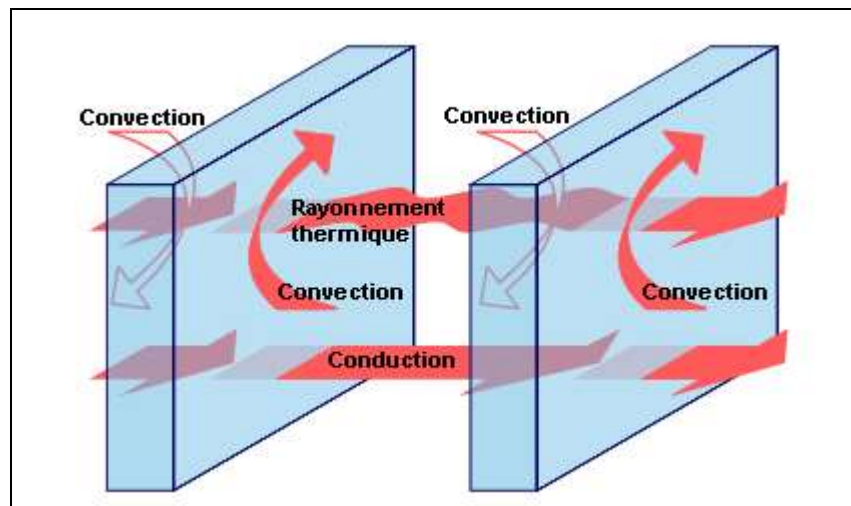


Figure 1.5: Les modes de transfert de chaleur.

Source :(Vitrages isolants thermiques - Energie Plus Le Site, s. d.)

1.4. Les paramètres affectant le confort thermique

1.4.1. Les paramètres liés à l'ambiance extérieure

1.4.1.a. La température de l'air (T_a)

La température de l'air, ou température ambiante (T_a). Est considérée comme un paramètre essentiel pour garantir un confort thermique. Ce facteur intervient dans l'évaluation du bilan de l'énergie thermique liée à l'individu lors des échanges convectifs et respiratoires.

Le tableau ci-dessous nous montre les différentes valeurs de la température de l'air selon la typologie du local.

Tableau 2: Valeurs de référence de température de l'air

Source : (Chauffage, calculs thermiques et déperditions, EN_12831, VMC, coefficient de transmission thermique, vitrages, s. d.)

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

1.4.1. b. La température des parois (TP)

Les parois d'un bâtiment ou d'une pièce, échangent de la chaleur entre elles par le mode de rayonnement, on calcule la température de parois lors des échanges radiatifs d'ondes entre l'individu ou bien le corps et son environnement. On détermine aussi la température opérative ou résultante par l'accouplage de la température des parois (température du rayonnement) avec la température de l'air. (*Dermouchi et al., 2005*)

1.4.1. c. L'humidité relative de l'air (HR)

L'humidité relative de l'air influe sur les échanges qui se font par évaporation au niveau du cutané, c'est l'efficacité de refroidissement de la sueur générée sur le corps elle c'est aussi la capacité d'évaporation de l'air. Selon (De Herde & Liébard, 2005) « entre 30 % et 70 % L'humidité relative influence peu la sensation de confort thermique. Une humidité trop forte dérègle la thermorégulation de l'organisme car l'évaporation à la surface de la peau ne se fait plus, ce qui augmente la transpiration ; le corps est la plupart du temps en situation d'inconfort. »

1.4.1.d. La vitesse de l'air

La vitesse de l'air augmente l'évaporation sur la peau et influe sur les échanges de chaleur par convection. La sensation d'un courant d'air est ressentie lorsque la vitesse de l'air est supérieure à 0,2 m/s : c'est en effet à partir de cette vitesse qu'un courant d'air peut être ressenti par un individu moyen. Donc la vitesse influe positivement sur le confort thermique.

1.4.2. Paramètres liés à l'individu

1.4.2. a. L'activité

L'activité de la personne est importante pour la sensation thermique de l'individu, donc la on définit directement le métabolisme, qui est la quantité de chaleur dégagée par le corps selon son activité. On peut dire qu'il fait chaud lorsque la sensation d'inconfort est ressentie chose due à une très forte activité, ou bien les conditions météorologiques sont très favorables.

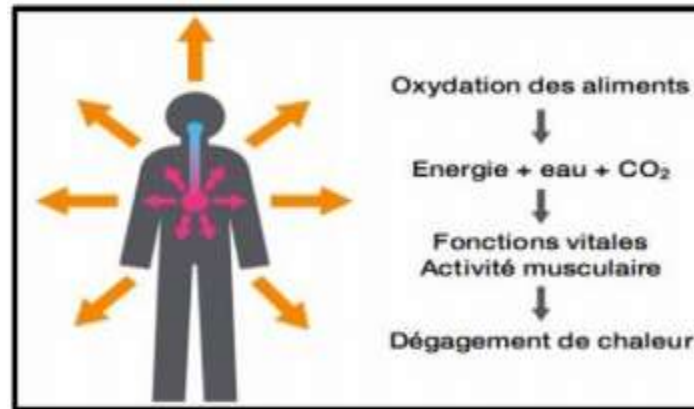


Figure 1.6: Le métabolisme humain.

Source : (Mazari, 2012).

1.4.2. b. La vêtture (habillement)

Les vêtements est un moyen qui permet de générer un microclimat sous vestimentaire, grâce a leurs résistances thermiques celle-ci influe sur les échanges de chaleur qui se fond entre le cutané et l'environnement. L'habillement a pour objectif de maintenir le corps humain dans des conditions thermiques convenables selon la période été ou hiver. La vêtture possède le rôle d'isolant thermique surtout en hiver et dans les ambiances qui sont froides, l'indice de vêtture exprimé en *Clo* et il exprime ce rôle que joue la vêtture comme isolant thermique.

I.5. Les procédés du confort thermique

1.5.1. L'implantation

Selon Vitruve : « Quand on veut bâtir une ville, la première des choses qu'il faut faire est de choisir un lieu sain il doit être élevé qu'il ait une bonne température d'air, qu'il ne soit exposé ni aux grandes chaleurs, ni aux grands froids... » Pour assurer une bonne implantation il faut prendre compte le relief, l'ensoleillement, les vents dominants, l'éclairement, les apports solaire. Cette dernière « est fondamentale et doit être choisie en fonction des informations climatiques que l'on possède ». L'implantation de n'importe quel édifice détermine son potentiel ou capacité d'absorption solaire passive.

L'implantation nous permet de déterminer l'éclairement ainsi que les apports solaires et le mouvement de l'air. Il existe aussi d'autres éléments fondamentaux pour réussir a bien

implanter son bâtiment comme le relief environnant, l'orientation des vents et la course du soleil annuelle. Celle-ci « est fondamentale et doit être choisie en fonction des informations climatiques que l'on possède ». (Bernard, 2011)

1.5.2. La ventilation naturelle

C'est le résultat d'une implantation bien faite et bien réfléchi, dans le sens où cela va nous permettre de bien exploiter le vent en été pour ventilation naturelle tout en évitant l'exploitation préjudiciable en hiver, donc comme l'objectif principale c'est de réduire les besoins énergétiques et apporter une amélioration au confort thermique de l'occupant. (Bendasse et al, 2017)

1.5.3. La forme

La forme influe d'une manière générale sur les échanges thermiques entre le bâtiment et l'environnement, cela avec la superficie de l'enveloppe celle-ci est un facteur très important. C'est pour ça généralement, les architectes optent pour une forme compacte afin d'économiser l'énergie en supprimant les ponts thermique qui se crée dans les différents décrochements réalisés sur l'enveloppe. Les déperditions thermiques se font par renouvellement d'air dans le bâtiment. Alors on peut dire surface habitable dans un bâtiment avec une forme compacte est minimisée encore plus l'énergie qu'une forme conçue d'une manière épatée et avec des décrochements vu que dans ce cas les déperditions augmentent dans la façade.

1.5.4. L'orientation

Selon (Déoux & Déoux, 2004) « L'orientation d'une construction et la prise en compte du climat sont actuellement considérées par certains comme une originalité, une innovation apportée par le concept de bâtiment de haute qualité environnementale (HQE). Cette dernière joue un grand rôle :

- Dans les apports en lumière naturelle et les économies d'éclairage.
- Dans le confort d'hiver par l'utilisation de rayonnement solaire pour le chauffage.

- Dans le confort d'été avec la protection du rayonnement solaire pour éviter les fortes chaleurs.
- Dans la protection contre les vents froids d'hiver ou l'utilisation de vent rafraîchissant d'été.»

1.6. Évaluation du confort thermique

La conception architecturale fait appelle a plusieurs paramètres avant tout procédés afin d'évaluer le confort thermique dans le bâtiment et les espaces. (Givoni, 1978)

Au début les recherches faites sur terrain ont débuté avec des enquêtes et des questionnaires puis par la suite classifier la sensation d'inconfort ou de confort thermique a travers les résultats obtenus, puis par la suite les chercheurs ont commencé à effectuer des essais dans les laboratoires en simulant des conditions climatiques artificielles. Ceci les a menés grâce aux évaluations effectués à élaborer et mettre en place des indices de prédiction de confort à l'intérieur des espaces.(Mazari, 2012)

1.6.1. Les indices d'évaluation du confort thermique

La sensation d'inconfort ou de confort thermique dans une ambiance déterminée dépend des conditions physiques réelles et de l'habillement du sujet mais encore des facteurs purement personnels.

Plusieurs travaux ont été effectués au sein des bâtiments et constructions, en se basant sur des expériences faites dans des conditions bien contrôlées, celles-ci nous ont permis de quantifier les causes principales d'inconfort mais aussi d'établir des indices qui sont généralement indiqués selon la température ou bien la vitesse de l'air.

Le PMV (Vote Moyen Prévisible)

Le PMV a été établi par Fanger, cette indice a pour objectif de mesurer une sensation thermique du corps humain en se référant au métabolisme pour nous donner la moyenne des votes qui renvoie à une échelle de sensation thermique. Les valeurs de cet indice varient entre -3 et 3. (Moujalled, 2007).

Le tableau ci-dessous nous indique les valeurs de la sensation thermique avec l'indice PMV.

Tableau 3: La sensation thermique exprimée selon l'échelle de l'ASHRAE

Source : (Jedidi & Benjeddou, 2016)

valeurs de l'indice PMV	+3	+2	+1	0	-1	-2	-3
sensation thermique	Chaud	Tiède	Légèrement tiède	Neutre	Légèrement Frais	Frais	Froid

Le PPD (Pourcentage Prévisible D'insatisfaits)

Le PPD exprime les sujets « insatisfaits » sous forme de pourcentage vu qu'en réalité il est quasi impossible de satisfaire l'ensemble des usagers de l'espace a cause des différences liés a la physiologie. L'objectif de ce pourcentage est de faire en sorte a ce qu'il soit plus élever car cela veux dire directement que le nombre de personnes satisfaites a augmenté donc on a pu atteindre un degré de satisfaction thermique des exigences du corps humain.(Batier, 2016):

La norme ISO 7730 stipule que pour se situer dans la zone de confort thermique, il faut que :

$$-0.5 < PMV < 0.5 \text{ soit } PPD < 10\%$$

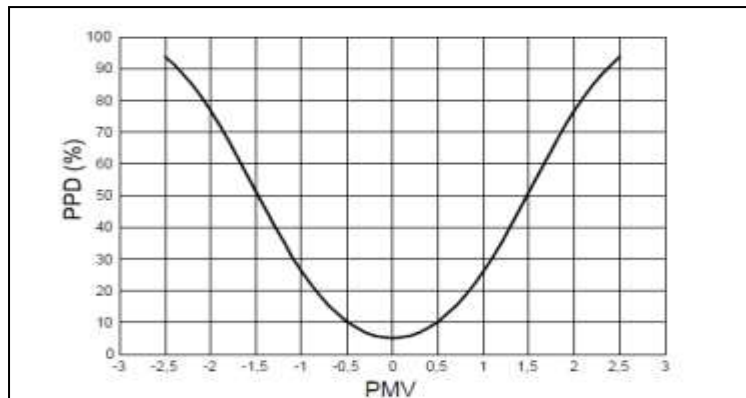


Figure 1.7: Évolution de l'indice PPD en fonction de la valeur du PMV.

Source :(Batier, 2016)

La température de l'air ambiant T_a :

Il s'agit de l'indice le plus utilisé afin de contrôler les ambiances intérieures et il est simplement mesurable. Ce paramètre ne présente pas de gros obstacles de mesure et d'évaluation mais elle ne permet pas de caractériser complètement le confort vu que ce paramètre est limité. (Cordier, 2007)

La température opérative « T_{op} » :

La température opérative fait partie des indices de confort thermique. cette notion fait appelle a deux paramètres : la température de l'air ambiante et la température moyenne radiante. Alors dans ce cas on parle d'un indice d'appréciation des effets de convection et radiation de l'espace ou l'environnement sur le confort de l'individu.

Selon la norme ISO 7730 on calcule cet indice avec cette formule :

$$T_{op} = aT_a + (1-a)T_{mrt}$$

Avec:

- T_{op} : la température opérative. ($^{\circ}C$)

- T_a : la température d'air. ($^{\circ}C$)

- T_{mrt} : la température moyenne radiante. ($^{\circ}C$)

- a : coefficient en fonction de la vitesse d'air.

Tableau 4: valeur du coefficient « a » selon la vitesse de l'air

Vitesse(m/s)	0 – 0,2	0,2 – 0,6	0,6 – 0,7
a : coefficient	0,5	0,6	0,7

On peut calculer la température opérative avec cette équation: $T_{op} = (T_a + T_{mrt})/2$.
Lorsque les vitesses de l'air inférieures à 0.2m/s.

1.6.2. L'évaluation de confort thermique par les enquêtes in situ

Les « *enquêtes in situ* » ont comme premier objectif l'exploration du confort thermique en se rapprochant beaucoup plus de l'utilisateur que ce soit dans le lieu de travail ou dans les espaces de vie en effectuant une prise de mesures physique de l'ambiance.

Ces enquêtes ont pour but de collecter les données liées à l'ambiance thermique (température, humidité....) et les réponses des occupants concernant leurs sensations thermiques durant l'utilisation de l'espace.

1.6.3. Les outils graphiques d'évaluation du confort thermique :

La méthode d'Olgay :

Les frères Olgay sont les premiers à creuser encore plus sur les procédés du confort thermique et à essayer d'établir des liens relations entre les ambiances intérieures du bâtiment et le corps de l'individu. Cette méthode dit qu'on ne peut pas réellement estimer le confort thermique seulement à partir de la température, mais il fait prendre en considération le facteur de l'humidité et la vitesse d'air.

Le diagramme d'Olgay est fondé sur trois zones :

- **La zone de confort** : au centre.
- **La zone du froid** : qui nécessite le chauffage passif (rayonnement solaire) ou actif pour rétablir le confort.
- **La zone du chaud** : se situe au-dessus de la ligne d'occultation où il est nécessaire d'introduire : l'occultation solaire, la vitesse de l'air, ou le refroidissement par évaporation.

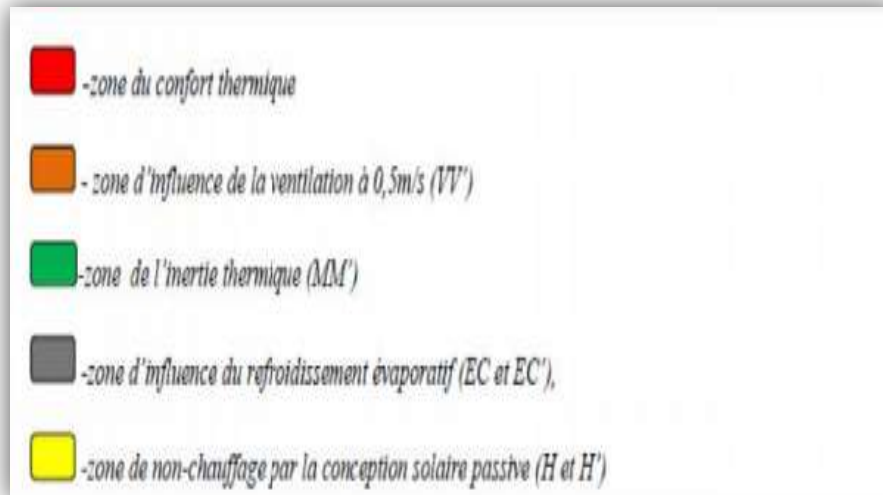
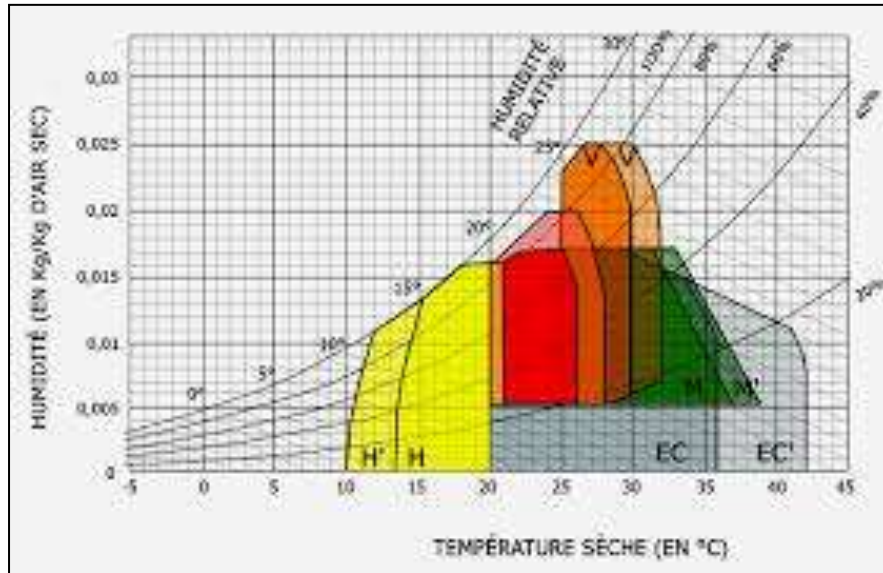


Figure 1.8: diagramme bioclimatique.

Source : <http://www.energieplus.lesite.be/>

Diagramme de Givoni

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

Givoni définit le confort en considérant la personne en état d'activité, Par l'intermédiaire de son diagramme bioclimatique, il a prouvé qu'avec l'application des concepts de l'architecture, l'effet de variation climatique de l'environnement extérieur peut être réduit au minimum.

