

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche



Scientifique
Université Blida-1



Faculté de Technologie
Département des Énergies Renouvelables
Spécialité Énergies Renouvelables
Option Habitat Bioclimatique

**Etude et amélioration du confort thermique
dans une maison situé à Khemis-Miliana**

Préparé Par :

- **MEDDAHI Mohamed Younes**
- **MASKER Ilyas**

Encadré par :

- **Promotrice : D^r GUEBLI Wassila**
- **Co-promotrice : D^r OUKACI Soumia**

Devant le Jury composé de :

Président de Jury : Pr Semmar Djaffer

Examineur : Pr Hamid Adalkader

Blida, Juillet 2023

Remerciements

Avant toute chose, nous tenons à remercier Dieu, le tout-puissant Allah, de nous avoir donné la force de réaliser ce mémoire. Nous tenons également à exprimer nos remerciements les plus sincères et notre gratitude à notre promotrice, Mme Guebli, et à notre co-promotrice, Mme Ouğaci. Ainsi qu'à tous les enseignants qui nous ont accompagnés dans notre parcours universitaire. Nous tenons également à remercier nos chers parents nos frères et sœurs et bien sûr nos chers amis et camarades de classe.

Dédicaces Younes

Au nom d'Allah, Tout d'abord je tiens à remercier le tout puissant de m'avoir donné le courage et la patience pour arriver à ce stage afin de réaliser ce travail que

Je dédie :

A mes très chers parents, qui n'ont jamais cessé de prier pour nous, et bien sûr pour leurs encouragements, et pour leurs conseils.

A mes très chères sœurs.

A toute ma grande famille

A mes meilleurs amis.

A tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin pour la réalisation de ce travail.

Dédicaces Ilyas

Je dédie ce mémoire :

A mes parents qui m'ont soutenu et encouragé durant ces années d'études. Qu'ils trouvent ici le témoignage de ma profonde reconnaissance.

A mes frères, ma sœur et ceux qui m'ont chaleureusement supporté et soutenu tout au long de mon parcours.

A ma famille, mes proches et à ceux qui me donnent de l'amour et de la vivacité.

A tous mes chers amis, qui m'ont accompagné depuis le premier jour et qui sont restés avec moi jusqu'à aujourd'hui, et à qui je souhaite plus de succès.

A tous ceux que j'aime

ملخص

اجتذبت الدراسات حول التحسين الحراري للمباني الكثير من الاهتمام بسبب الطلب على حلول بناء مستدامة وموفرة للطاقة. تدرس هذه الأطروحة تحسين الراحة الحرارية في منزل سكني يقع في خميس مليانة، الجزائر. بفضل التحليل الكامل للظروف الحرارية الحالية، تم اقتراح استراتيجيات لتحسين الراحة الحرارية مع مراعاة الظروف المناخية المحلية. المقياس المقترح في هذه الحالة هو استخدام العزل وتحديد استخدام الصوف الصخري في الجدران الخارجية للمنزل. يتم تقييم فعالية هذه الاستراتيجية باستخدام عمليات المحاكاة، وال سيما مع برنامج Pleiades. تساهم النتائج في مجال العمارة المستدامة، حيث تقدم رؤى قيمة لمناطق مناخية مماثلة

الكلمات المفتاحية : تحسين الراحة الحرارية، الراحة الحرارية، العزل، برنامج Pleiades، العمارة المستدامة

Résumé

Les études sur l'amélioration thermique des bâtiments ont suscité beaucoup d'intérêt en raison de la demande de solutions de construction durables et efficaces sur le plan énergétique. Cette thèse étudie l'amélioration du confort thermique dans une maison résidentielle située à Khemis Miliana, en Algérie. Grâce à une analyse complète des conditions thermiques existantes, des stratégies sont proposées pour optimiser le confort thermique tout en tenant compte des conditions climatiques locales. La mesure proposée dans ce cas est l'utilisation de l'isolation, en particulier l'utilisation de laine de roche dans les murs extérieurs de la maison. L'efficacité de cette stratégie est évaluée à l'aide de simulations, notamment avec le logiciel Pleiades. Les résultats contribuent au domaine de l'architecture durable, en offrant des indications précieuses pour des régions climatiques similaires.

Mots clés : Amélioration thermique, Efficaces sur le plan énergétique, Confort thermique, Isolation, Logiciel Pleiades, Architecture durable.

Summary

Studies into the thermal improvement of buildings have attracted a great deal of interest due to the demand for sustainable, energy-efficient building solutions. This thesis studies the improvement of thermal comfort in a residential house located in Khemis Miliana, Algeria. Through a comprehensive analysis of existing thermal conditions, strategies are proposed to optimize thermal comfort while taking into account local climatic conditions. The measure proposed in this case is the use of insulation, in particular the use of rock wool in the exterior walls of the house. The effectiveness of this strategy is assessed by means of simulations, in particular using Pleiades software. The results contribute to the field of sustainable architecture, offering valuable pointers for similar climatic regions.

Key words : Thermal improvement, Energy-efficient, Thermal comfort, Insulation, Pleiades software, Sustainable architecture

Sommaire

INTRODUCTION GENERALE	1
I.1 Introduction	3
I.2 Confort Thermique.....	3
I.2.1 Facteurs Affectant Le Confort Thermique	3
I.2.1.1 Facteurs Environnementaux.....	4
A) - La Températures de L'air.....	4
B) - La température radiante.....	5
C) - l'humidité relative de l'air	6
D) - la vitesse de l'air	8
I.2.1.2 Facteurs personnels	10
A) - Le Taux Métabolique.....	10
B) - L'isolation des vêtements	11
I.3 Mesure du confort thermique	13
I.3.1 Questionnement direct des occupants.....	13
I.3.2. Méthodes pratiques :	14
I.3.2.1. Les capteurs environnementaux :	15
I.3.2.2. Capteurs corporels :	15
I.3.2.3. Cameras :.....	15
I.4. L'isolation thermique	15
I.5 Les types d'isolation thermique	16
I.6. Etat de l'art.....	18
II.1 Introduction	20
II.2 Situation Géographique	20
II.3 Présentation du site.....	21
II.3.1 Présentation de la wilaya	21
II.3.2 Présentation de la commune.....	22
II.3.3 Variation climatique à Ain Defla :	22
II.4 Présentation du projet.....	24
II.4.1 Description du logement étudié.....	24
II.4.2 Plan architecturale.....	25
II.4.3 Surface des pièces de la maison	27
II.5 Caractéristique du cas étudié	28
II.5.1 Composition des murs extérieurs	28