Il a alors mis au point un outil synthétisant les zones thermo-hygrométriques et les moyens d'intervention par des dispositifs architecturaux ou techniques qui peuvent être utilisés pour remédier aux sollicitations du climat. La zone de confort est positionnée au centre, l'air extérieur à cette zone est subdivisé en zones secondaires, où l'auteur propose différentes procédures permettant de réintégrer les conditions de confort. Givoni a procédé dans l'élaboration de ses zones climatiques à des exigences de confort universelles. Sa zone de confort se situe entre les températures 20 et 27°C, C'est à dire qu'il considère que toutes les personnes, quelque soit la latitude à laquelle ils se trouvent, réagissent de la même manière au confort. (Mazari, 2012)

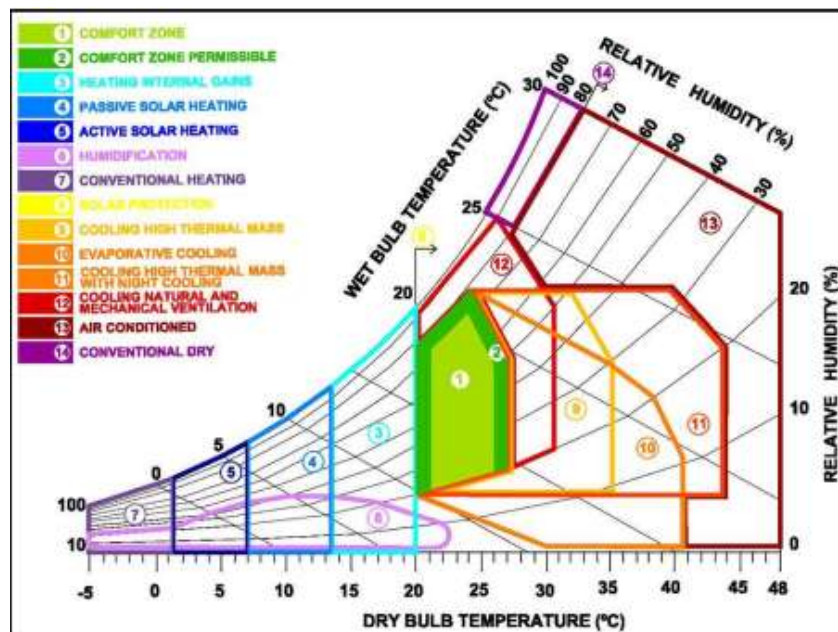


Figure 1.9: diagramme psychrométrique de Givoni.

Source : <https://docplayer.fr/71830092-Evaluation-du-confort-thermique-et-lumineux-dans-le-logement-collectif.html>

Conclusion :

Évaluer le confort hygrothermique au sein d'un bâtiment pendant le processus de conception architecturale est une phase très importante, le maître d'œuvre est sensé rechercher un équilibre hygrothermique entre le corps et l'espace occupé notamment l'environnement immédiat. Pour cela il ne faut pas négliger les paramètres agissant sur le confort cela en mettant en évidence les procédés du confort thermique (l'implantation, la ventilation, la forme et l'orientation). Lorsque le corps humain ressent un inconfort il fait appel à des procédés mécaniques comme les équipements électriques (chauffage, climatisation). Ce qui rend le bâtiment vulnérable en termes d'efficacité énergétique à cause de l'exploitation excessive de ces procédés. Pour faire face à cette situation qui est devenu un problème mondial, les chercheurs ont effectué des études sur les éléments qui composent les bâtiments, pour tenter d'apporter une solution afin de garantir le bien-être des utilisateurs et l'efficacité de la bâtisse de manière raisonnable cela grâce à des indices qui nous permettent d'évaluer le confort hygrothermique dans le bâtiment. Ces indices permettent à l'architecte de prendre les bonnes décisions durant la période d'esquisse pour assurer le meilleur confort thermique.

Chapitre II : La façade ventilée.

2.1. Généralités sur la façade :

L'enveloppe d'un bâtiment ou l'enveloppe désigne la partie ou l'élément qui entre en contact avec l'environnement extérieur « le climat ».donc l'enveloppe est en générale une paroi verticale ou horizontale façade ou toiture ou bien un plancher, une façade et un plancher. La façade constitue une grande partie de l'enveloppe architecturale.

2.1.1. Les fonctions de la façade :

La façade comme parois verticale joue un rôle assez important dans le bâtiment, elle joue un rôle vu quelle possède de multiples fonctions. Selon (Chabi, 2012), « les fonctions de la façade sont regroupées en quatre fonctions qui sont :

- Fonction protectrice
- Fonction structurelle
- Fonction transitaire
- Fonction visuelle (esthétique) ».

2.1.2. Les critères de choix d'une façade :

Choisir une façade lors de l'élaboration d'une conception architecturale. Selon hall (2010) il voit que « lors de la conception de la façade le concepteur doit assurer le choix de ca façade en fonction de critères relatives à la performance, a la rentabilité et au impact des choix conceptuels ».

Alors pour choisir une typologie de façade, celle-ci dépend de certains critères
Ces critères touchent :

- L'aspect climatique
- L'aspect architectural
- L'aspect urbain
- L'aspect technique

2.1.3. Les typologies de façades :

Il existe deux typologies de façades la façade porteuse appelé aussi façade lourde et la façade non porteuse ou (légère).

2.1.3.1. Les façades porteuses :

Une façade lourde ou bien porteuse se caractérisent par la fonction structurale ou elles participent à la stabilité de la bâtisse, cette typologie supporte les charges venant des toitures et des planchers. Généralement on utilise la pierre comme matériaux dans ces types de façades, comme on peut trouver la brique de terre cuite et le béton armé.

2.1.3.2. Les façades non porteuses :

La façade non porteuse est une composante légère celle-ci ne participe pas a la stabilité ni a la structure.

2.1.4. Classification des façades :

Quand on parle des façades des bâtiments on retrouve plusieurs typologie qui sont reparties selon des critères, de ces critères on retrouve : la forme de la bâtisse, les matériaux utiliser, la typologie de l'enveloppe et son principe de fonctionnement.

2.1.4.1. Façades selon la forme

On retrouve généralement quatre typologies de façades suivant la forme : la façade géométrique droite, inclinée, organique (courbée, bombée) et mixte.

La façade géométrique droite :

Cette typologie est caractérisée par l'utilisation des formes géométriques qui sont droites.



Figure 10: la façade géométrique droite.

Source : (KHADRAOUI, 2019)

La façade inclinée :

Cette typologie de façade se caractérise par l'inclinaison des parois de l'intérieur comme de l'extérieur.

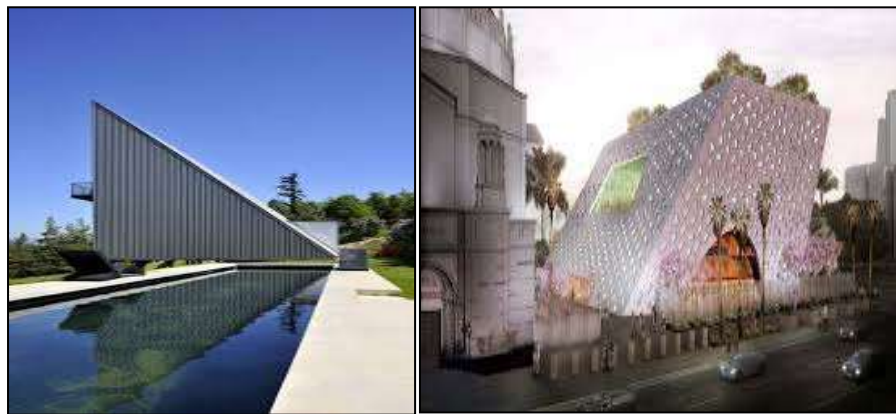


Figure 11: la façade inclinée.

Source : (*Une synagogue enrichie d'un pavillon incliné à Los Angeles | architectura.be, s. d.*)

La façade organique :

la façade est caractérisé par le mouvement au niveau de la façade.



Figure 12: la façade organique.

Source :(*L'isozaki d'Arata sculpts l'Himalaya de Changhaï centrent avec organique caverne-
comme le façade - Shanghai, Shanghai, China, s. d.*)

La façade mixte :

La façade mixte est un jumelage entre la façade organique et géométrique.



Figure 13: la façade mixte.

(Source : Google image)

2.1.4.2. La façade selon les matériaux :

On retrouve un autre genre de classification de façade, dans ce cas on les classifie selon les matériaux utilisés (la pierre, le béton armée, la brique, le bois, le métal...)

La façade en pierre

Cette façade est caractérisé par l'utilisation de la pierre vu sa grande épaisseur afin de supporter les charges.



Figure 14: la façade en pierre

(Source : Google image)

Façade en brique :

La brique est le matériau le plus utilisé dans la façade vu ses caractéristiques techniques ainsi que son apport à l'aspect esthétique



Figure 15: la façade en brique.

(Source : Google image)

La façade en béton armé :

Cette typologie de façade est préfabriqués sous forme de blocs puis déplacés sur le terrain.



Figure 16: la façade en béton armé.

(Source : Google image)

La façade en bois :

Le façade en bois est très utilisé dans quelques régions vu les caractéristiques du matériau.



Figure 17: la façade en brique.

(Source : Google image)

La façade en verre :

Ce type de façade est aussi appelé mur rideau est la plus utilisé a l'échelle mondial et cela dans des climats qui sont différents.



Figure 18: la façade en verre.

(Source : Google image)

La façade en métal :

La façade en métal est utilisée pour l'étanchéité et pour séparer entre l'intérieur et l'extérieur. Vu ses caractéristiques mécaniques il nous permet de réaliser autant de forme qui contribue même à l'esthétique.



Figure 19: la façade en métal.

Source : (Perforated Metal Mesh - Perforated Metal Facade Manufacturer from Bengaluru, s. d.)

La façade en textile :

Dans ce genre de façade on rajoute le textile comme une deuxième membrane à la façade.



Figure 20: la façade en métal.

Source : (*Textile façades*, s. d.)

La façade en plastique :

Le plastique généralement est utilisé pour la protection.



Figure 21: la façade en métal.

Source : (Installation de revêtement de plastique brun sur la façade de la maison, s. d.)

Introduction

Aujourd'hui les architectes se sont lancés dans le défi de répondre à certaines exigences afin d'assurer la protection thermique, et rendre la bâtisse économe en énergie et la séparer de la fonction d'imperméabilité de l'isolation thermique. La façade ventilée par sa composition multicouche spéciale peut être la solution vue qu'elle permet d'apporter un plus à l'esthétique de la façade et assurer la performance énergétique, grâce à la cavité d'air créée entre les deux parois ce qui crée un canal ventilé naturellement par l'effet de cheminée.

2.2. Façade ventilée

2.2.1. Définition

La façade ventilée comme concept est définie comme un système novateur dans le domaine de la construction. Elle résout de manière très efficace les problèmes liés à l'isolation, l'habillage extérieur et la ventilation de la bâtisse. Elle permet d'assurer la protection du bâtiment contre les aléas extérieurs.

C'est le système de construction le plus accepté de la part des constructeurs et architectes, à cause de ces qualités, son apport et son efficacité à isoler le bâtiment.

Elle est le système de bardage le plus efficace pour l'enveloppe des bâtiments actuellement. Elle est très simple à installer. Cette typologie de façade s'ajuste très bien aux tendances d'architecture durable.

2.2.2. Historique

Le concept de façade ventilée est un mode constructif qui a donné son apparition en Norvège il y a très longtemps, la façade ventilée n'a pas été une innovation scientifique mais plutôt une découverte progressive qui s'est développée il y a plusieurs siècles. Les constructeurs norvégiens, en essayant et en commettant des erreurs, ont trouvé le moyen d'utiliser le système de façade ventilée avec des joints qui pouvaient être ouverts ou fermés. Cette approche est appelée la grange à joint ouvert car elle était principalement utilisée dans la construction de granges ; le bardage bois avait des ouvertures en haut et en bas de la façade pour permettre le drainage de l'eau et l'évaporation de la pluie. La recherche scientifique sur le

concept de façade ventilée a commencé dans les années 1940, à cette époque la façade ventilée a rapidement été reconnue comme apportant des avantages largement supérieurs à tous les autres modes constructifs existants. Ceci reste encore vrai à nos jours.

2.2.3. Principe de la façade ventilée

Selon des chercheurs et des spécialistes dans la conception de type de dispositifs : « Le système de façade ventilée est la synthèse la plus complète des condition qu'un mur doit remplir pour apporter le bien être à l'intérieur du bâtiment en terme d'efficacité énergétique et confort thermique. En effet, son rôle essentiel est de protéger le bâtiment contre l'action des agents atmosphériques et en particulier contre les infiltrations d'eau de pluie dans les murs, ce qui cause généralement une détérioration de la structure.

En laissant un espace entre la façade ventilée et le mur, on a créé aussi une lame d'air qui, associée à l'action exercée par une couche isolante appliquée aux murs du bâtiment, améliore considérablement l'efficacité thermique de l'édifice. Mais à ces avantages fondamentaux viennent aussi s'ajouter d'autres, qui ne sont pas des moindres, et qui sont liés à la dispersion de la vapeur d'eau par le mur, à l'amélioration de l'insonorisation, à la simplicité de l'entretien et à la possibilité de transférer certaines installations à l'extérieur du bâtiment. Grace à sa capacité d'adaptation. Ce système est plus adéquat aux nouvelles constructions qu'à la rénovation d'un bâtiment ».

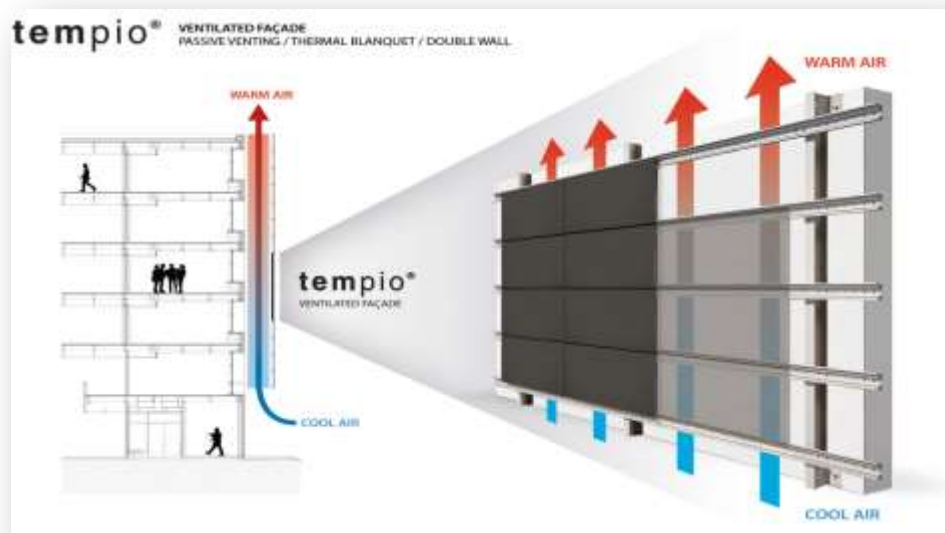


Figure 22: Schématisation du principe de fonctionnement de la façade ventilée.

Source : <http://www.tempio.es/fr/facades-ventilees.php>

2.2.4. Les différents composants d'une façade ventilée

2.2.4.1. Revêtements

Le revêtement joue le rôle pour se protéger contre les agressions lié à l'environnement. Celui-ci détermine l'aspect du bâtiment et il doit résister au fil temps. Pour cela le grès porcelaine est appliqué en façade vu ces caractéristiques techniques mais aussi sa résistance, et aussi sa faible porosité (0.1%).

2.2.4.2. Fixation

Dans la façade ventilée les éléments de fixation permettent de fixer les revêtements de construction et de transmettre les charges de la façade et la charge du vent vers le mur qui par la suite les transmet à la structure.

2.2.4.3. La chambre d'air

La chambre d'air est la partie entre le revêtement et le mur elle permet la ventilation en évacuant les eaux de pluie et l'humidité grâce à l'effet de cheminée qui permet le renouvellement de l'air.

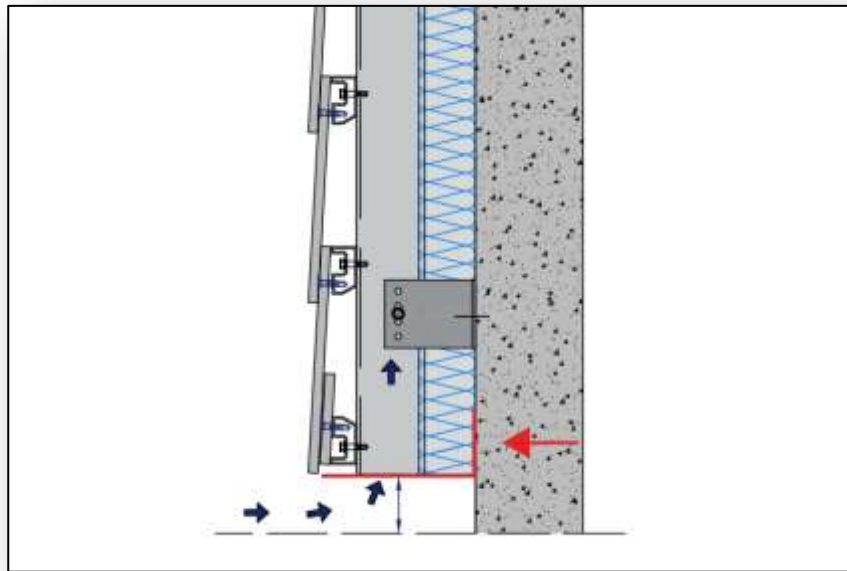


Figure 23: schéma représentant la circulation d'air

Source : Google image.

Tableau 5: Mesure de l'espace de ventilation

Hauteur du bâtiment	Épaisseur minimale de l'espace de ventilation
Jusqu'à 6 m	2 cm
De 6m a 22 m	3 cm
Plus de 22 m	4 cm

2.2.4.4. L'isolation

L'isolation est mise directement sur le mur du bâtiment supprimer ponts thermiques sur la façade, celle-ci doit permet d'assurer la respiration du mur porteur et éviter la condensation grâce a la protection thermique et acoustique. Parmi ses isolants en retrouve :

- **Les isolants minéraux** : laine de verre et laine de roche.
- **Les isolants synthétiques en plastique alvéolaire** : polystyrène extrudé, polyuréthane, polyisocyanurate.
- **Les isolants dits « naturels » en fibre animale ou végétale** : fibre de bois, liège, chanvre, laine de mouton, plumes de canards.

Tableau 6 : les caractéristiques thermiques des matériaux isolants courants

Source : [Tableau comparatif du déphasage des meilleurs isolants thermiques \(picbleu.fr\)](http://picbleu.fr)

Isolant	Densité kg/m ³	Conductivité thermique λ W/m.K	Chaleur spécifique J/kgK	Energie grise kWh/m ³	Note
Liège expansé panneaux	125	0,049	1560	450	***
Laine de roche panneau	70	0.042	1030	430	*
Laine de verre panneau	35	0.039	1030	470	*
Laine de chanvre panneau	40	0.040	1700	40	***
Polystyrène expansé	15	0.039	1450	500	*
Laine de mouton	35	0.040	1720	252	***
Paille	80	0.050	1330	0	****
Perlite en vrac	70	0.060	900	330	**
Ouate de cellulose panneaux	70	0.042	1900	150	***
Fibre de bois panneau	50	0.039	2100	60	***
Ouate de cellulose injectée	45	0.042	1900	100	***
Ouate de cellulose vrac	24	1.042	1800	15	***

2.2.4.5. Le mur intérieur

Le mur intérieur soutient les éléments de fixations du revêtement et l'isolant qui avec celui-ci garantit l'inertie thermique suffisante afin d'éviter tout procéder d'isolation du mur. Structurellement, il peut être soit murs avec capacité autoportante qui reçoit les charges du placage au travers de la fixation ou sans capacité autoportante et dans ce cas le revêtement devra se fixer directement sur la structure du bâtiment.



Figure 24: Les composants de la façade ventilée.

Source: [kobbi-group-facade-ventilee.pdf](#)

2.2.5. La structure de construction

La façade ventilée est un dispositif très complexe dans la construction ou se fait une étude sur le dispositif afin de prendre tout en considération et défini bien avant sa pose, dans le but d'éviter d'effectuer des modifications consistantes lors de la réalisation. Ce système est fixé aux murs de la bâtisse, ou on trouve les élément suivant qui constitue la composition du dispositif :

- D'un matelas isolant.
- D'une structure métallique portante.
- Des éléments de bardage.

Une cavité d'air est laissé entre l'isolant fixé au mur et bardage, grâce à « l'effet cheminée », qui permet le renouvellement de l'air a l'intérieur permettant ainsi une ventilation quotidienne naturelle très efficace et permet d'éliminer la chaleur et l'humidité.

2.2.6. Types de la façade ventilée

Il existe plusieurs types de façades ventilées, on peut les distinguer selon le type de matériau employé, les différentes zones d'une même façade, les textures, les systèmes, etc..... on peut les classer selon :

- ✓ Selon le type des matériaux
- ✓ Le type de finition appliqué
- ✓ Le type de fixation des panneaux au mur

2.2.6.1. Le type des matériaux utilisé dans la façade ventilée

- *Façade en pierre.*
- *Façade en cramique.*
- *Façade en composite.*
- *Façade en béton.*
- *Façade en verre.*
- *Façade en métal.*
- *Façade en zinc.*
- *Façade en bois.*
- *Façade en panneaux....etc.*



Façade ventilée en céramique



Façade ventilée en pierre



Façade ventilée en composite

Figure 25: Les différents types de façade ventilée

Source : Google image

2.2.6.2. Système de fixation :

Le profil vertical est fait en aluminium EN A W 6063, il est caractérisé par sa légèreté qui permet d'effectuer un réglage tridimensionnelle pour fixer des agrafes en aluminium. Les **profils** utilisés dans le système de fixation de ce dispositif peuvent être des profils en « T » ou en « L ». Ceux-ci sont fixés sur le mur de soutien avec des équerres angulaire et des vis en acier inoxydable. (Source : [kobbi-group-facade-ventilee.pdf](#))

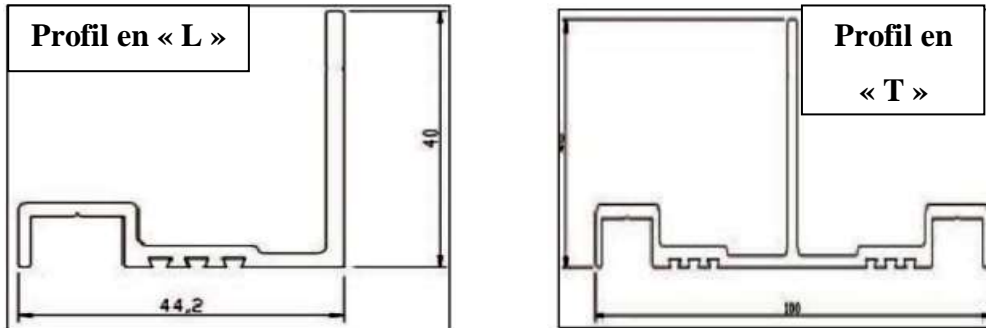


Figure 26: schémas représentant des profils de la fixation de la façade ventilée

Source: [kobbi-group-facade-ventilee.pdf](#)

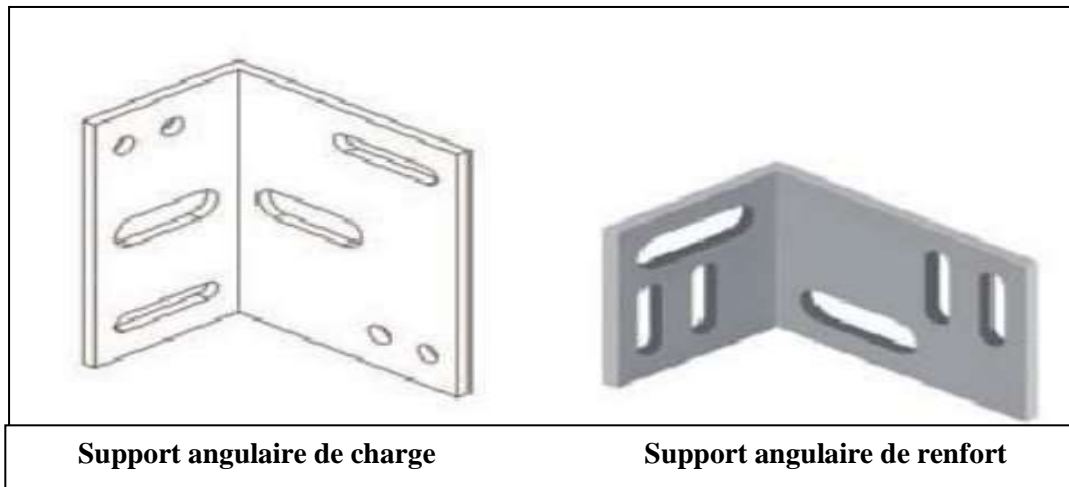


Figure 27: schémas représentant les deux types de support (équerres).

Source: [kobbi-group-facade-ventilee.pdf](#)

La fixation du revêtement sur le profil se fait avec deux typologies de fixation soit mécanique ou chimique.

La fixation mécanique se fait avec des agrafes de support et de rétention. Ou sa fonction est de transmettre les charges de l'habillage ou du revêtement au profil. Ces sont

mises en deux manières : par le biais d'un système de fixation visible ou fixation invisible tout dépend le projet. Elle se fait avec des vis faite avec d'acier inoxydable.

SYSTÈME VISIBLE La fixation des carreaux se fait des agrafes fait qui sont visibles de l'extérieur. Ce système à la différence de l'invisible ne demande d'usinage des carreaux.

SYSTÈME INVISIBLE Par le biais d'un usinage (rainurage) sur le côté des carreaux, la fixation de ceux-ci est donc invisible de l'extérieur.

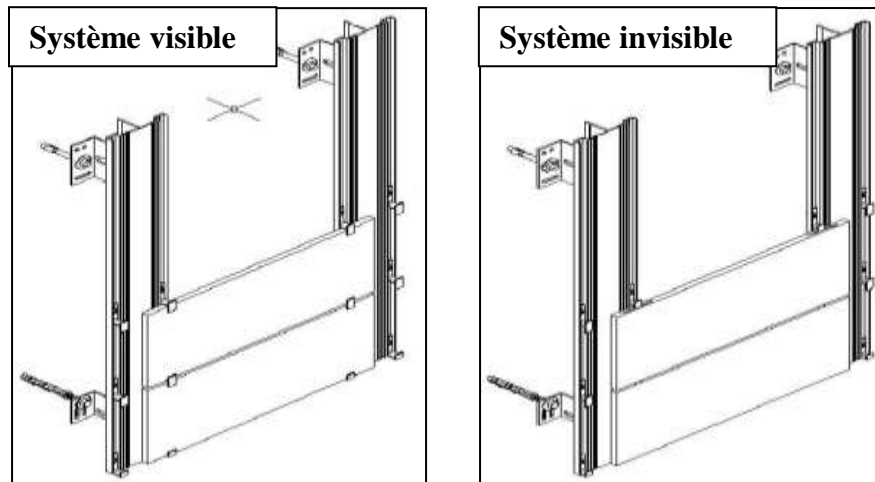


Figure 28: schéma représentant la fixation des systèmes visible et invisible des façades

Source: [kobbi-group-facade-ventilee.pdf](#)

2.2.7. Installation de la façade ventilée

Implantation des équerres d'ossature :

- Fixer les équerres.
- Les équerres sont fixées alternativement à droite et à gauche de chaque chevron.

Pose de l'isolant :

- Les isolants, en rouleau ou en panneau, peuvent être posés à l'horizontale ou en vertical pour s'adapter à toutes les configurations et tous les types de bardage.

Pose de l'ossature :

- Fixer l'ossature sur les équerres devant l'isolant.
- Fixer les chevrons sur les équerres.
- Placer un tasseau Tâge sur les chevrons permettant de garantir une lame d'air ventilée de 2 cm d'épaisseur minimum entre l'isolant et le futur bardage.

Pose du bardage et finitions :

- Poser un profil métal ajouré anti-nuisibles permettant la ventilation en partie basse.
- Traiter les soubassements à l'aide d'un isolant en polystyrène.
- Le bardage choisi sera fixé sur l'ossature en préservant une lame d'air de 2 cm minimum

2.3. Efficacité énergétique de la façade ventilée

La façade ventilée est une réponse adéquate pour garantir la satisfaction des normes en de rendement énergétique, tant en phase de réalisation que pour l'opération de rénovation. La façade ventilée crée un semblant de « bouclier thermique » sur la construction ou elle est utilisé, en s'opposant à la chaleur extérieur grâce au mouvement continue d'air à température ambiante qui frotte la surface extérieure de l'isolant.

Dans des les saisons estivales, elle garantit l'écart de l'onde de chaleur : la chaleur pénètre à l'intérieur du bâtiment en somme diminué et au durées où la température environnante est minime. Dans l'hiver, elle agrandit le temps essentiel au refroidissement du mur. (Source : Façade ventilée - Aliva Façade Systems)

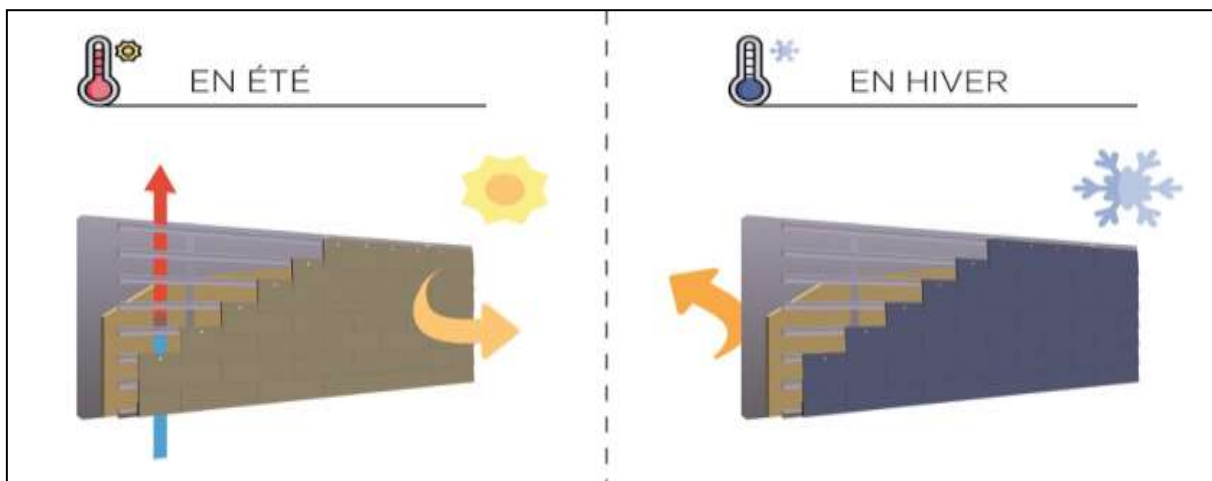


Figure 29: schéma représentant le fonctionnement de la façade ventilée

Source : Façade ventilée : fonctionnement, structure et avantages | Cupa Pizarras

2.3.1. Avantages de façade ventilée

Selon des chercheurs « Ce système présente de nombreux avantages : c'est un excellent isolant contre les variations thermiques, il représente une épargne énergétique dans le bâtiment, c'est un isolant du bruit, il empêche la condensation de vapeur d'eau, il est facile à poser et à entretenir, etc ». (source : Avantages des façades ventilées dans les bâtiments, Tempio)

Parmi ces avantages on cite « :

- Grâce au système de chambre d'air entre la céramique et le mur du bâtiment. Par temps chaud, il permet de réduire l'absorption de chaleur et par temps froid, il réduit la dispersion de chaleur à l'intérieur, de sorte à obtenir une température agréable toute l'année.
- Moins de frais de chauffage et d'air conditionné. Les qualités isolantes de la façade permettent une économie d'énergie de 25 à 40 %.
- La chambre d'air facilite l'évacuation de la vapeur d'eau provenant de l'intérieur, de sorte à favoriser la sortie de l'humidité éventuelle provoquée par les infiltrations.
- Ce système diminue de manière radicale la pollution environnementale. Contre les problèmes de santé attribuables au bruit tels que le stress, la fatigue, les maux de tête, le manque de concentration... vivement conseillé dans les écoles, les pavillons, les théâtres, les bureaux...
- Système idéal pour éliminer les problèmes d'humidité sur les façades et les lotissements.
- Les pièces céramiques cuites à 1200 °c sont inaltérables au passage des années et aux intempéries
- Vous pouvez être rassuré dans le choix de votre couleur, car elle ne changera pas sous l'effet du soleil ou de la pluie.
- les coûts d'entretien au fil des années sont pratiquement inexistantes car le matériau se lave seul sous l'eau de pluie.
- Système approprié dans les réaménagements pour la rénovation de l'esthétique du bâtiment: très facile à poser sur les anciennes structures.

- La sous-structure et les panneaux céramiques sont posés directement sur la façade existante, ce qui empêche la production de grands volumes de décombres et permet d'épargner les coûts de leur collecte.
- La sous-structure et les panneaux céramiques sont posés directement sur la façade existante, ce qui empêche la production de grands volumes de décombres et permet d'épargner les coûts de leur collecte.
- Facile à poser sur l'ouvrage, le système est constitué de divers éléments assemblés « à sec » sur l'ouvrage à l'aide de fixations mécaniques.
- Remplaçable pièce par pièce, possibilité d'intervenir sur les pièces individuelles et de les remplacer par d'autres pièces en toute simplicité.
- Dissimulation des conduits, ce système permet de camoufler les câbles et les conduits de gaz, d'électricité et d'air conditionné entre le mur et la céramique. De plus, il permet d'effectuer des réparations sans besoin de creuser dans le mur ; il suffit d'enlever les pièces de la zone concernée et de les remettre en place à la fin de l'intervention ».

2.3.2. Inconvénients de façade ventilée

- Coût plus élevé que les systèmes traditionnels.
- Possibilité de décollement, il faut donc analyser le décollement éventuel des plaques et contrôler avec soin leur mise en place.
- Vieillissement du matériau, surtout en cas de climat humide.
- Si des matériaux adéquats ne sont pas utilisés, il existe un risque de transmission d'incendie entre les étages à travers la chambre d'air.
- Il n'y a pas de résistance aux impacts, habituels sur les façades au niveau de la rue. Des socles en mortier ou une protection sont nécessaires à la base.

Conclusion

La façade comme parois verticale est à la fois l'image d'un bâtiment et la peau qui le protège de l'extérieur. la façade ventilée est un dispositif parmi les dispositifs de protection qui permet d'améliorer la qualité des ambiances thermiques en agissant sur l'humidité et la température grâce a la chambre d'air constitué entre le mur et l'habillage, ceci nous permet de minimiser la consommation énergétique du bâtiment. Ce dispositif donne une allure artistique à la devanture et une diversification des choix corrélatifs aux matériaux (terre, céramique, composite, fibre de ciment, etc.)

.La façade ventilée constitue une excellente réponse pour la gestion et la maîtrise de l'interaction entre l'atmosphère intérieure et l'entourage extérieur où la section extérieure travail comme couche qui protège la construction Grâce au système de chambre d'air entre la céramique et le mur du bâtiment. Par temps chaud, il permet de réduire la suppression de chaleur et par temps froid, il permet la réduction la dispersion de chaleur à l'intérieur, pour obtenir une température agréable tout le long de l'année.

Chapitre III : étude empirique.

3.1. Introduction

Dans ce chapitre on va présenter la méthodologie suivie durant l'étude in situ et explique les critères du choix du cas d'étude, l'étude empirique (l'investigation) et les mesures effectuées lors de notre visite au sein du cas d'étude. Comme principal objectif on veut évaluer le comportement thermique des espaces intérieurs au sein du siège de la radio Soummam de Bejaia, et en déduire l'effet des façades ventilées sur le confort hygrothermique à l'intérieur de l'équipement. Alors dans ce chapitre, on retrouve les résultats de l'étude empirique ainsi que l'interprétation obtenu durant l'étude.

3.1.2. Climatologie de la ville de Bejaia :

La zone d'étude, est caractérisée par un climat humide de type méditerranéen, c'est-à-dire contrasté par une période pluvieuse en hiver et une période sèche en été. En effet, les facteurs climatiques intervenant dans les processus de transformation la diffusion des polluants sont les pluies, les températures et les vents.

Les températures :

La température annuelle moyenne est dans les environs de 18,1 °C. D'après les données des températures de la région, nous remarquons que les températures les plus basses sont enregistrées en hiver, au mois de janvier, et les plus élevées au mois d'août.

L'humidité:

C'est une mesure donnant l'humidité relative de l'air, c'est un rapport exprimé en pourcentage (%) de la tension maximum correspondant à la température.

La moyenne annuelle de l'humidité relative est de 72%.

La pluviométrie :

La commune de Bejaia reçoit annuellement, une moyenne de 1105 mm de pluies. Concernant la répartition de cette pluviométrie sur l'année, on constate que :

Le maximum de pluies est atteint entre octobre et Mars et culmine à environ 181 mm en janvier.

Le minimum est relevé en Juillet et Août avec une moyenne pour la période de l'ordre de 8,5 mm.