5.2. Composition des murs intérieures	28
II.5.3 Composition du plancher bas	29
II.5.4 Plancher intermédiaire.....	29
II. 5.5 Composition de la toiture	30
II.5.6 Description des ouvrants.....	30
II.6. Calcule le bilan Thermique.....	31
II.6.1 Déperdition totales	31
II.6.2 Déperdition transmission d'un volume	31
II.6.3 Déperdition renouvellement d'air	32
II.6.4 Calcule des déperditions de référence selon DTR.....	32
II.6.5 Calcule des déperditions de base.....	32
II.6.5.1 Calcule des déperditions surfaciques	32
II.6.5.2. Calcule des déperditions linéiques.....	33
II.6.6 Vérification réglementaire	34
II.7 Conclusion	34
III.1 Introduction	35
III.2 Présentation du logiciel.....	35
III.2.1 Pléiade	35
III.2.2 Péliades modeleur	35
III.2.3 Péliades bibliothèque.....	35
III.2.4 Péliades résultats	35
III.2.5 Meteonorm	36
III.3. Application du logiciel	36
III.3.1 Composition des parois.....	36
III.3.2. Types des ouvertures	38
III.5. Dessin du plan	40
III.5.1. Définir les zones.....	41
III.6. Les scenarios de fonctionnement	41
III.6.1 Occupation	41
III.6.2 Puissance dissipée.....	45
III.6.3 Chauffage et Rafraichissement.....	49
III.6.4 Ventilation.....	50
III.7. Lancement de la simulation	51
III.8. Proposition d'un composant d'une paroi avec isolation	51
III.8.1 Composition du mur extérieur avec l'isolation.....	52
III.8.2 Composition de la toiture avec l'isolation	52

III.9. Lancement de la simulation	52
IV.1 Introduction.....	53
IV.2. Variante 01	53
IV.2.1 Simulation sans consigne de thermostat cas initial.....	53
A) Semaine la plus chaude	54
B) Semaine la plus froide.....	55
IV.2.2 Simulation avec consigne de thermostat cas initial.....	55
A) Semaine la plus chaude	56
B) Semaine la plus froide	56
IV. 3 Variante 02.....	57
IV.3.1 Simulation sans consigne de thermostat avec isolation	57
A) Semaine la plus chaude	58
B) Semaine la plus froide	59
IV.3.2 Simulation avec consigne de thermostat avec isolation	59
A) Semaine la plus chaude	60
B) Semaine la plus froide	60
IV.4. Variante 03.....	61
IV.4.1. Simulation sans consigne de thermostat avec isolation.....	61
A) Semaine la plus chaude.....	62
B) Semaine la plus froide.....	63
IV.4.2 Simulation avec consigne de thermostat avec isolation	63
A) Semaine la plus chaude.....	64
B) Semaine la plus froide.....	64
IV.4 Confort thermique	65
IV.5. Evaluation énergétique de notre travail	66
IV.6 Conclusion.....	68
CONCLUSION GENERALE	69
REFERENCE	64

Liste des figures

Figure I.1 : Les facteurs environnementaux les plus importants affectant le confort thermique.....	3
Figure I.2 : Illustration des facteurs environnementaux affectant le confort thermique.....	4
Figure I.3 : Relation entre la température de l'air et la sensation thermique.....	5
Figure I.4 : Illustration de la température radiante moyenne sur différentes surfaces d'une chambre.....	6
Figure I.5 : Vote de confort thermique moyen avec différents niveaux de température de l'air et d'humidité relative.....	7
Figure I.6 : Acceptabilité de l'environnement thermique parmi toutes les conditions.....	7
Figure I.7 : Vitesse de l'air nécessaire pour compenser l'augmentation de la température ISO EN 7730 (ISO, 2005).....	8
Figure I.8 : Changements dans la sensation thermique humaine avec différentes vitesses d'air.....	9
Figure I.9 : Variance des Taux Métaboliques de Masse Corporelle (BMR) associée à des facteurs d'âge, de masse corporelle et de sexe.....	10
Figure I.10 : Comparaison de la moyenne des votes prévus calculé pour deux sujets ayant des activités différentes.....	11
Figure I.11 : Échelle de l'isolation des vêtements.....	12
Figure I.12 : Démonstration d'isolation intérieure et extérieure.....	16
Figure II.1 : Carte géographique de la wilaya d'Aïn Defla.....	21
Figure II.2 : Vitesse moyenne du vent à Aïn Defla.....	23
Figure II.3 : Température moyenne maximale et minimale à Aïn Defla.....	23
Figure II.4 : Température horaire moyenne à Aïn Defla.....	23
Figure II.5 : Niveaux de confort selon l'humidité à Aïn Defla.....	24

Figure II.6 : vue en plan rez-de-chaussée.....	25
Figure II.7 : vue en plan premier étage.....	26
Figure III .1 : composition du mur extérieur.....	36
Figure III .2 : composition du mur intérieur.....	36
Figure III .3 : composition du plancher bas.....	37
Figure III .4 : composition du plancher intermédiaire.....	37
Figure III .5 : composition de la toiture.....	37
Figure III .6 : type de fenêtre N°1.....	38
Figure III .7 : type de fenêtre N°2.....	38
Figure III .8 : type de fenêtre N°3.....	38
Figure III .9 : portail métallique.....	39
Figure III .10 : porte métallique.....	39
Figure III .11 : porte bois intérieure.....	39
Figure III .12/13 : fichier meteonorme.....	39
Figure III .14 : dessin plan niveau 0.....	40
Figure III .15 : dessin plan niveau 1.....	40
Figure III .16 : dessin en 3D.....	40
Figure III .17 : définition des zones.....	41
Figure III .18 : Scénario d'occupation pour la cuisine.....	41
Figure III .19 : Scénario d'occupation pour le hall.....	42
Figure III .20 : Scénario d'occupation pour le séjour.....	42
Figure III .21 : Scénario d'occupation pour la chambre.....	43
Figure III .22 : Scénario d'occupation pour la chambre 1.....	43
Figure III .23 : Scénario d'occupation pour la chambre 2.....	44
Figure III .24 : Scénario d'occupation pour la chambre 3.....	44
Figure III .25 : Scénario de la puissance dissipée de séjour.....	45
Figure III .26 : Scénario de la puissance dissipée du hall.....	45
Figure III .27 : Scénario de la puissance dissipée de la cuisine.....	46
Figure III .28 : Scénario de la puissance dissipée de sanitaire.....	46
Figure III .29 : Scénario de la puissance dissipée de la chambre.....	47