3.2. Présentation du cas d'étude :

Notre cas d'étude qui est le siège de la radio Soummam est conçu avec un aspect moderniste avec des d'équipements de dernière génération, ce qui offre de nouvelles commodités aux journalistes. Le siège est équipé de trois studios différents pour la production, le montage et à la diffusion des programmes. Le projet est issue suite à un financement de la part du ministère de la communication, l'entreprise nationale de radio et la wilaya.



Figure 30: Siege de la radio Soummam

Source : (auteur, 2021)

3.2.1. Situation :

Le siège de la radio Soummam qui est notre cas d'étude est situé a proximité du lac MEZAIA, situé à l'intersection de la route menant vers quartier Sghir et le boulevard Krim Belkacem. Il est délimité par la maison de la culture au nord et la bibliothèque municipale de Bejaia .La figure ci-dessous nous montre la situation de l'équipement au niveau de la ville de Bejaia

La figure ci-dessous nous montre le plan de situation de notre équipement.

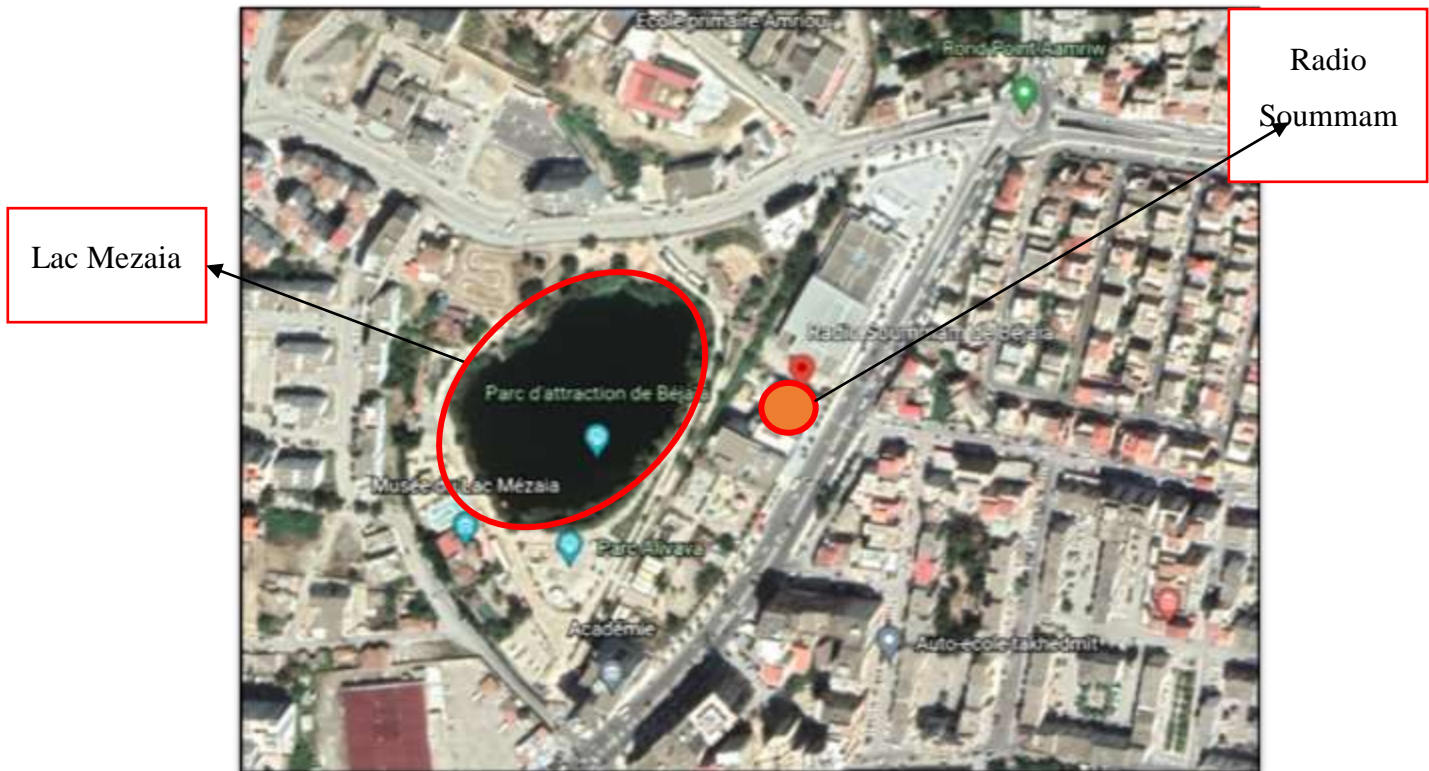


Figure 31:Situation du siège de la radio Soummam.

Source : Google Earth.

3.2.3. Fiche technique et limites du projet

Le tableau ci-dessous est une fiche technique de notre cas d'étude (siège de la radio Soummam).

Tableau 7: Fiche technique du cas d'étude

Source : (auteur, 2021)

Limite Nord	Maison de la culture
Limite Sud	Bibliothèque municipale
Limite Ouest	Lac mezaia
Limite Est	Boulevard krim belkacem
Nombre d'Etage	Entresol+RDC, R+4
Hauteur	24 m
Surface	3700 m ²

3.2.4. Description du projet :

Le projet est construit en R+4, étalé sur une superficie de 3700 M² offrant plusieurs espaces à usages de bureaux.

On peut voir dans la figure ci-dessous prise avec google earth l'environnement immédiat du siège de la radio Soummam.



Figure 32: vu a
Source : google earth

3.3. Choix du cas d'étude

Le choix de cet équipement comme cas d'étude est du a de multiples critères :

- Un équipement de bureaux destiné a la communication (c'est un media), donc il reçoit un public important.
- La présence des façades ventilées (alucobond) dans l'enveloppe extérieure du siège de la RADIO SOUMMAM comparativement aux autres équipements au niveau de la ville de Bejaia.

3.3.1 Les matériaux de construction

Les murs extérieurs sont fait en maçonnerie une double murette avec de la brique creuse d'une épaisseur de 15cm a l'extérieur et 10cm a l'intérieur ainsi qu'un revêtement en mortier de l'extérieur et en plâtre a l'intérieur. Mais sur la façade principale une partie est faite avec un revêtement d'alucobond l'autre partie en vitrage. Les séparations intérieures sont faites en brique de 10cm et les portes et ouvertures sont faites en aluminium.

La figure ci-dessous illustre les différents matériaux qui composent les parois des murs extérieur et intérieur de notre cas d'étude.

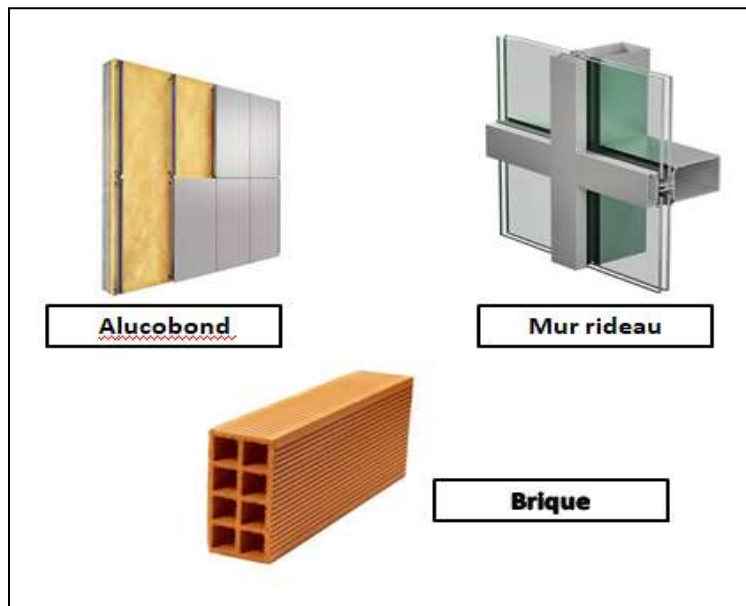


Figure 33: les matériaux qui composent la paroi

Source : (auteur, 2021)

Le tableau ci-dessous nous montre les caractéristiques thermique des matériaux qui composent les parois des murs extérieur et intérieur de notre cas d'étude.

Tableau 8 : les caractéristiques thermique des matériaux

Source ; Document Technique Réglementaire-fascicule 1, ministère de l'habitat, Algérie.

	Conductivité thermique λ (W/m.k)	Capacité thermique C (J/kg.k)	Densité D (Kg/m ³)	Épaisseur (cm)
Brique creuse	0.48	936	900	10-15
Enduit de plâtre	0.35	936	1000	02
Mortier ciment	1.4	1080	2200	02
Lame d'air	0.047	1000	1	05

Lame d'air mobile	0.13- 0.15	1000	1	5-15
Alucobond	0.35	936	1900	0.6

3.4. Investigation :

3.4.1. Objectif de la prise mesures

L'objectif principal de la campagne de prise de mesures est de quantifier les paramètres climatiques agissant sur le confort hygrothermique en général. De ces paramètres on trouve la température de l'air, l'humidité relative et la vitesse de l'air, ceci afin d'estimer le confort thermique intérieur et d'évaluer l'effet des ouvertures et façades (vitrage, ouverture et orientations) sur le confort thermique des usagers.

L'investigation a été établie au niveau du cas d'étude pendant la journée du 22/06/2021. Les mesures ont été faites entre 08H et 16H.

3.4.1. Protocole de prise de mesure :

L'enquête in situ a été faite au niveau de notre cas d'étude le 22/06/2021.

Concernant le protocole de prise de mesure des deux facteurs température / humidité relative on a suivi une démarche cette dernière est résumée dans ces étapes:

- Nous avons choisi les points de prise de mesure et repérer sur les plans pour ensuite se situer sur les points ou espaces dans lesquels nous voulons effectuer la prise de mesure puis les déterminer au sein du siège de la radio.
- Les mesures ont été faites à une hauteur de 1,20 m de 08h à 16h chaque 2h (bi horaire).il est important de souligner que les fenêtres sont fermées lors de la prise de mesure.
- Nous avons enregistré les résultats dans un tableau, ensuite traduire les résultats obtenus par des graphes.
- Après la traduction des résultats on a fait une interprétation pour comprendre l'aspect thermique et humidité dans le bâtiment et donner des significations à chaque changement remarqué.

3.4.3. Instruments de mesure

Un Thermo-hygromètre désigne un matériel électronique mesurant à la fois la température (généralement en °C) et l'humidité relative (en % du seuil de saturation). La mesure se fait au moyen de sondes adaptées, éventuellement à distance. (Source : google)

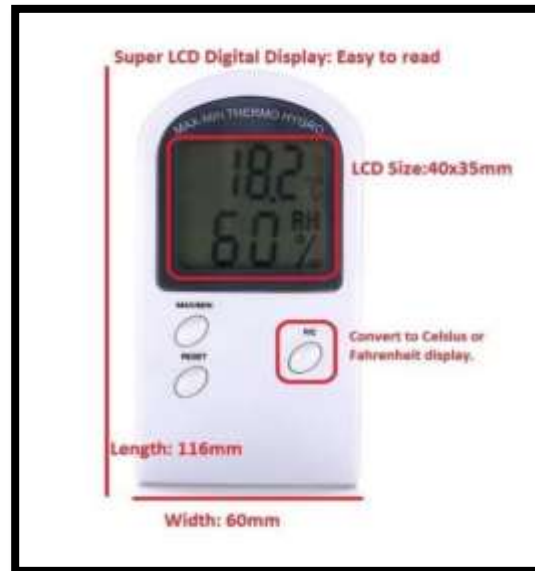


Figure 34: instrument de prise de mesure (thermo hygromètre).

Source : (auteur, 2021)

3.4.4. Choix des points des mesures

Les points de mesure ont été choisis pour les raisons suivantes :

- Connaître la variation des différents paramètres climatiques dans les différents espaces de la radio Soummam.
- Connaître l'impact de la façade ventilée sur les variations hygrothermique dans le cas où on est proche ou loin de la façade ventilée.

Dans notre cas il est impératif de savoir qu'on a effectué les prises de mesure sur un étage intermédiaire car dans notre cas d'étude le RDC est en contact avec le sol et il contient des décrochements donc même au 1^{er} étage il y a une partie qui est influencée par la dissipation de chaleur à travers le plancher, c'est le cas de l'étage 4 vu que c'est la dernière dalle elle est exposée à la chaleur du soleil pendant toute la journée donc les variations de température vont

différer par rapport au autres étages. Alors le mieux a faire c'est d'effectuer l'étude sur l'étage 2 et 3, c'est pour cela que nous avons opté pour le deuxième étage.

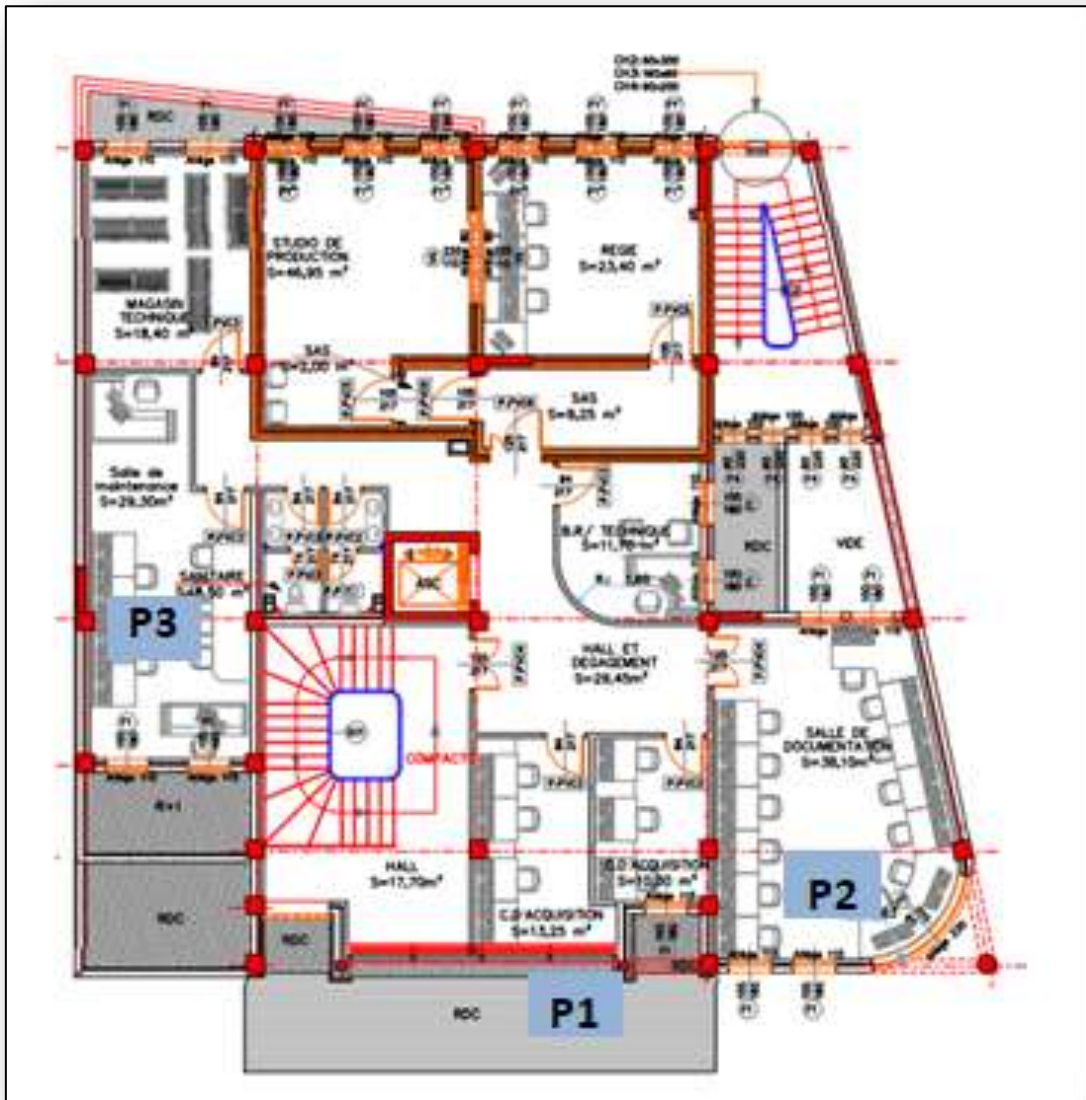


Figure 35: points de prise de mesure au 2eme étage.
Source : (bureau d'étude AURA, 2021).

3.5. Interprétation des résultats

Évaluation de la température intérieure

Les résultats obtenus lors de la prise de mesure ont été traduits en courbe que voici. (Voir annexe 01)

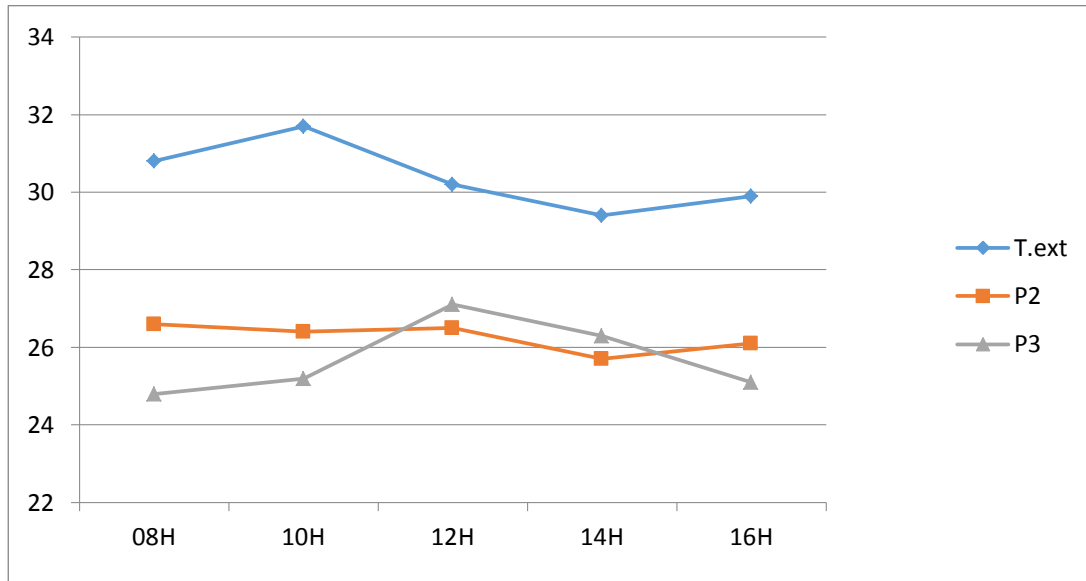


Figure 36: Courbe des températures mesurées.

Source : (auteur, 2021)

À partir des graphes de températures on peut déduire que les températures intérieures (**P2-P3**) mesurées sont inférieures à la température extérieure mesurée à l'entrée de l'équipement. Une différence allant de 3.7°C jusqu'à 7 degrés, cela est dû au mouvement de l'air qui est fermé et aussi les fenêtres qui s'ouvrent mais d'une façon contrôlée donc l'air est réprimé à l'intérieur ce qui défavorise la dissipation de la chaleur.

En générale la température prise dans le cas d'étude dépasse 24°C ce qui signifie qu'elles sont au-delà du seuil de confort.

On remarque aussi que les températures à l'intérieur sont différentes d'un point à un autre et aussi qu'il y a une augmentation au niveau de la façade est de (**P3**) surtout à **12h** a

cause de la surchauffe de la façade qui laisse la chaleur pénétrer a travers les ouvertures a l'intérieur de l'espace. Cela n'a pas été constaté dans le point **P2** malgré qu'ils ont la même orientation mais ils ne possèdent pas la même composition de la paroi.

Aussi, les deux espaces orientés vers l'est à cause des ouvertures parce que le vitrage capte les rayons solaires au maximum entre 08 H et 13 H.

Évaluation de l'humidité :

Concernant l'humidité, les résultats montrent qu'il ya une variation entre les mesures prises a l'intérieur de l'équipement et l'extérieur qui sont estimée entre 50.1% comme valeur maximale et 42.5% comme valeur minimale a l'intérieur. **(Voir anexe02)**

À partir des graphes on déduit aussi que les valeurs se rapprochent plus entre elles dans les différents points de mesure, cela beaucoup plus l'après midi vers 13h.

Cela est du a la température extérieure qui est d'une valeur max de 31.5C°, si on se réfère au diagramme psychrométrique de Givoni on constate que les pour les températures qui varient entre 20C° et 35C° l'humidité dans ce cas peut être dans la zone de confort comprise entre 40% et 60% dans le cas ou l'humidité absolue est légèrement élever. Dans ce cas l'humidité à l'intérieur de notre cas d'étude est conforme à la norme.

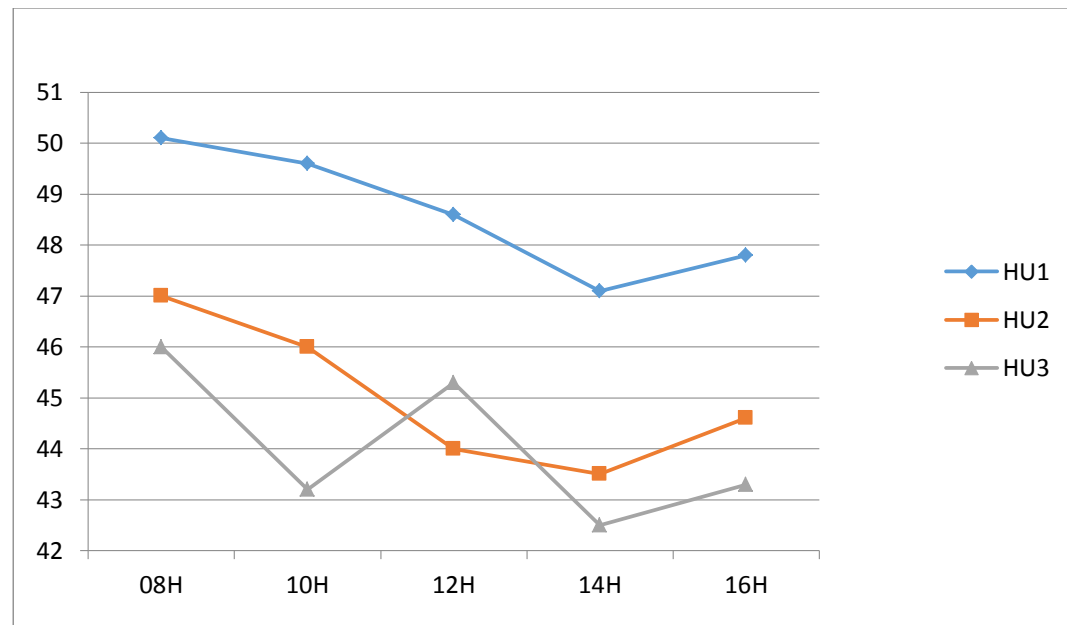


Figure 37: Courbe de l'humidité mesurée.
Source : auteur.

3.6. Synthèse :

Après avoir effectué une lecture et interprétation des résultats de l'humidité et la température de l'air on conclut que les températures sont au delà du seuil du confort qui varie entre 20°C et 24°C dans les deux espaces mais l'humidité est comprise entre 40% et 60% donc dans notre cas on est dans le seuil en terme d'humidité.

Aussi les espaces près de la façade Est gagnent beaucoup de chaleurs à travers les surfaces vitrées malgré que les fenêtres sont fermées, c'est pour cela que dans les deux espaces à l'intérieur la température est très proche vu que l'air extérieur ne se déplace pas à l'intérieur ce qui ne favorise pas la dissipation de chaleur.

Conclusion

On a obtenu après avoir fait une interprétation des résultats l'étude empirique que les espaces intérieures sont pas confortables en terme de température et humidité. Celle-ci est due à l'orientation des façades.

On conclut que la composition de la paroi affecte directement sur le confort thermique vu que dans notre cas d'étude les deux espaces n'ont pas la même composition des parois, ce qui permet la dissipation de la chaleur à travers les couches qui composent le mur.

On conclut aussi que le dimensionnement des ouvertures sur façade affecte positivement sur le confort thermique au sein de l'espace surtout quand le vitrage utilisé n'a pas une bonne isolation thermique.

L'humidité dans notre cas d'étude est conforme à la norme cela est lié au mouvement de l'air vu que à l'extérieur on remarque un changement des valeurs mais à l'intérieur l'espace est fermé donc la vitesse de l'air est faible ce qui influence positivement sur l'humidité à l'intérieur de l'espace.

Nous proposons dans ce cas de perforer la partie qui dispose de l'habillage en aluminium en haut et en bas afin de permettre le renouvellement de l'air à l'intérieur de la cavité d'air et rendre ainsi cet habillage fonctionner comme une façade ventilée

Chapitre 04 : Évaluation de la performance thermique de la façade
ventilée

4.1. Introduction

Dans ce chapitre on va aborder la simulation numérique grâce au logiciel « **Archiwizard** », on va d'abord présenter le logiciel ensuite on va expliquer le processus de déroulement de la simulation. Puis on va simuler trois scénarios de notre cas d'étude mais à chaque fois on effectue une modification au niveau de la façade cela en ajoutant le dispositif de la façade ventilée sans isolant pour le scénario 2 et le dispositif complet pour le scénario 3. Puis par la suite on va traduire les résultats en courbe et graphes et effectuer une interprétation à ces résultats

L'objectif de cette démarche est de quantifier les besoins énergétique et faire une comparaison entre les résultats obtenus pour voir réellement l'impacte du dispositif de la façade ventilée sur le confort thermique et la consommation énergétique.

4.1.1. Présentation de logiciel de simulation ARCHIWIZARD :

La conception d'un projet architectural est un procédé complexe, mettant en jeu plusieurs données à assembler et à rationaliser, le langage architectural évoluant constamment. Nous sommes contraints aujourd'hui à intégrer de nouvelles données immatérielles telles que la question des flux ou de la performance énergétique. Ces données ne peuvent être maîtrisées autrement que par l'utile informatique. La simulation consiste à étudier l'évolution de l'état d'un modèle à travers le temps. La modélisation de simulation permet de résoudre des problèmes concrets de façon sûre et efficace. Il s'agit d'une méthode d'analyse importante et qui est facile à vérifier, à communiquer et à comprendre. Et parmi les utiles de simulation on a le logiciel **ArchiWIZARD**.

4.1.2. Définition du logiciel ArchiWizard :

ArchiWizard est un logiciel de simulation énergétique des bâtiments qui permet de simuler et de démontrer la performance énergétique d'un projet architectural dès les premières esquisses et tout au long de sa conception ou dans le cadre de sa rénovation, dans un environnement 3D intuitif en connexion directe avec la maquette numérique et les principales solutions CAO du marché. C'est un logiciel produit par la société RAYCREATIS.



Figure 38: Icône du logiciel Archiwizard.

(Source : <https://www.esoftner.com/wp-content/uploads/2020/02/Graitec-Archiwizard-Logo.png>)

4.1.3. Argumentation du choix des logiciels de Simulation

Les logiciels de simulation thermiques ont connu et connaissent encore une évolution très rapide. Ils permettent de simuler l'effet de chaleur sur la consommation énergétique dans un espace architectural localisé. Cela donne la possibilité de réaliser une conception économe des bâtiments. Nous avons opté pour le choix du logiciel ARCHIWIZARD, grâce à son adéquation avec notre méthodologie du travail. Ce logiciel est spécialisé dans la simulation thermique appliquée au bâtiment.

4.1.4. Objectif de l'étude

L'objectif de la présente étude est de déterminer l'influence de la façade ventilée sur le confort hygrothermique de la gare maritime de Bejaia et d'obtenir les résultats quantitatifs et qualitatifs en relation avec les paramètres de la température de l'air, l'humidité relative, la vitesse du vent, et la consommation énergétique.

4.1.5. Domaine d'utilisation du logiciel ArchiWizard :

Le logiciel ArchiWizard est utilisé dans plusieurs domaines liés au monde de l'architecture en général, dont on trouve :

- Les conceptions architecturales et techniques d'un bâtiment.
- La performance énergétique et thermique du bâtiment.
- L'éclairage naturel et artificiel.
- Les équipements solaires et Les énergies renouvelables.

4.2. Déroulement de la simulation :

La simulation s'est déroulée pendant une année de 1janvier jusqu'à le 31 décembre par logiciel ARCHIWIZARD pour étudier les paramètres suivants (température, besoins énergétiques annuelles) en deux étapes :

- la simulation du cas initial.
- La simulation des scénarios avec dispositifs de la facade ventilée (sans isolant et complet.

4.2.1. Démarches de la simulation :

La simulation a été établie à l'aide de deux logiciels, qui sont :

1- Conception du model sur ARCHICAD

Ces logiciels consiste à la création initiale du model de notre cas d'étude ainsi son environnement voisinage, puis le sauvegarder en format «ifc», afin de pouvoir l'importer vers le deuxième logiciel qui est notre logiciel de simulation.

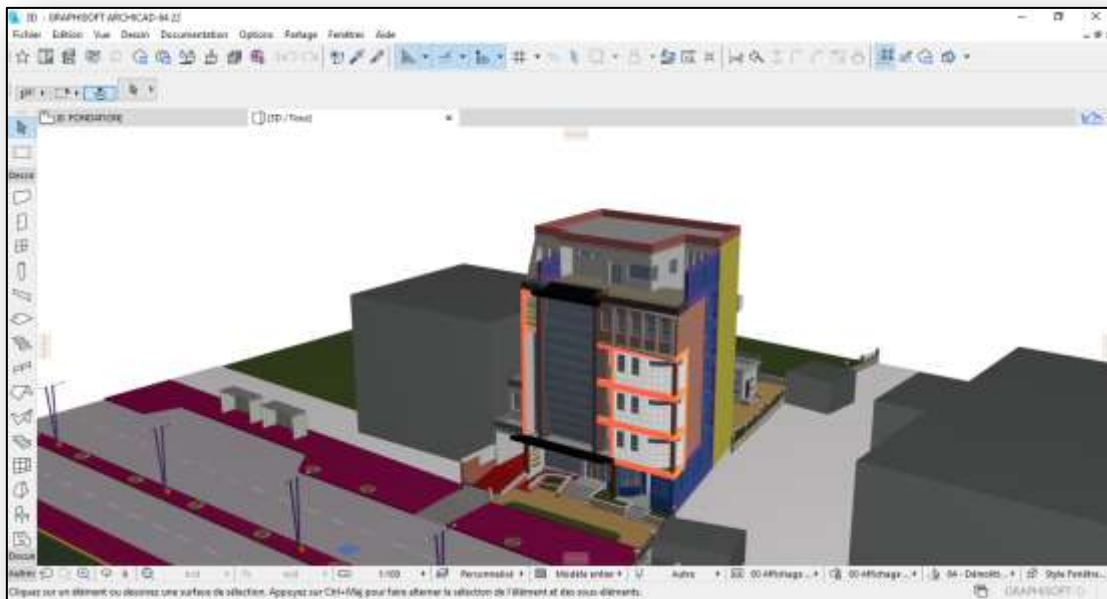


Figure 39: Le model 3d du cas d'étude créer par Archicad.

Source : (Auteur, 2021)

2- Importation du model vers ARCHIWIZARD

Après avoir importé le model 3d Archicad vers Archiwizard ainsi que le fichier des données climatique de la wilaya de Bejaia, ce dernier permette également de créer une simulation sur l'aspect thermique et énergétique après avoir introduit tous les matériaux avec leurs caractéristiques technique.

Durant le processus de simulation nous avons utilisées quelque matériaux dans les caractéristiques technique et thermique sont mentionner dans le tableau si dessous.

Tableau 9: Les caractéristiques thermiques des matériaux utilisés pour la simulation.

Source : Document Technique Réglementaire-fascicule 1, ministère de l'habitat, Algérie.

Matériaux (caractéristique de la paroi)	Conductivité λ (W/m.k) thermique	Capacité thermique C (J/kg.k)	Densité D (Kg/m ³)	Epaisseur (cm)

Brique creuse	0.48	936	900	10-15
Enduit de plâtre	0.35	936	1000	02
Mortier ciment	1.4	1080	2200	02
Lame d'air	0.047	1000	1	05
Céramique	1	936	1900	1.9
Laine de roche	0.047	612	80	08

Un seuil de température a été déterminé afin d'estimer les besoins énergétiques, ce dernier varie entre 20 °C pour le chauffage et 25 °C pour la climatisation.

Tableau 10: La plage de température selon la norme NF EN 15251.

Source : (<https://energieplus-lesite.be/reglementations/confort44/norme-nbn-en-15251-2007-criteres-d-ambiance-interieure/>)

Type de bâtiment ou d'espace	Catégorie	Température opérative C°	
		Minimum pour le chauffage	Minimum pour le refroidissement
Bureau individuel (fermé ou ouvert, salle de réunion auditorium cafeteria restaurant salle de classe)	I	21	25.5
	II	20	26
	III	19	27

Si on se réfère à cette norme, la plage de température pour notre cas d'étude se situe entre 20 et 24°C.

4.3. Les scénarios :

Pour étudier l'impact de la façade ventilée sur la performance énergétique des bâtiments, on a proposé trois modèles numériques, dont un seul variable qui est la composition matérielle des murs extérieurs.

Tableau 11: différents scénarios de la simulation.

Source : (auteur, 2021)

Scenario	01 (témoin)	02	03
-----------------	-------------	----	----

Composition matérielle du mur	<i>Mur en double cloison de 30cm</i>	<i>Double mur + dispositif de la façade ventilée sans isolant</i>	<i>Double mur + dispositif complet de la façade ventilée</i>
--------------------------------------	--------------------------------------	---	--

Scénario 01 :

Dans le scenario 1 qui est notre modèle témoin avant amélioration, on va utiliser pour les murs extérieurs une double murette sans dispositif de la façade ventilée.

Le tableau si dessous montre la composition de la paroi utilisée dans le scenario 01.

Tableau 12: la composition matérielle des murs extérieurs utilisés dans le scenario 1

Source : (Auteur, 2021)

Élément constructif	Schéma	Couches
Mur extérieur		<ol style="list-style-type: none"> 1- Enduit de plâtre de 2cm 2- Brique creuse de 10 cm 3- Lamme d'air de 5 cm 4- Brique creuse de 15 cm 5- Enduit de ciment de 2cm

Le tableau ci-dessous nous montre la composition matérielle de la paroi et les caractéristiques thermique de chaque matériau.

Tableau 13: la composition matérielle des murs extérieurs utilisés dans la simulation du scenario 1 (Source : Auteur, 2021)

Murs déperditifs / Ext (Murs déperditifs / Ext) - mur extérieur						1002.30 m ²
	Conductivité W/(m.K)	Masse volumique kg/m ³	Chaleur spécifique J/(kg.K)	Épaisseur cm	Poids/m ² kg/m ²	R m ² .K/W
Enduit plâtre	0.350	1000	936	2.0	20.0	0.06
brique	0.480	900	936	10.0	90.0	0.21
lame d'air	0.047	1	1000	5.0	0.1	1.06
brique	0.480	900	936	15.0	135.0	0.31
mortier ciment	1.400	2200	1080	2.0	44.0	0.01
Total	-	-	-	34.0	289.0	1.66

Scénario 02 :

Ce modèle consiste à utiliser pour les murs extérieurs une double murette avec le dispositif de la façade ventilée mais sans isolation entre la paroi extérieure du mur et l'habillage en aluminium.

Tableau 14: la composition matérielle des murs extérieurs utilisés dans le scénario 2

(Source : Auteur, 2021)

Élément constructif	Schéma	Couches
Mur extérieur		<ol style="list-style-type: none"> 1- Enduit de plâtre de 2cm 2- Brique creuse de 10 cm 3- Lambe d'air de 5 cm 4- Brique creuse de 15 cm 5- Lambe d'air de 8 cm 6- Bardage en aluminium

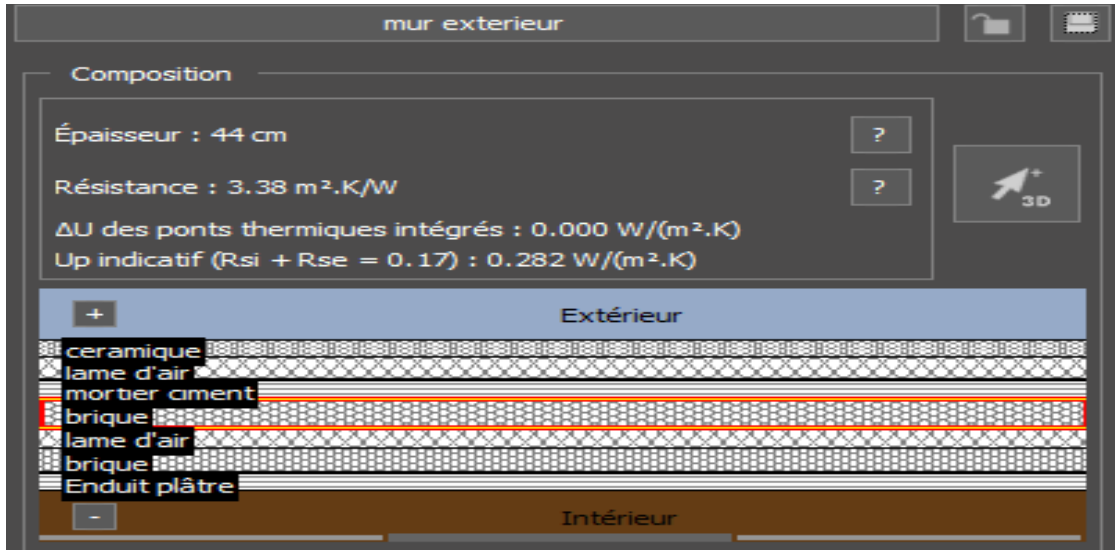


Figure 40: la composition matérielle des murs extérieurs utilisés dans le scenario 2.