Figure III .30 : Scénario de la puissance dissipée de la chambre 1	47
Figure III .31 : Scénario de la puissance dissipée de la chambre 2.....	48
Figure III .32 : Scénario de la puissance dissipée de la chambre 3.....	48
Figure III .33 : Scénario de chauffage	49
Figure III .34 : Scénario de Rafraichissement.....	49
Figure III .35 : Scénario d'infiltration.....	50
Figure III .36 : Scénario de ventilation sans consigne de thermostat.....	50
Figure III .37 : composition du mur extérieur avec l'isolation	52
Figure III .38 : composition du mur extérieur avec l'isolation.....	52
Figure IV. 1 : Evolution de la température pendant la semaine la plus chaude pour chaque zone.....	54
Figure IV. 2 : Evolution de la température pendant la semaine la plus froide pour chaque zone.....	55
Figure IV. 3 : Evolution de la température pendant la semaine la plus chaude pour chaque zone.....	56
Figure IV. 4 : Evolution de la température pendant la semaine la plus froide pour chaque zone.....	56
Figure IV. 5 : Evolution de la température pendant la semaine la plus chaude pour chaque zone.....	58
Figure IV. 6 : Evolution de la température pendant la semaine la plus froide pour chaque zone.....	59
Figure IV. 7 : Evolution de la température pendant la semaine la plus chaude pour chaque zone.....	60
Figure IV. 8 : Evolution de la température pendant la semaine la plus froide pour chaque zone.....	60
Figure IV. 9 : Etiquette du classement énergétique.....	62
Figure IV. 10 : Evolution de la température pendant la semaine la plus froide pour chaque zone.....	63

Figure IV. 11 : Evolution de la température pendant la semaine la plus chaude pour chaque zone.....	64
Figure IV. 12 : Evolution de la température pendant la semaine la plus froide pour chaque zone.....	64
Figure IV. 13 : Etiquette du classement énergétique.....	67

Liste des Tableaux

Tableau I.1 : Valeurs I _{CL} et R _{CL} des ensembles vestimentaires typiques	12
Tableau I. 2 : Types d'isolation thermique.....	17
Tableau II. 1 : surface des piece.....	27
Tableau II.2: Composition des murs extérieurs.....	28
Tableau II.3 : Composition des murs intérieures.....	28
Tableau II.4 : Composition du plancher bas.....	29
Tableau II.5 : Plancher intermédiaire.....	29
Tableau II.6 : Composition de la toiture.....	30
Tableau II.7 : caractéristiques des portes	30
Tableau II.8 : caractéristiques des fenêtres.....	31
Tableau IV. 1 : Températures de la maison pour le cas initial sans consigne de thermostat	53
Tableau IV. 2 : Besoins énergétiques de la maison pour le cas initial avec consigne de thermostat	57
Tableau IV. 3 : Besoins énergétiques de la maison avec isolation sans consigne de thermostat	57
Tableau IV. 4 : Besoins énergétiques de la maison avec isolation avec consigne de thermostat	61
Tableau IV. 5 : Besoins énergétiques de la maison avec isolation sans consigne de thermostat	61
Tableau IV. 6 : Besoins énergétiques de la maison avec isolation avec consigne de thermostat	65
Tableau IV. 7 : Taux d'inconfort de chaque zone pour chaque variante.....	65
Tableau IV. 8 : Comparaison entre les besoins des deux variantes	66

INTRODUCTION GENERALE

Avec la demande de solutions de construction durables et économes en énergie en croissance constante, les études sur l'amélioration thermique des bâtiments résidentiels ont reçu beaucoup d'attention. Dans le cas de Khemis Miliana, une région qui connaît des climats différents entraîne des défis liés à l'efficacité énergétique, ce projet cherche à étudier l'efficacité énergétique d'une maison située dans cette commune et à proposer des stratégies efficaces pour l'améliorer, en se concentrant spécifiquement sur la mise en œuvre de l'isolation thermique.

L'isolation joue un rôle important dans l'amélioration de l'efficacité énergétique et du confort thermique d'une habitation. Elle réduit le transfert de chaleur à travers l'enveloppe du bâtiment, réduisant ainsi la perte de chaleur en hiver et le gain de chaleur en été. En étudiant les performances thermiques d'une maison à Khemis Miliana et en identifiant le potentiel d'isolation thermique, cette recherche vise à contribuer au développement de pratiques constructives durables adaptées aux enjeux climatiques de la région.

L'objectif principal de cette thèse est d'évaluer les conditions thermiques actuelles de la maison sélectionnée et d'identifier les zones où le transfert de chaleur est le plus important. L'étude comprendra la collecte de données qui fourniront des informations précieuses sur les faiblesses thermiques existantes de la maison étudiée et serviront de base à la conception de stratégies d'isolation efficaces.

Sur la base de l'analyse des données collectées, l'étude proposera des matériaux isolants appropriés pour résoudre les problèmes thermiques identifiés.

Pour évaluer l'efficacité des mesures d'isolation proposées, des simulations informatiques et des outils de modélisation énergétique seront utilisés. Ces outils permettront d'évaluer le comportement thermique de la maison dans différentes conditions climatiques et de quantifier les économies d'énergie potentielles découlant de la réalisation de l'isolation thermique.

Les résultats de cette thèse devraient fournir des informations pratiques sur l'amélioration thermique des bâtiments résidentiels à Khemis Miliana grâce à

l'isolation thermique. En démontrant les avantages et la faisabilité des interventions d'isolation, la recherche vise à promouvoir des pratiques de construction durables et économes en énergie dans la région. Les résultats de cette étude pourront servir de ressource précieuse pour les propriétaires, les architectes et les décideurs politiques, leur permettant de prendre des décisions éclairées concernant la mise en œuvre de l'isolation thermique dans les projets de construction existants et futurs.

CHAPITRE 01

GENERALITE ET ETAT DE L'ART SUR LE CONFORT THERMIQUE

I.1 Introduction

La haute consommation énergétique des bâtiments non industriels qui peut arriver jusqu'à 70% de la consommation totale est, dans la plupart des cas, le résultat ou la conséquence de la nécessité des occupants à apporter un meilleur confort thermique à leur habitat. Ce phénomène montre que le besoin de pratiques de construction plus raisonnables et bien pensées doit être satisfait, afin d'éviter de le reproduire avec chaque année qui passe.

I.2 Confort Thermique

Le confort thermique fait référence à la sensation ou à l'état dans lequel les occupants d'un bâtiment connaissent un équilibre ou une régularité entre les deux extrémités (haute/basse) de la température interne [1].

C'est une évaluation subjective de la perception de l'atmosphère thermique et reflète son sentiment de neutralité par rapport à un environnement thermique donné [2].

Le maintien du confort thermique pour les occupants d'un bâtiment ou d'une autre enceinte est l'un des objectifs les plus importants des concepteurs de CVC (chauffage, ventilation et climatisation).

I.2.1 Facteurs Affectant Le Confort Thermique

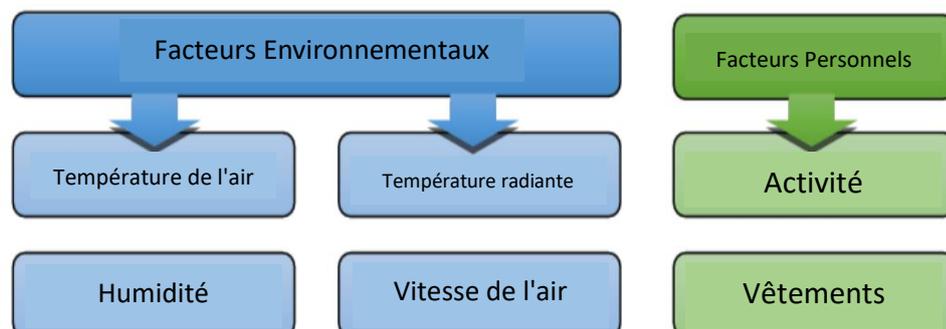


Figure I.1 : Les facteurs environnementaux les plus importants affectant le confort thermique [3].

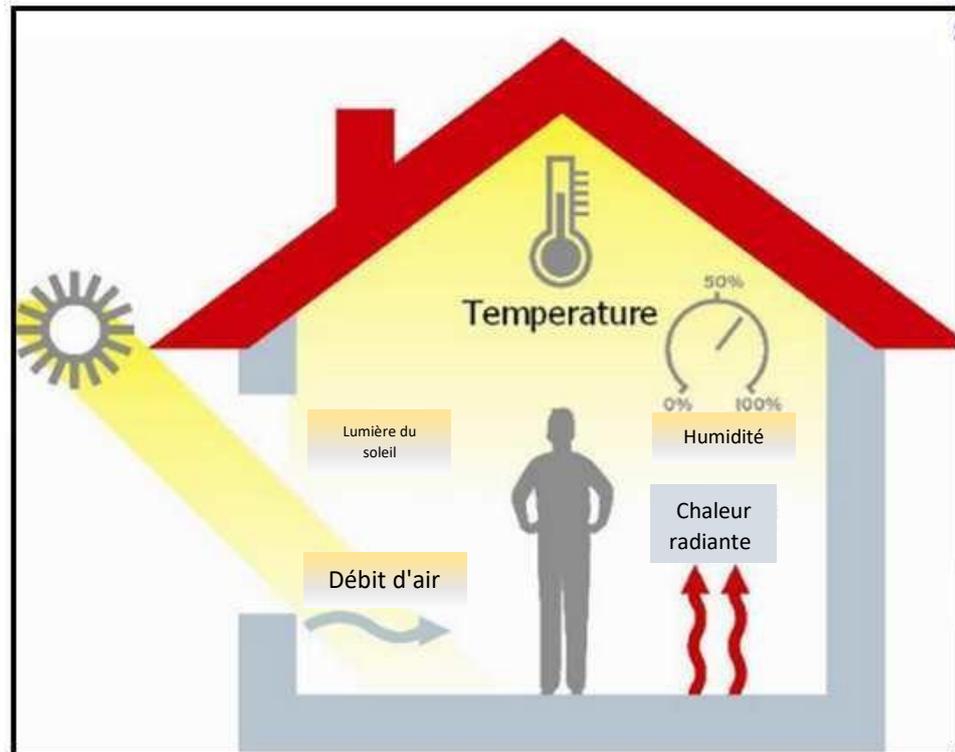


Figure I.2 : Illustration des facteurs environnementaux affectant le confort thermique [3].

I.2.1.1 Facteurs Environnementaux

A) - La Température de L'air

La température cutanée (de la peau) du locataire est fortement influencée par la température de l'air et le transfert de chaleur qui se produit entre la personne et l'environnement. De ce fait, le confort thermique des occupants est directement influencé par la température de l'air [4].

Les effets de la température de l'air sur le confort thermique ont été largement étudiés et il a été constaté que la plage de température optimale pour le confort thermique se situe entre 25°C et 26°C, cette plage peut changer radicalement en fonction des changements de température rencontrés dans les environnements de test [4] [5].

Le bien-être des occupants est déterminé par le niveau d'inconfort amené par une température de l'air trop élevée ou trop basse [4].