Source : (auteur, 2021)

Scénario 03 :

Ce modèle consiste à utiliser pour les murs extérieurs une double murette avec dispositif complet de la façade ventilée (isolation extérieure en laine de roche+ lame d'air+ bardage en céramique et habillage en terre cuite).

Tableau 15: la composition matérielle des murs extérieurs utilisés dans le scenario 3.

Source : (Auteur, 2021)

Élément constructif	Schéma	Couches
Mur extérieur		<ol style="list-style-type: none"> 1- Enduit de plâtre de 2cm 2- Brique creuse de 10 cm 3- Lame d'air de 5 cm 4- Brique creuse de 15 cm 5- Isolation semi rigide en laine de roche de 8cm 6- Lame d'air de 8 cm 7- Bardage en céramique de 1.9 cm

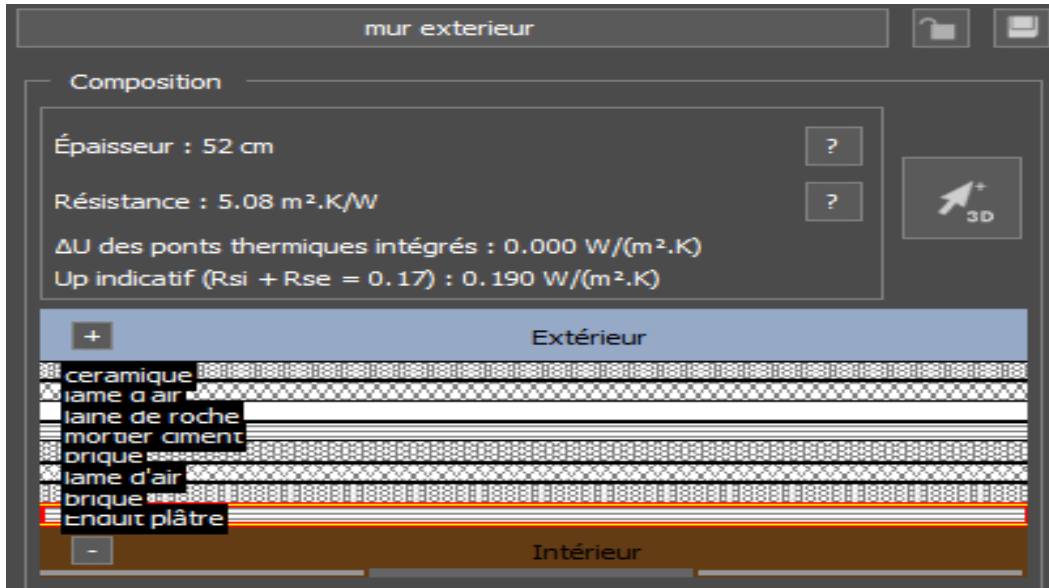


Figure 41: la composition matérielle des murs extérieurs utilisés dans la simulation du scenario 3

Source : (Auteur, 2021)

4.4. Résultats et Discussion :

Les résultats obtenus par simulation dans les trois (03) scenario sont représentés dans le tableau si dessous.

Tableau 16: Besoins énergétiques annuels simulés des 3 scenarios.

(Source : Auteur, 2021)

Besoins mensuels (KWh)	scena rio	Jan	Fev	Mar s	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	dec
Chauffage	01	1562	670	0	0	0	0	0	0	0	0	0	823
	02	1058	392	0	0	0	0	0	0	0	0	0	580
	03	1027	377	0	0	0	0	0	0	0	0	0	561
refroidissement	01	0	0	0	3502	6247	9267	14783	128222	11882	8038	2575	0
	02	0	0	0	2043	5293	8863	13525	15488	10741	7193	1577	0
	03	0	0	0	1979	5126	8588	13124	12131	10419	7008	1542	0

4.5. Comparaison et discussion des résultats

Dans cette partie on a traduit les résultats obtenu de la simulation on graphes afin de comprendre le comportement hygrothermique et la consommation énergétique et les besoins en chauffage et climatisation de la façade ventilée.

Le graphe ci-dessous nous montre les besoins énergétiques de climatisation pendant une année complète. **(Voir annexes 03)**

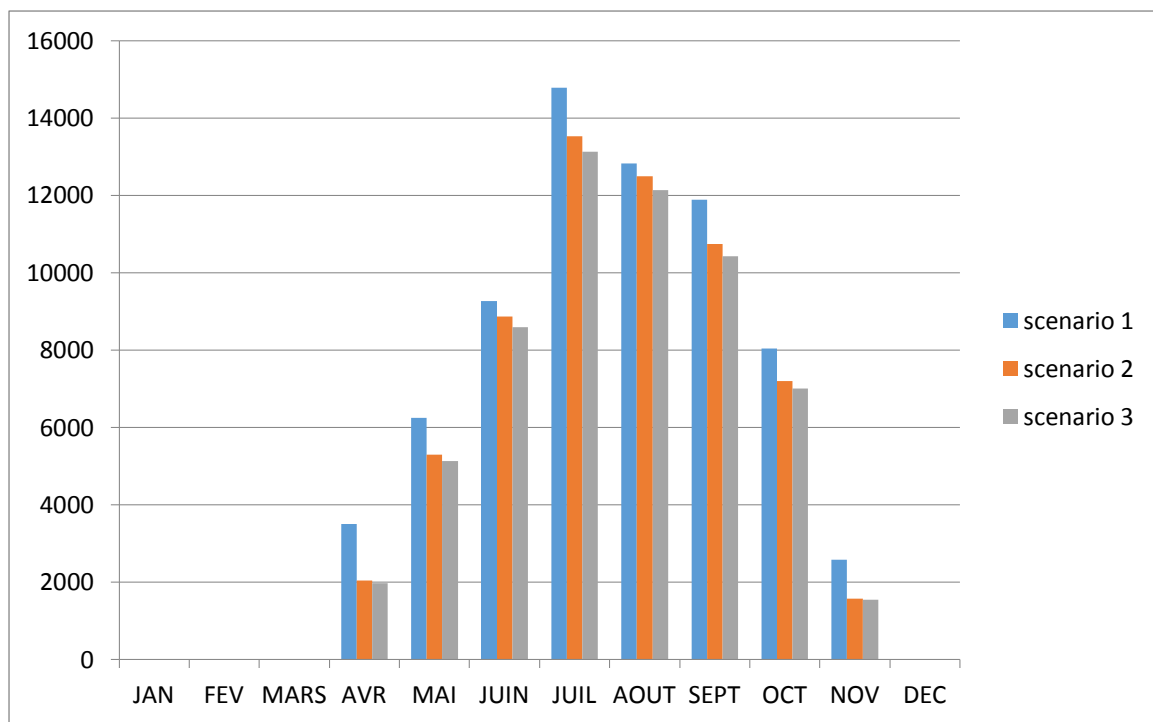


Figure 42: Graphe des besoins énergétiques annuels (climatisation) simulés pendant une année (Source : Auteur, 2021)

Le graphe ci-dessous nous montre les besoins énergétiques de chauffage pendant une année complète. **(Voir annexes 04)**



Figure 43: Graphe des besoins énergétiques annuels (chauffage) simulés pendant une année (Source : Auteur, 2021)

La lecture des résultats annuels de la simulation en terme de chauffage et climatisation montrent que afin d'assurer une ambiance thermique entre 20 et 25°C, l'énergie consommée dans le scenario 1 est plus élevée aux autres modèles qui dispose de la façade ventilée en céramique.

Pour le scenario 02 on constate que l'ajout d'une façade ventilée en céramique (bardage rapporté sans isolation à l'extérieur du mur) a permis de réduire la consommation énergétique annuelle de chauffage et climatisation de 16.60% Par rapport au scenario 01, cela même si le dispositif de la façade ventilée (sans isolation a l'extérieur du mur) utilisé n'est pas complet.

Pour le scenario 03 on constate que l'ajout d'un dispositif complet de la façade ventilée en céramique (isolation à l'extérieur du mur +bardage rapporté) a permis de réduire la consommation énergétique annuelle de chauffage et de climatisation de 19.7% encore plus par rapport au modèle initial.

Consommation énergétique annuelle

Le graphe ci-dessous nous montre la consommation énergétique en termes de chauffage, de refroidissement ventilation et éclairage.

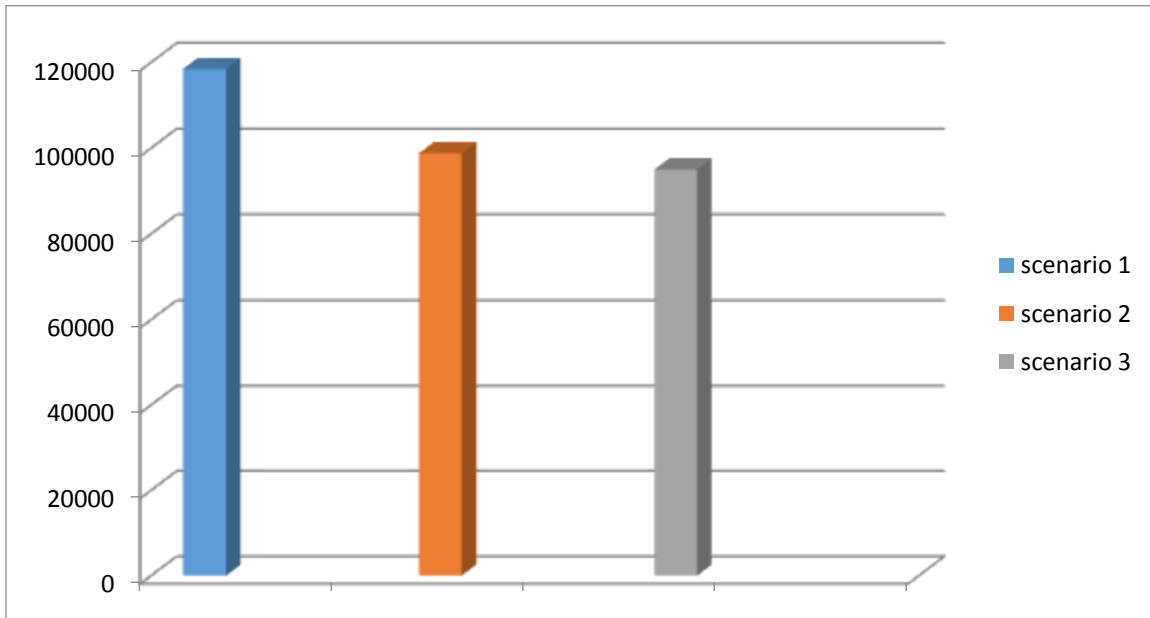


Figure 44: la consommation énergétique annuelle totale
Source :(auteur, 2021)

Le graphe de comparaison des besoins énergétiques annuels simulés en chauffage et climatisation montre que la façade ventilée influe d'une manière positive et considérable sur la réduction de la consommation énergétique.

Concernant le graphe de simulation on constate que la consommation énergétique annuelle est largement diminuer entre le cas initiale et les deux cas ou en a utiliser la façade ventilée avec et sans isolant.

Température:

Selon le diagramme de la température intérieur obtenu par la simulation (**voir annexe 5, 7,9**), on remarque que les valeurs dans le premier scenario sans façade ventilée varient entre 10C° et 31 C° dans le mois le plus froid (décembre) et le moi le plus chaud (aout).Cela est du a la composition des parois vu que dans ce cas on a utilisé un mur en double cloison sans isolant a l'intérieur. Dans le deuxième scenario on remarque que les températures les plus basses augmentent un peu pour arriver à (13,14 C°) dans les mois les plus froids (décembre, janvier). Ceci est du a la modification effectué au niveau de la paroi verticale, avec l'ajout

d'une façade ventilée avec l'habillage en aluminium et les températures les plus élevées à l'intérieur varient entre 27°C et 30°C au mois de juillet et août. Tandis que dans le dernier scénario ou en a effectué des modifications en rajoutant un isolant entre la paroi en brique et changé l'habillage en céramique au lieu de l'aluminium. Dans ce cas les températures sont entre 17°C dans le mois le plus froid et 28 comme valeur maximum en période la plus chaude (juillet, août).

Humidité :

Selon les graphes d'humidité obtenus pendant les trois scénarios (**voir annexe 6, 8, 10**) on constate que l'humidité varie dans les trois cas selon les mois ou il y a des mois où la valeur peut atteindre 95% dans la majorité des mois mais le pourcentage est un peu réduit dans les deux scénarios qui disposent de la façade ventilée. Cela est dû à la composition de la paroi mais aussi l'orientation du bâtiment, car cela a un impact positif sur les résultats vu que l'humidité est influencée par la température et la vitesse du vent. Ces deux facteurs augmentent durant l'année ce qui affecte directement l'humidité à l'intérieur de notre espace.

Synthèse :

D'après les graphes ci-dessus, on remarque que la façade ventilée affecte positivement sur la consommation énergétique en terme de chauffage et climatisation ainsi que la consommation annuelle qui est réduite comparativement à l'utilisation du revêtement en double murette (mur en double cloison). La performance est aussi affectée même dans le cas où on utilise une façade ventilée sans isolation à l'intérieur de la paroi.

Conclusion :

L'étude faite sur le siège de la radio Soummam grâce au logiciel est faite pour évaluer la consommation énergétique et le confort hygrothermique a l'intérieur du bâtiment. Elle nous a permis de comprendre mieux le fonctionnement de la façade ventilée en supprimant au maximum les ponts thermique ce qui permet de réduire la consommation énergétique d'ailleurs on a pu la réduire de 19.7% dans le 3cas de notre simulation comparant au cas initial.

A base de cette étude on conclue que la façade ventilée est efficace pour assurer un bon confort thermique et une humidité au sein de l'équipement cela en assurant une isolation thermique des parois en période hivernale et évacuer l'air chaud en été avec la ventilation dans la cavité d'air. Elle peut également agir sur les jonctions entre les murs, toitures et ouvertures.

L'emplacement de l'isolant à une influence a une influence directe sur la consommation énergétique, les pertes et les apports thermiques. A travers les résultats obtenus on constate que l'emplacement de l'isolant est par l'extérieur.

Aussi, le type d'habillage utilisé à l'extérieur comme revêtement de façade influe directement sur la performance énergétique la température et l'humidité a l'intérieur de l'équipement.

Conclusion générale

Conclusion générale :

Évaluer le confort hygrothermique pendant le processus de conception architecturale est une phase très importante, le maître d'œuvre (l'architecte) est sensé rechercher un équilibre hygrothermique entre le corps et l'espace occupé notamment l'environnement immédiat. Pour cela il faut mettre en évidence les paramètres agissant sur le confort cela en essayant d'introduire les procédés du confort thermique (l'implantation, la ventilation, la forme et l'orientation). L'absence de ce dernier, pousse les occupants de l'espace à effectuer des gestes de régulation thermique avec l'exploitation des équipements électriques comme le chauffage et la climatisation. Celle-ci n'est pas une solution durable vu qu'elle donne un aspect énergivore au bâtiment. Pour remédier à ça l'architecte est sensé bien choisir son enveloppe vu que c'est le premier élément qui entre en contact avec les aléas de l'environnement. Pour ce plusieurs dispositifs ont été créés dans le but de minimiser la consommation énergétique et assurer un confort hygrothermique adéquat pour les usagers de l'espace.

La façade comme enveloppe verticale est l'élément auquel l'architecte accorde une grande importance du point de vue thermique et énergétique car cela reflète sa performance avec l'usage de bons matériaux et les techniques adoptées. La façade ventilée est un de ces dispositifs développés. Elle agit non seulement sur le volé thermique et énergétique mais sur aussi elle a un apport en terme d'esthétique vu la variation des dispositifs qu'on peut utiliser comme habillage.

L'étude faite durant cette recherche vise à identifier les procédés du confort thermique, étudier le comportement thermique de la façade ventilée sur le bâtiment, ces caractéristiques ainsi que son impact sur le confort thermique et la consommation d'énergie.

Dans notre recherche on a pris le siège de la RADIO SOUMMAM de Bejaïa comme cas d'étude et effectué une étude empirique sur l'humidité et la température à l'intérieur de cet immeuble de bureau. Puis interpréter les résultats pour en déduire que ce dernier assure un confort en termes d'humidité mais du point de vue thermique le bâtiment n'est pas conforme à la norme attendue dans ce genre d'espace.

Dans la deuxième partie on a fait recours à la simulation par le logiciel Archiwizard en faisant des simulations sur trois scénarios proposés. Le premier avec un mur en double cloison sans dispositifs de la façade ventilée, le deuxième avec la même composition mais on a rajouté

le dispositif de la façade ventilée sans isolant et avec un habillage en aluminium pour simuler le cas réel de notre cas d'étude, le dernier en rajoutant le dispositif complet de la façade ventilée mais cette fois on a remplacé l'aluminium par la céramique pour montrer que même les matériaux influent positivement sur le comportement thermique et la performance énergétique du bâtiment. A travers les résultats obtenus une réduction de la consommation de 19.7% dans le scénario 3 et même entre le scénario deux et trois il y a une différence ce qui signifie que le type de matériaux et l'isolant ont un impact sur les résultats. Du point de vue thermique aussi à travers les courbes obtenus on a remarqué la hausse des températures basses et la diminution des températures chaudes pour atterrir au alentour de la plage de confort sans avoir à faire appel à la climatisation ou bien le chauffage. Ceci grâce à l'emplacement de l'isolant qui joue un rôle important dans la suppression des ponts thermiques.

De ce fait on conclut que la façade ventilée a un effet sur le confort hygrothermique mais aussi la consommation énergétique grâce à : suppressions des ponts thermiques sur la façade, l'amélioration de l'étanchéité de la paroi, amélioration de l'inertie thermique ainsi que le confort hygrothermique.

Comme conclusion de notre travail de recherche, on peut dire l'utilisation que la façade ventilée est une solution idéale pour garantir un confort hygrothermique et la diminution de la consommation énergétique. Le choix du type d'habillage influence aussi c'est pour cela il faut prendre en considération les spécificités climatiques de la région.