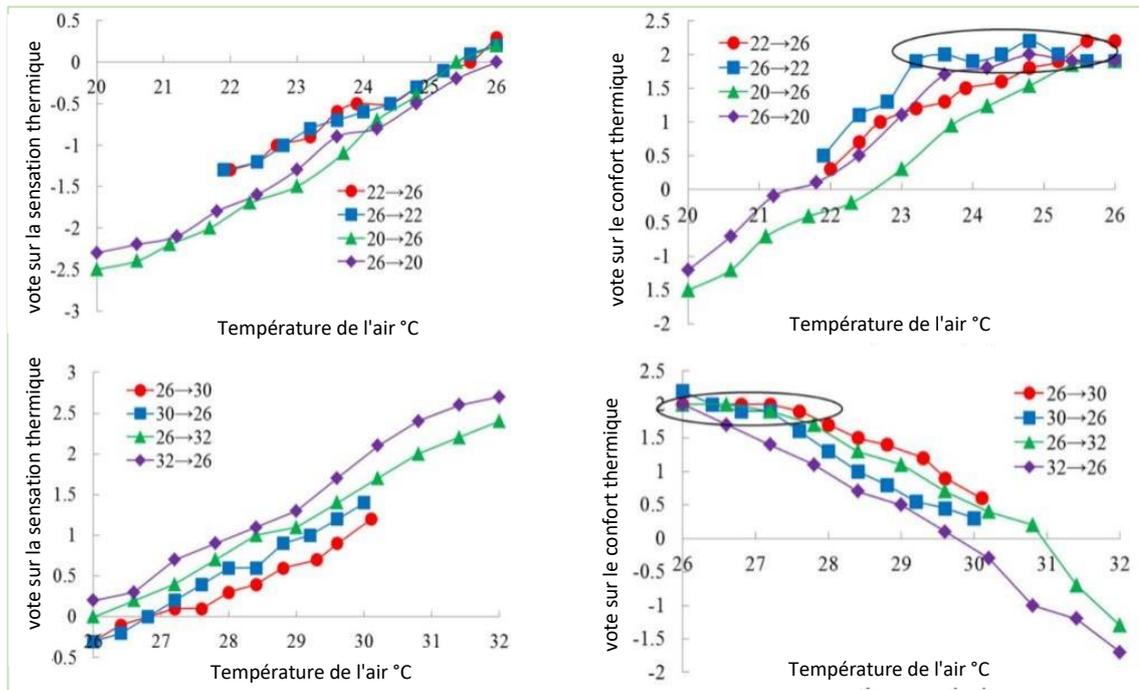


Figure I.3 : Relation entre la température de l'air et la sensation thermique [4].

Lorsque les occupants subissent des températures de l'air élevées, ils sont exposés à certains effets tels que :

- Stress thermique.
- Déshydratation.
- Fatigue.

En revanche, lorsqu'ils connaissent des basses températures, ils peuvent être sous l'effet de :

- L'inconfort.
- Frissons.
- Dexterité réduite.

B) - La température radiante

La température radiante est la température des surfaces qui entourent une personne, et c'est un facteur important dans la détermination du confort thermique intérieur [6]. C'est un paramètre physique utilisé pour évaluer la satisfaction de la condition thermique ambiante.

La température radiante est un paramètre environnemental important qui affecte les performances du bâtiment et le confort thermique des occupants [7].

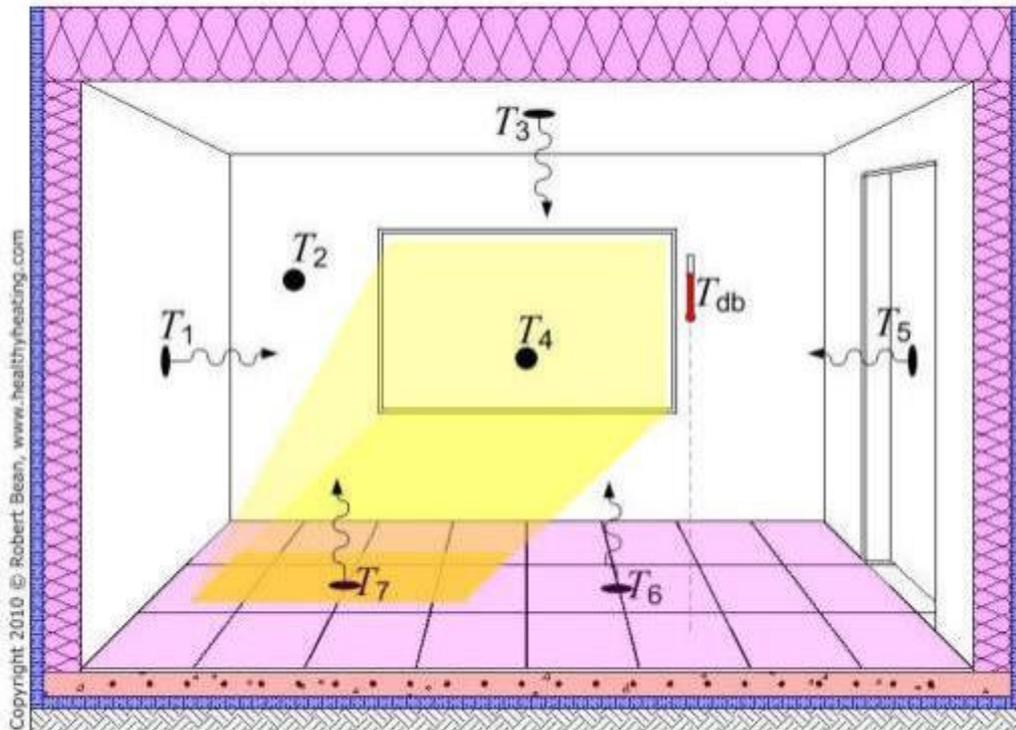


Figure I.4 : Illustration de la température radiante moyenne sur différentes surfaces d'une chambre [8].

L'effet du transfert de chaleur radiatif sur le confort thermique a été exploré, mais il reste un mécanisme relativement inexploité pour les gains d'efficacité. Le contrôle des flux de chaleur radiative dans les espaces intérieurs peut aider à maintenir le confort thermique [9].

Une température radiante élevée peut provoquer des différences locales entre les segments du corps et affecter la surface intérieure [10].

C) - l'humidité relative de l'air

L'humidité relative est une mesure de la quantité de vapeur d'eau contenue dans un mélange eau-air par rapport à la quantité maximale possible [11]. Elle est exprimée en pourcentage et est relative à la température de l'air. En d'autres termes, il s'agit d'une mesure de la quantité réelle de vapeur d'eau dans l'air par rapport à la quantité totale de vapeur qui peut exister dans l'air à sa température actuelle [12]. Alors que l'humidité absolue est une mesure de la quantité réelle de vapeur d'eau dans l'air, quelle que soit la température de l'air, l'humidité relative est une mesure de la quantité réelle de vapeur d'eau dans l'air par rapport à la température de l'air [12].

L'humidité relative peut avoir un impact sur le confort thermique, mais l'effet est modeste lorsque la température de l'air se situe dans la plage de confort [13].

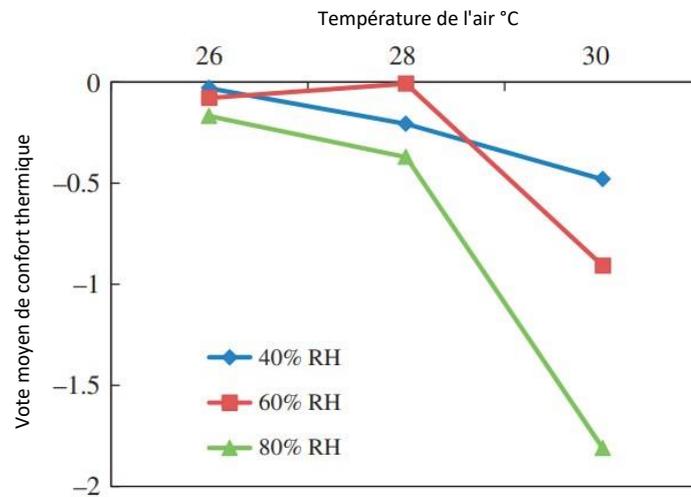


Figure I.5 : Vote de confort thermique moyen avec différents niveaux de température de l'air et d'humidité relative [13].

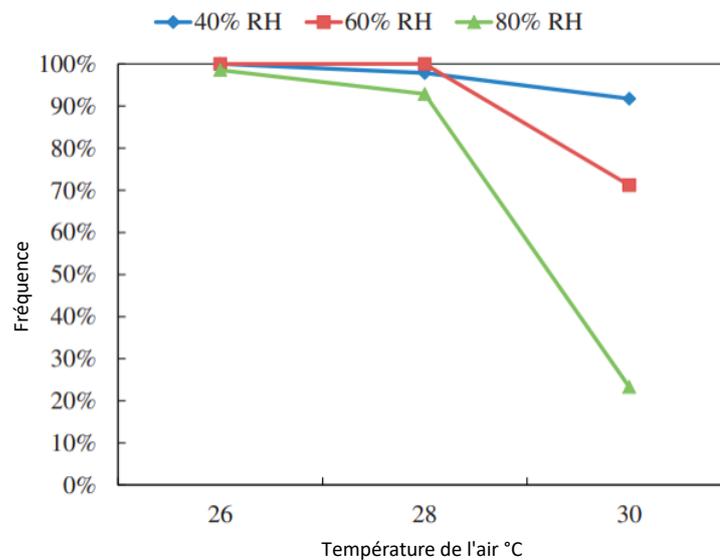


Figure I.6 : Acceptabilité de l'environnement thermique parmi toutes les conditions [13].

Lorsque la température de l'air, la vitesse de l'air et la température de rayonnement se situent dans une plage confortable, l'humidité a peu d'effet sur le confort thermique humain [14]. Cependant, une humidité et une température de l'air plus élevées intensifient la sensation thermique et réduisent la transpiration et l'évaporation de la capacité du corps, ce qui peut entraîner un inconfort [15]. Il est

admis depuis longtemps que les sensations thermiques de confort sont affectées par l'humidité relative et qu'à confort égal, une température plus élevée est nécessaire pour compenser une humidité relative moindre [16]. L'humidité a peu d'effet sur la sensation de chaleur à moins que la peau ne soit moite de sueur [13].

D) - la vitesse de l'air

La vitesse de l'air fait référence à la vitesse à laquelle l'air se déplace dans un espace. C'est un facteur important de confort thermique, en particulier dans les climats chauds et humides où une vitesse d'air suffisante est nécessaire pour assurer le confort thermique [17].

La vitesse de l'air peut être affectée par divers facteurs, tels que la taille et la configuration des ouvertures dans les bâtiments à ventilation transversale [17], l'utilisation de ventilateurs de plafond et de fenêtres ouvrantes dans les immeubles de bureaux à fonctionnement libre [18], et la hauteur des bâtiments par rapport à la température et vitesse de l'air intérieur [19].

La vitesse de l'air peut avoir un impact significatif sur le confort thermique des bâtiments. Une vitesse d'air élevée est généralement souhaitée pour rétablir les exigences de confort à des températures plus élevées [20].

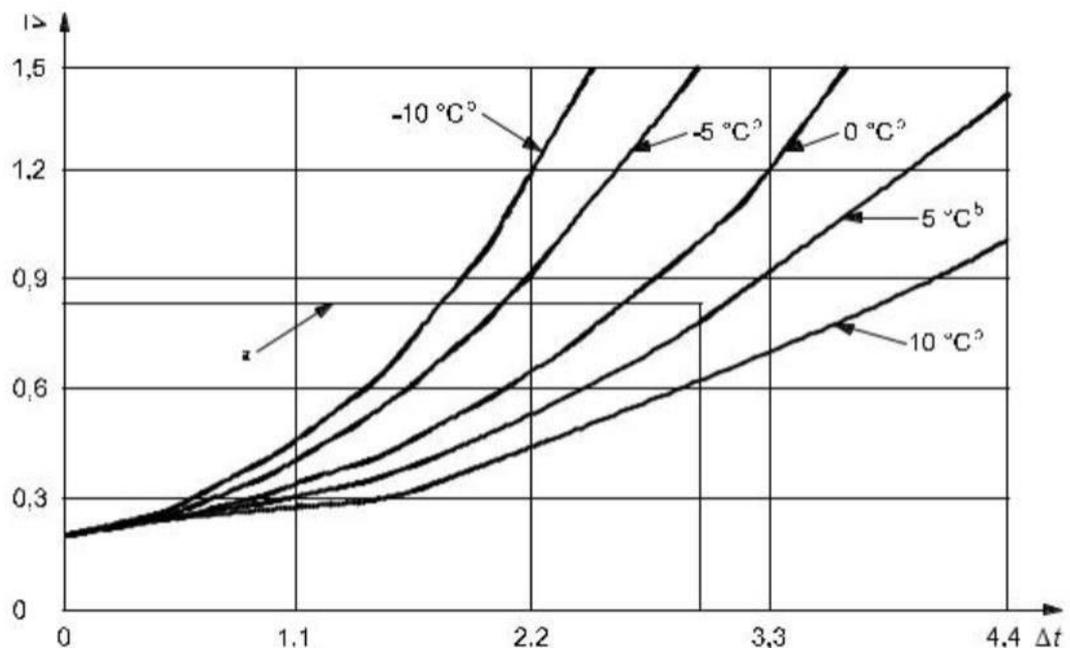


Figure I.7 : Vitesse de l'air nécessaire pour compenser l'augmentation de la température [21].

L'effet de la vitesse de l'air sur le confort thermique dépend de la température de l'environnement. Une vitesse d'air élevée peut améliorer le confort thermique dans un environnement non uniforme, mais elle peut également augmenter l'écart entre le neutre thermique et le confort [22].