Bibliographie

Thèse doctorat :

- Batier, C. (2016). *Confort thermique et Energie dans l'habitat social en milieu méditerranéen* [PhD Thesis]. Université de Montpellier.
- Chabi, G. (2012). *Contribution à la lecture des façades du patrimoine coloniale 19ème et début 20ème siècles, cas d'étude : Quartier Didouche Mourad à Alger* [PhD Thesis].
- *Impact de la configuration des bâtiments scolaires sur leur performance lumineuse, thermique et énergétique.* (2011). [PhD Thesis]. Université Laval.
- Iturra, E. E. M. (2011). *Impact de la configuration des bâtiments scolaires sur leur performance lumineuse, thermique et énergétique* [PhD Thesis]. Université Laval.
- KHADRAOUI, M. A. (2019). *Étude et optimisation de la façade pour un confort thermique et une efficacité énergétique (Cas des bâtiments tertiaires dans un climat chaud et aride)* [PhD Thesis]. UNIVERSITE MOHAMED KHIDER BISKRA.
- Mazari, M. (2012). *Etude et évaluation du confort thermique des bâtiments à caractère public : Cas du département d'architecture de Tamda (Tizi-Ouzou)* [PhD Thesis].

Ouvrage :

- Bernard, J. (2011). *Energie solaire : Calculs et optimisation.* Ellipses.
- Cheng, V., Ng, E., & Givoni, B. (2005). Effect of envelope colour and thermal mass on indoor temperatures in hot humid climate. *Solar Energy*, 78(4), 528- 534.
- Cordier, N. (2007). Développement et évaluation de stratégies de contrôle de ventilation appliquées aux locaux de grandes dimensions. *L'institut national des sciences appliquées de Lyon*, 12.
- De Herde, A., & Liébard, A. (2005). *Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques : Concevoir, édifier et aménager avec le développement durable.*
- Déoux, S., & Déoux, P. (2004). Le guide de l'habitat sain : Habitat, qualité, santé pour bâtir une santé durable, 2e éd. rev. et augm. *Andorre: Medieco.*
- Desmons, J. (2017). *Génie climatique.* Dunod.
- Givoni, B. (1978). *L'homme, l'architecture et le climat..(Trad. De l'angl.).*
- Heiselberg, P. (2010). *Expert Guide : Part I Responsive Building Concepts.*
- Jedidi, M., & Benjeddou, O. (2016). *La thermique du bâtiment : Du confort thermique au choix des équipements de chauffage et de clim.* Dunod.
- Jousselein, F., Faure, X., Johannes, K., Pierson, P., & Quénard, D. (2008). Enveloppe hybride pour bâtiment économe. *Période 3: Jeudi 29 mai, 16h30-17h50*, <http://liris.fr>.
- Moujalled, B. (2007). Modélisation dynamique du confort thermique dans les bâtiments naturellement ventilés. *Institut National des Sciences Appliquées, Lyon, France.*

Sites internet :

- *Chauffage, calculs thermiques et deperditions, EN_12831, VMC, coefficient de transmission thermique, vitrages.* (s. d.). Consulté 20 fevrier 2021, à l'adresse https://www.thermexcel.com/french/energie/Calcul_deperditions_thermiques_NF_EN_12831.htm
- *Éco-construction d'un bâtiment à énergie positive—Exercice : Confort thermique.* (s. d.). Consulté 03 fevrier 2021, à l'adresse http://ecoconstruction.rpn.univ-lorraine.fr/co/exercice1_1.html
- *Installation de revêtement de plastique brun sur la façade de la maison.* (s. d.). 123RF. Consulté 05fevrier 2021, à l'adresse https://fr.123rf.com/photo_50099481_installation-de-revêtement-de-plastique-brun-sur-la-façade-de-la-maison.html
- *L'isozaki d'Arata sculpte l'Himalaya de Changhaï centrent avec organique caverne-comme le façade—Shanghai, Shanghai, China.* (s. d.). Consulté 21 juin 2021, à l'adresse <https://projects.archiexpo.fr/project-28224.html>
- *Perforated Metal Mesh—Perforated Metal Facade Manufacturer from Bengaluru.* (s. d.). IndiaMART.com. Consulté 12 fevrier 2021, à l'adresse <https://www.indiamart.com/burleytec/>
- *Textile façades.* (s. d.). Mehler Texnologies. Consulté 12 fevrier 2021, à l'adresse <https://www.mehler-texnologies.com/en/application/textile-facades/>
- *Une synagogue enrichie d'un pavillon incliné à Los Angeles | architectura.be.* (s. d.). Consulté 20 juin 2021, à l'adresse <https://www.architectura.be/fr/actualite/20641/une-synagogue-enrichie-dun-pavillon-incline-a-los-angeles>
- *Vitrages isolants thermiques—Energie Plus Le Site.* (s. d.). Consulté 17 fevrier 2021, à l'adresse <https://energieplus-lesite.be/techniques/froid-alimentaire7/vitrages-isolants-thermiques/>
- *Façade ventilée : Fonctionnement, structure et avantages.* (2019, avril 26). Cupa Pizarra. <https://www.cupapizarra.com/fr/actualite/facade-ventilee-fonctionnement-avantages/>
- Arioste, Façades ventilées. [En ligne], <http://www.arioste.fr/technique/facadesventilees>
- Cupapizarra, <https://www.cupapizarra.com/fr/actualite/facade-ventileefonctionnement-avantages>
- Tempio, Façades ventilées Tempio, [En ligne], <http://www.tempio.es/fr/facadesventilees>.

Annexes

Annexes:

Annexe 01: les températures mesurer a l'intérieur de la radio Soummam.

Source :(auteur, 2021)

	T.ext	P2	P3
08H	30,8	26,6	24,8
10H	31,7	26,4	25,2
12H	30,2	26,5	27,1
14H	29,4	25,7	26,3
16H	29,9	26,1	25,1

Annexe 02: l'humidité mesurée a l'intérieur de la radio Soummam.

Source :(auteur, 2021)

	HU1	HU2	HU3
08H	50,1	47	46
10H	49,6	46	43,2
12H	48,6	44	45,3
14H	47,1	43,5	42,5
16H	47,8	44,6	43,3

Annexe 03: besoins en climatisation obtenu lors de la simulation a l'intérieur de la radio Soummam.

Source :(auteur, 2021)

	scenarior 1	scenarior 2	scenarior 3
JAN	0	0	0
FEV	0	0	0
MARS	0	0	0
AVR	3502	2043	1979
MAI	6247	5293	5126
JUIN	9267	8863	8588
JUIL	14783	13525	13124
AOUT	12822	12488	12131
SEPT	11882	10741	10419
OCT	8038	7193	7008
NOV	2575	1577	1542
DEC	0	0	0

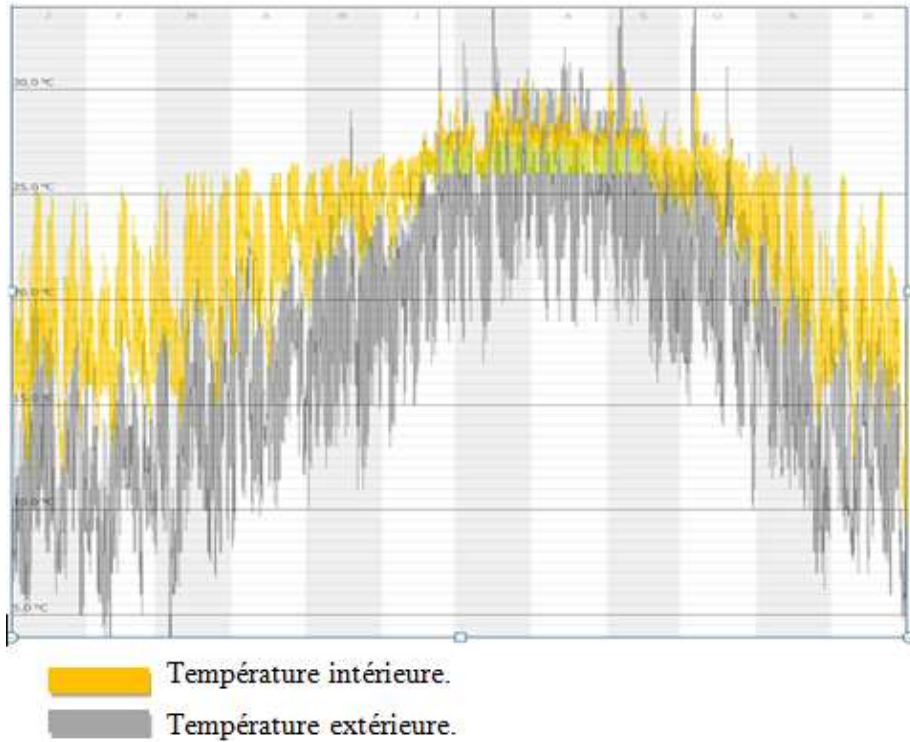
Annexe 04: besoins en chauffage obtenus lors de la simulation a l'intérieur de la radio Soummam.

Source :(auteur, 2021)

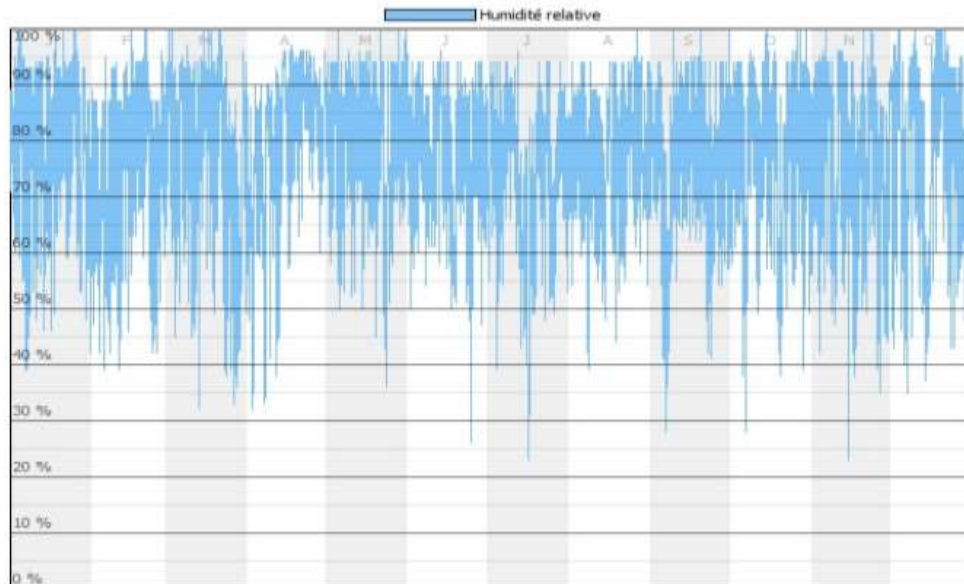
	scenarior1	scenarior 2	scenarior 3
JAN	1562	1058	1027
FEV	669	392	377
MAR	0	0	0
AVR	0	0	0
MAI	0	0	0
JUIN	0	0	0
JUIL	0	0	0
AOUT	0	0	0
SEP	0	0	0
OCT	0	0	0
NOV	0	0	0
DEC	823	580	561

Annexe 05: températures obtenues lors de la simulation du scenario 1.

Source :(auteur, 2021)

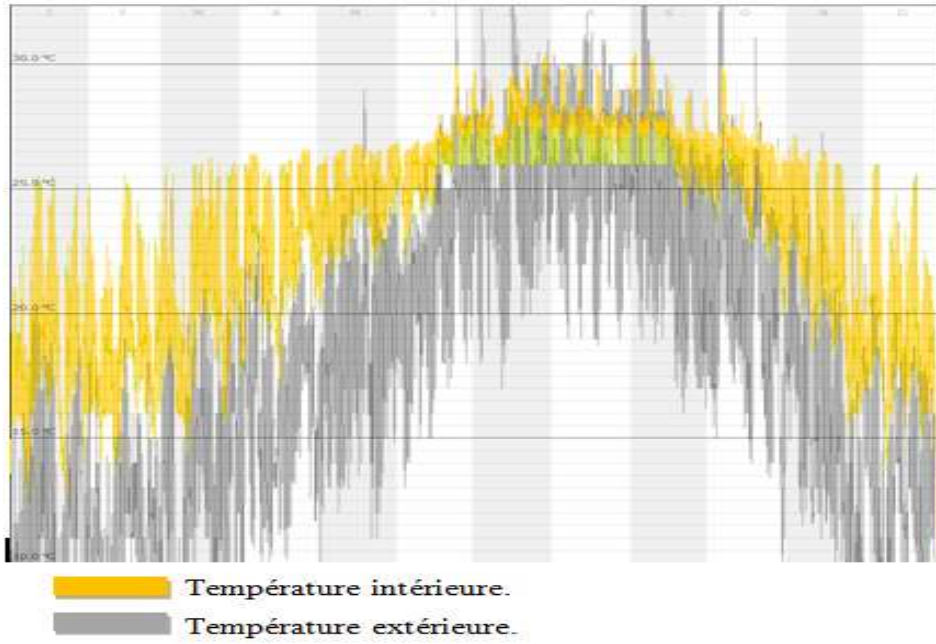


Annexe 06: Humidité obtenue lors de la simulation du scenario 1.
Source :(auteur, 2021)



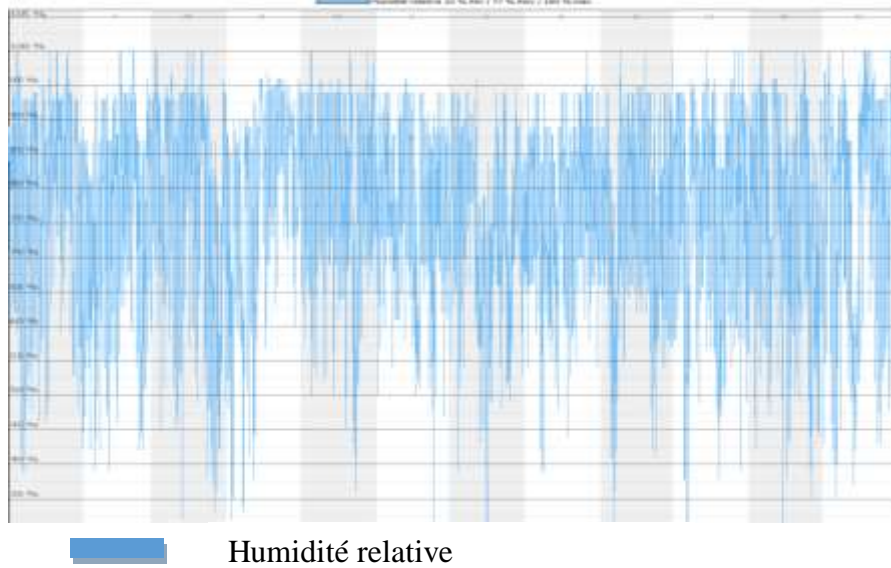
Annexe 07: températures obtenues lors de la simulation du scenario 2.

Source :(auteur, 2021)



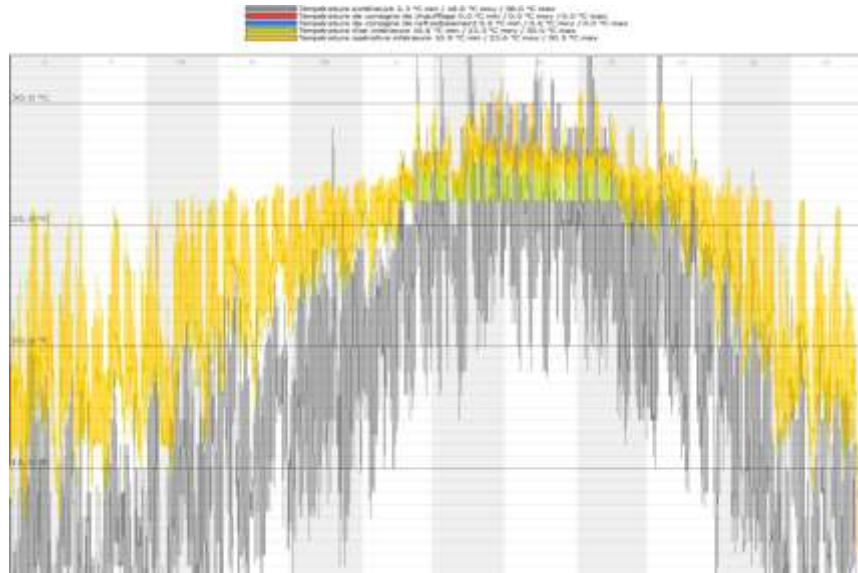
Annexe 08: Humidité obtenue lors de la simulation du scenario 2.

Source :(auteur, 2021)



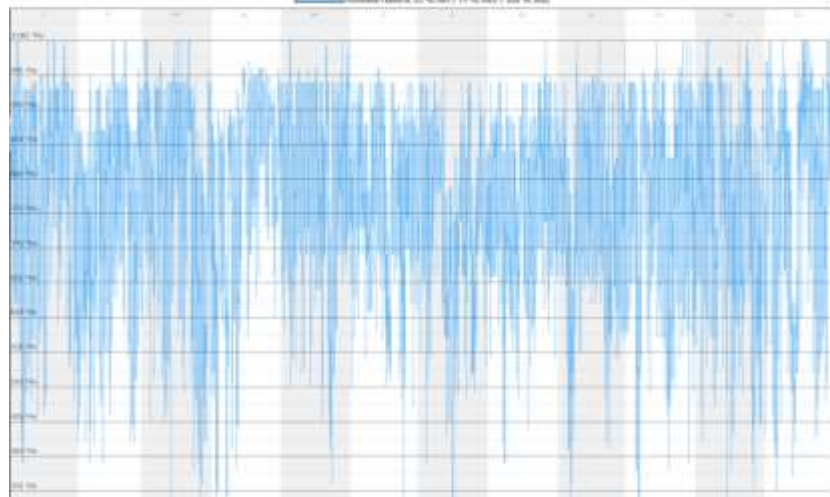
Annexe 09: températures obtenues lors de la simulation du scenario 3.

Source :(auteur, 2021)



■ Température intérieure
■ Température extérieure

Annexe 10: Humidité obtenue lors de la simulation du scenario 2.
Source :(auteur, 2021)



■ Humidité relative

P.F.E

Introduction

Dans cette partie on va présenter la synthèse de notre travail effectué en atelier et expliquer brièvement les différentes démarches suivies pour l'élaboration du projet de fin d'étude. Ou nous allons essayer de faire une synthèse sur l'analyse des exemples dans la typologie est la même que celle de notre PFE (Immeuble de bureau), sur l'analyse du site choisi ainsi sur les étapes d'achèvement du projet final, afin d'avoir une idée globale sur le processus d'évolution depuis l'idéation jusqu'à la réalisation.