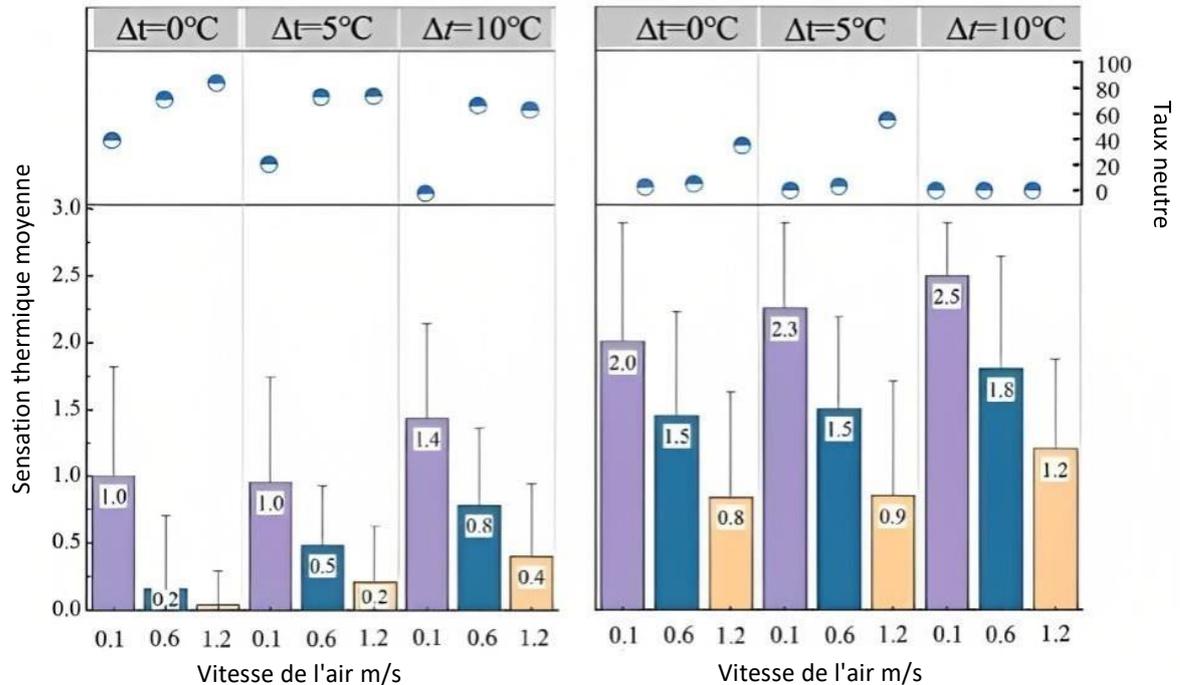


Figure I.8 : Changements dans la sensation thermique humaine avec différentes vitesses d'air [22].

Lorsque les vitesses du flux d'air sont comprises entre 1 m/s et 2 m/s, le confort thermique peut être atteint. L'augmentation des vitesses d'écoulement d'air au-dessus de 2 m/s ne ferait que réduire les niveaux de confort thermique élevés [23].

L'augmentation de la vitesse de l'air permet un confort thermique à des températures plus élevées, et cela est mis en œuvre dans des normes telles que ANSI/ASHRAE 55 et ISO 7730 [24]. Il est également plus efficace sur le plan énergétique d'augmenter la vitesse de l'air que de diminuer la température ambiante en refroidissant. Cependant, des variations individuelles du confort thermique existent.

I.2.1.2 Facteurs personnels

A) - Le Taux Métabolique

L'un des aspects les plus importants pour déterminer le confort thermique d'une personne est son taux métabolique, qui mesure la quantité de chaleur que son corps produit à l'intérieur [25].

Les besoins énergétiques de l'homme ou la production de chaleur peuvent être décomposés en différentes composantes, ce qui est un point crucial dans cette discipline. L'une d'entre elles, le taux métabolique de base (BMR), symbolise l'énergie nécessaire à la vie, notamment au maintien de la température corporelle et des activités cardiaques et respiratoires. Après 10 à 12 heures de jeûne et 8 heures de repos physique, le BMR est normalement calculé lorsque le sujet est éveillé et en décubitus dorsal. L'âge, le sexe, la taille et la composition corporelle sont les principaux déterminants du BMR, qui représente généralement 45 % à 70 % de la dépense énergétique quotidienne [25].

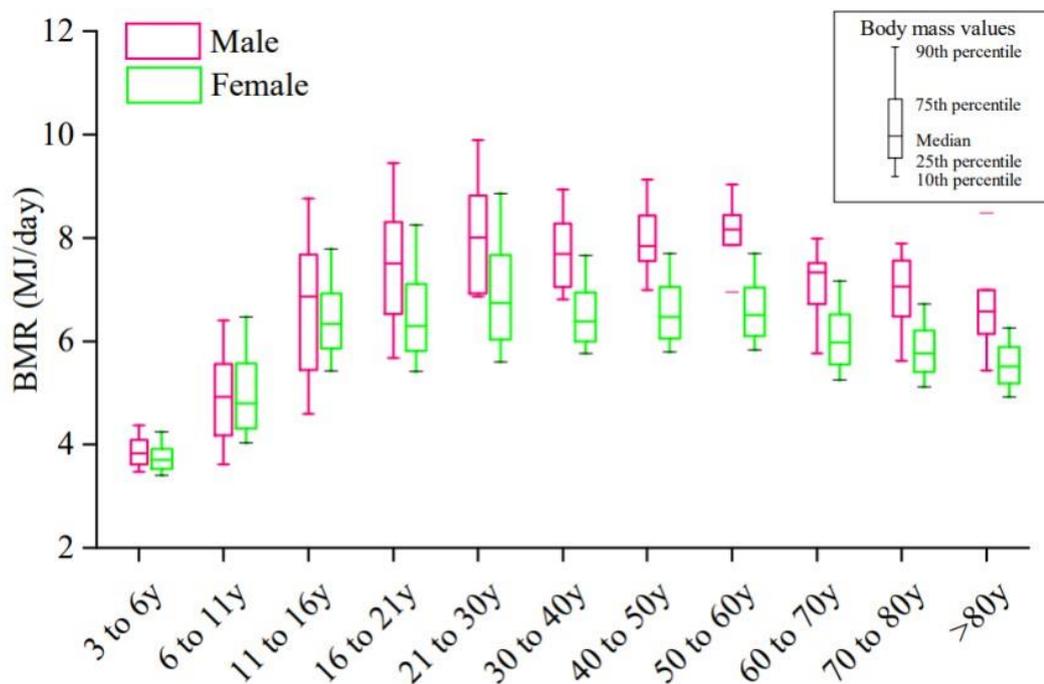


Figure I.9 : Variance des Taux Métaboliques de Masse Corporelle (BMR) associée à des facteurs d'âge, de masse corporelle et de sexe [25].