Analyse des exemples

Le choix des exemples

Le travail de l'analyse des exemples a été effectué sur deux exemples d'immeuble de bureau, le premier est un le siège de « l'organisation mondiale de la propriété intellectuelle » situé a Genève en suisse près du palais des nations, le deuxième exemple est le siège municipale de « **Lo Barnechea** » dans la ville de Santiago en Chili.

Exemple 01 : L'Organisation mondiale de la propriété intellectuelle (OMPI)

L'Organisation mondiale de la propriété intellectuelle (OMPI) est une institution spécialisée des NATIONS UNIES. Sa mission officielle est de stimuler la créativité et le développement économique en promouvant un système international de propriété intellectuelle,



Figure : vue sur le bâtiment

Source : behnisch.com

Fiche technique:

Architectes : Behnisch Architekten, Stuttgart (Allemagne)

Maître de l'ouvrage : Ompi

Début des travaux : Avril 2008

Mise en service : Mars 2011.

Surface du terrain: 5 623 m²

Surface brute des planchers : 47 140m²

CES: 3 751 m²

Gabarit : R+5

Niveaux souterrains : 4

Parking : 280 places

Nombre de poste de travail: 500

Analyse du programme

Sous sol	Rdc	1 et étage	2, 3 et 4 -ème étage
Aire de livraison	Hall d'entrée	Bibliothèque	3 atriums
Locaux techniques	Salle d'exposition	Espace de lecture	Des espaces bureaux
Dépôts	Cafétéria restaurant (300 p) kitchenette	3 atriums	Jardins d'hiver
Locaux d'entretien	Des salles de réunion	Des espaces bureaux	
Parking	cabines d'interprètes	Une salle de réunion	

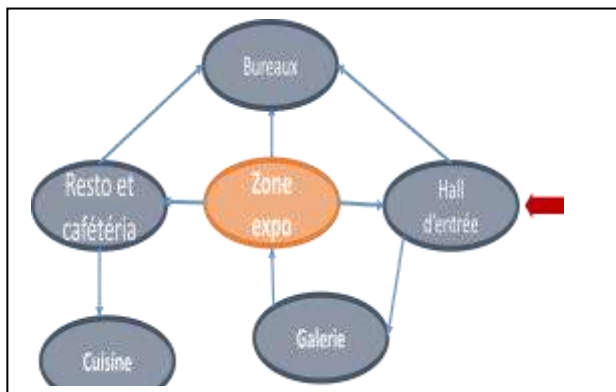
Les 4 niveaux de sous-sols sont dédiés aux locaux techniques principaux, dépôts, locaux d'entretien et parking, ainsi qu'au 1er sous-sol à une aire de livraison.

Le hall d'accueil avec réception ainsi que certains espaces publics tels que des espaces d'exposition, restaurant et cafétéria, salle de réunion et bureaux d'interprète sont situés au rez-de-chaussée

Les bureaux des niveaux supérieurs sont planifiés orthogonalement, suivant leur fonction. Ils sont regroupés autour de trois atriums couverts de toits en verre. Environ 500 bureaux sont répartis sur 5 niveaux. Ces bureaux offrent de l'espace dans une variété de configurations.

Organisation du rdc :

La figure cidessous nous montre les relations existantes entre les différents espaces du rdc



Espace	Surface
Hall d'accueil	368
Zone d'exposition	434,61
Galerie	181,7
Restaurant	589,84
Cafétéria	329,85
Salle de réunion	216,86
Kitchenette	167,07
Bureaux d'interprètes	74,91

Synthèse de l'exemple 01 :

D'après l'analyse on a fait ressortir plusieurs recommandations et concepts :

- ✓ L'originalité du bâtiment réside dans son intégration dans ses environs.
- ✓ L'intérieur impressionne par sa qualité d'ambiance due à la fluidité des espaces et la mise en œuvre soignée.
- ✓ L'immeuble répond aux exigences du développement durable
- ✓ La variété dans les espaces intérieurs tels que l'intérieur double hauteur les jardins et les escaliers des oreillettes enrichissent l'ambiance du travail
- ✓ Avec la réunion informelle des zones réparties au niveau des bureaux, ces espaces communs jouent un rôle important dans la communication et interaction entre des employés.
- ✓ La générosité, l'éclairage naturel et l'agrément des espaces communs en font des lieux de travail et de vie conviviaux.
- ✓ La diversité des espaces concourt à l'efficacité des communications et participe à la construction d'un esprit d'équipe.
- ✓ Le dialogue avec la nature environnante s'établit par l'intégration d'éléments naturels, minéraux et végétaux et des parois en verre assurant la continuité visuelle entre l'intérieur et l'extérieure.

Exemple 02 : Siege municipale de Lo Barnechea.

Le nouveau bâtiment de la municipalité de Lo Barnechea, a la périphérie de la ville de Santiago du Chili, est situé à la jonction de deux des avenues les plus importantes de la commune, dans un lieu ouvert à la scénographie imposante du lieu



Fiche technique :

Architectes: Gonzalo Mardones
V

Maître de l'ouvrage : LO
BARNECHEA
MUNICIPALITY

Début des travaux : 2013

Mise en service : 2016.

Surface du terrain: 3 075,83 m²

Surface brute des planchers : 15
920m²

CES: 1 275,58 m² (41%)

Gabarit : R+7

Niveaux souterrains : 4

Parking : 353 places (199 privé
154 public).

Analyse architecturale :

Le volume :

Le bâtiment est séparé en deux volumes du quatrième niveau et relié par des passerelles, pour créer un vide qui sert de place comme cœur du projet et de diviser les fonctions des différents services municipaux dans la base et les niveaux inférieurs.

Des cubes qui ressortent de l'immeuble et qui servent de balcon pour avoir un jeu de plein et vide

Les façades:

L'idée des façades se reflète dans le fait que le bâtiment n'a ni façade ni arrière. Il est ouvert dans toutes les directions, essayant de montrer la vie à l'intérieur, permettant à l'intérieur d'englober l'environnement.

Un bâtiment ouvert au citoyen, mais aussi à son environnement géographique.

La présence de beaucoup d'ouvertures pour laisse pénétrer le maximum de lumière possible

Analyse du programme :

	<i>Niveau</i>	<i>Programme</i>
Sous – sol 1. Les niveaux du sous sol contient : 3 niveaux de parking et le premier un locale police, enregistrement civil et salle polyvalente	<i>Sous sol</i>	<i>Enregistrement civil, parking</i>
RDC 1. Le RDC s'organise autour de l'escalier central. 2. On trouve un grand espace public 3. Il contient le service d'état civil et d'identification 4. Une cafétéria pour les employer 5. La présence d'un patio qui joue un rôle dans l'éclairage naturel du sous sol Les autres étages sont dédiés aux administrations	<i>RDC</i>	<i>service d'état civil et d'identification</i>
	<i>1 er étage</i>	<i>Direction du trafic</i>
	<i>2 -ème étage</i>	<i>Administration fiscale</i>
	<i>3 -ème étage</i>	<i>Service de poste</i>
	<i>4 -ème étage</i>	<i>Direction juridique</i>
	<i>5 -ème étage</i>	<i>Secrétariat municipale</i>
	<i>6 -ème étage</i>	<i>Contrôle interne</i>
	<i>7 -ème étage</i>	<i>Administration</i>

Synthèse :

D'après l'analyse on a fait ressortir plusieurs recommandations et concepts :

- ✓ Le projet doit s'ouvrir aux citoyens ainsi qu'à son environnement.
- ✓ Un projet municipale doit toujours dominer son environnement et l'émerger (concept de domination et d'émergence).
- ✓ La variété dans les espaces intérieurs tels que l'intérieur double hauteur, les mezzanines, les patios les jardins et les escaliers des oreillettes enrichissent l'ambiance intérieure.
- ✓ La générosité, l'éclairage naturel qui fait des lieux de travail et de vie conviviaux.
- ✓ Le dialogue avec la nature environnante s'établit par l'intégration d'éléments naturels, minéraux et végétaux et les longues fenêtres en verre assurant la continuité visuelle entre l'intérieur et l'extérieure.
- ✓ L'adaptation du concept de la durabilité : béton spécial, terrasse jardin, éclairage naturel.

Programme retenu :

Après l'analyse des deux exemples on a pu ressortir avec un programme synthétique que nous allons essayer de mettre en œuvre dans notre projet fin d'étude.

<i>Fonction</i>	<i>Entité</i>	<i>Sous-Entité</i>	<i>Surfaces</i>		<i>Exigences</i>
<i>Administration</i>	<i>Administration</i>	<i>Accueil</i>	<i>12m²</i>	<i>118m²</i>	<i>-Le directeur est on communication avec tout service de l'établissement donc son bureau doit être facilement accessible. -Prévoir une isolation phonique. -Eclairage suffisant -Bonne isolation thermique et phonique</i>
		<i>Bureau Du Directeur</i>	<i>24m²</i>		
		<i>Bureau Comptable</i>	<i>15m²</i>		
		<i>Bureau Du Secrétaire</i>	<i>12m²</i>		
		<i>Salle d'archives</i>	<i>25m²</i>		
		<i>Sanitaires</i>	<i>30m²</i>		

Consommation	<i>Restaurant</i>	<i>Restaurant</i>	<i>100-200m2</i>	<i>100-200m2</i>	- Equiper par des tables et des chaises. - éclairage naturel et artificiel. - il faut des vues panoramique vers l'extérieur
		<i>Cuisine</i>	<i>25-30m2</i>	<i>25-30m2</i>	-Organisé selon la spécialité et les différents services de préparation. -relié directement avec les espaces de stockage.
	<i>Cafeteria</i>	<i>Cafeteria</i>	<i>40-50 M²</i>	<i>40-50 M²</i>	Assurer : bonne aération Muni bien éclairé et visible partout orientation est/ouest/sud Confort acoustique indispensable
Pole Affaire (Fonction Libérale)	<i>BET</i>	<i>B.Acceuil</i>	<i>30m2</i>	<i>130m2</i>	<i>Espace bien éclairé. -Espace avec isolation acoustique</i>
		<i>B.Travail</i>	<i>50m2</i>		
		<i>Dépôt Archives</i>	<i>30m2</i>		
		<i>Sanitaires</i>	<i>20m2</i>		
	<i>Bureau De Comptabilité</i>	<i>Bureau Du Comptable</i>	<i>40m2</i>	<i>110m2</i>	
		<i>Salle d'attente</i>	<i>30m2</i>		
		<i>Archive</i>	<i>20m2</i>		
		<i>Sanitaires</i>	<i>20m2</i>		
	<i>Cabinet d'avocat</i>	<i>B.Acceuil</i>	<i>40m2</i>	<i>110m2</i>	
		<i>B.De Travail</i>	<i>30m2</i>		
		<i>Archives</i>	<i>20m2</i>		
		<i>Sanitaires</i>	<i>20m2</i>		
	<i>Bureau de notaire</i>	<i>B.Acceuil</i>	<i>40m2</i>		
<i>B.De Travail</i>		<i>30m2</i>			

		<i>Archives</i>	<i>20m2</i>	<i>110m2</i>	
		<i>Sanitaires</i>	<i>20m2</i>		
	<i>Siege d'entreprise</i>		<i>100m2</i>	<i>100m2</i>	
Locaux technique	<i>Locaux technique</i>	<i>Climatisation</i>	<i>60m2</i>	<i>120m2</i>	
		<i>Chauffage</i>	<i>50m2</i>		
		<i>Groupe électrogène</i>	<i>40m2</i>		
Stationnement	<i>Air de stationnement</i>	<i>Parking (personnel et public)</i>			<i>Les places de parking sont souvent délimitées devant et sur les côtés par des bandes de couleur (blanche ou jaune) d'une largeur de 12 à 20 cm. Dimensions d'un emplacement en parapet pour une voiture particulière au moins 5,00 m de long et 2,30 m de large, et au moins 3,50 m de large pour un emplacement pour handicapés.</i>

Analyse de l'assiette d'intervention

1. Le choix de l'assiette d'intervention :

Notre assiette d'intervention est choisie à cause de la disponibilité des conditions suivantes:

- Un terrain non exploité avec une superficie importante.
- Un Accès directe et facile au terrain.
- Le manque d'immeubles de bureaux dans cette zone de la ville
- Etouffement du site par les résidences et locaux commerciaux

2. La situation :

Le site se situe en plein centre urbain, dans la partie industrielle de la ville de Bejaïa.

- au Sud-ouest du noyau historique et du port de Bejaïa.
- au nord de l'aéroport ABANE RAMDANE de Bejaïa.

Le terrain se trouve dans la zone industrielle de Bejaia, au centre de la ville de Bejaia, et au centre de la partie extrême nord du POS B18.



Figure: la situation de l'assiette d'intervention.
Source : Google Earth + traiter par l'auteur.

3. Morphologie du terrain :

Le terrain est sous forme d'un rectangle déformé. Orienté vers le nord, et d'un coefficient d'occupation du sol $\cos = 1,5$.

Le terrain présente une morphologie plane avec une légère pente décroissante du côté sud.

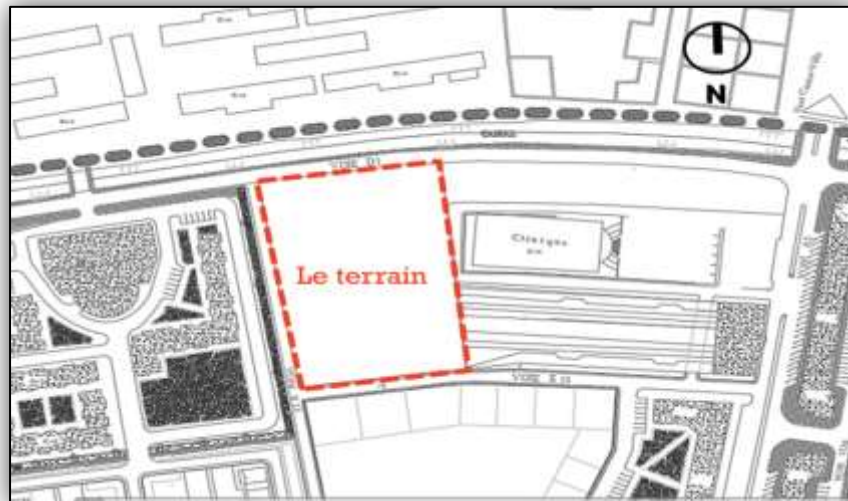


Figure: limite de l'assiette d'intervention.
Source : pos + traiter par l'auteur.

4. les limites et l'accessibilité :

Les limites :

Notre assiette d'intervention est délimité par :

- La route secondaire reliant le boulevard KRIM BELKACEM et la route des AURES au nord.
- La clinique Rameau d'olivier a l'est.
- La résidence universitaire 1000 lits a l'ouest.
- La pépinière communale au sud.



Figure: limite de l'assiette d'intervention.

Source : pos + traité par l'auteur.

L'accessibilité au terrain d'intervention :

L'accessibilité au terrain se fait à travers une seule voie mécanique :

- La route reliant la route des Aurès et le BVD Krim Belkacem.
- Les routes tertiaires venant de quartier Sghir donnant sur la même voie tertiaire.



—— Voie tertiaire
 ➔ Voie secondaire
 Limite du terrain

Figure: l'accessibilité au site.
 Source : google earth+ traité par l'auteur.

Ensoleillement et vents dominants :

Le terrain bénéficie d'un bon ensoleillement.



Figure: Ensoleillement du terrain.
 Source : sunearthtool.com

Le tableau ci-dessous nous montre les avantages et les inconvénients de notre site ou on va projeter notre équipement.

Les avantages	Les inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> - Terrain de grande surface. - Terrain bien ensoleillé. - Situation stratégique. - Terrain presque plat. - Située au cœur de la ville favorisant l'échange avec de différentes activités. - Notre zone d'intervention est desservie par un réseau viaire très riche (La route des Aurès, Le boulevard krim Belkacem.) - • la présence du Oued Sghir sur les limites de la zone représente une potentialité naturelle 	<ul style="list-style-type: none"> - Présence de l'humidité. - Présence des nuisances sonores. - Manque d'obstacle pour les vents chaud. - Risque sismique. - Le problème majeur est la mixité entre l'habitat et l'industrie qui crée une rupture au développement de la ville de Bejaia - Inexistence de jardins et d'espaces de détente et de loisirs. - Manque d'espaces de stationnement. - Facteur écologique ignoré (polluons de l'environnement).

Conclusion

L'objectif de l'analyse des exemples et du terrain c'est de nous permettre d'acquérir des notions la programmation s nous ont apporté des informations et des contraintes qui vont nous aider dans l'étape suivante qui est la conception du projet.

L'analyse des exemples nous a permis d'identifier les différents entités et espaces que se trouvent dans un immeuble de bureau. L'analyse climatique va nous donner les points forts du site afin de bien orienter notre bâtiment, mais aussi pour assurer son fonctionnement en faisant repartir les espaces selon leurs exigences.

Résumé

Ce travail vise à effectuer une étude sur la façade ventilée et son effet sur le confort hygrothermique. Avant 1970 on ne se soucier pas vraiment de la consommation énergétique, jusqu'à l'arrivée de la crise où on s'est rendu compte que ces énergies sont faucille et qu'on doit orienter notre réflexion vers une solution qui assurera une consommation énergétique raisonnable, grâce à des techniques de constructions adapter à cela. Dans cette étude on s'est focalisé beaucoup plus sur le dispositif de la façade ventilée, son effet sur le confort hygrothermique intérieur et sa contribution à la réduction de la consommation énergétique.

Pour ce fait, une investigation a été faite au sein d'un immeuble de bureau ici à Bejaia qui est le siège de la « radio Soummam » puis par la suite une simulation par le logiciel «ARCHIWIZARD» a été faite sur le même bâtiment afin de quantifier les variations de température et humidité au sein de l'espace intérieur mais aussi simuler la consommation énergétique pendant une année complète pour élaborer par la suite une analyse numérique et évaluer le confort hygrothermique dans les espaces intérieurs, puis proposer la façade ventilée et refaire une simulation à deux reprises, le premier cas avec le dispositif de la façade ventilée sans isolant et le deuxième c'est avec le dispositif complet mais dans ce cas on le dispositif est mis complètement pour ensuite comparer les résultats obtenus avec le cas initial.

Après discussion des résultats on a confirmé que la façade ventilée non seulement elle rajoute un apport en terme d'esthétique à l'enveloppe mais améliore l'efficacité énergétique de 19.7% de notre cas d'étude surtout en terme de refroidissement. Ce qui fait que ce dispositif est le plus approprié et agissant en terme de confort hygrothermique et efficacité énergétique.

Mots-clés : humidité, température, efficacité énergétique, isolation thermique, confort hygrothermique, façade ventilée, consommation énergétique, simulation.