L'impact du taux métabolique sur le confort thermique a été analysé dans des études, et il a été constaté qu'il peut influencer le vote moyen prévu (PMV), qui est une mesure du confort thermique [26].

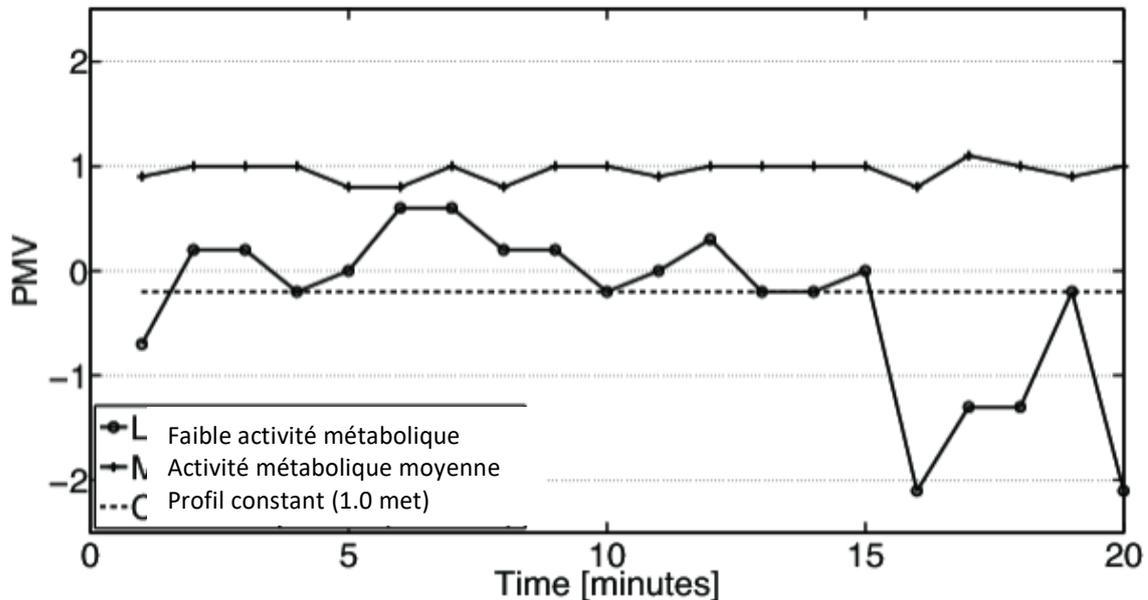


Figure I.10 : Comparaison de la moyenne des votes prévus calculé pour deux sujets ayant des activités différentes [26].

Par conséquent, lors de la conception de bâtiments économes en énergie et confortables, le niveau d'activité physique lié au taux métabolique corporel doit être pris en compte pour garantir que les occupants sont confortables et productifs.

B) - L'isolation des vêtements

L'habillement est l'un des six facteurs majeurs qui affectent le confort thermique des personnes dans les bâtiments [27].

Les vêtements peuvent aider le corps humain à contrôler les échanges de chaleur avec l'environnement et à maintenir un système d'équilibre thermique, ce qui se traduit par des conditions de confort thermique [27]. L'isolation thermique des vêtements est largement affectée par les propriétés structurelles et physiques du tissu, telles que le type de fibre, l'épaisseur et la superposition [28][29]. C'est un paramètre important pour l'évaluation individuelle du confort thermique [29].

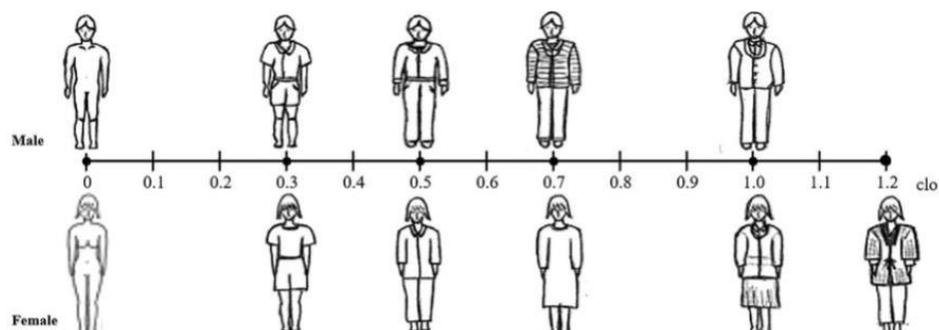


Figure I.11 : Échelle de l'isolation des vêtements [30].

Tableau I.1 : Valeurs I_{CL} et R_{CL} des ensembles vestimentaires typiques [31].

Ensemble de vêtements	I_{CL} , clo	R_{CL} (m^2K/W)
HOMME		
Chaussettes fraîches, sous-vêtements masculins, chaussures, chemise en tissu s.s., pantalon frais.	0.42	0.065
Chaussettes chaudes, sous-vêtements masculins, chaussures, chemise tissée s.s., pantalon frais.	0.42	0.065
Chaussettes fraîches, sous-vêtements masculins, chaussures, chemise tricotée s.s. cool, pantalon frais.	0.55	0.085
Chaussettes fraîches, sous-vêtements masculins, maillots de corps, chaussures, chemise tissée c.s., pantalon frais.	0.51	0.079
Chaussettes fraîches, sous-vêtements masculins, maillot de corps, chaussures, chemise tissée c.s., veste chaude, pantalon frais.	0.73	0.113
Chaussettes fraîches, sous-vêtements masculins, maillot de corps, chaussures, chemise tissée c.s., veste chaude, pantalon frais.	0.31	0.048
Chaussettes fraîches, sous-vêtements masculins, maillots de corps, chaussures, chemise tissée c.s., veste chaude, pantalon frais.	0.77	0.119
Chaussettes fraîches, sous-vêtements masculins, maillots de corps, chaussures, chemise tissée en acier inoxydable, veste chaude, pantalon chaud.		
FEMME		
	0.21	0.032

Robe cool, collants, sous-vêtements féminins, chaussures.	0.30	0.046
	0.49	0.076
Pull s.s. cool, robe cool, collants, sous-vêtements féminins, chaussures.	0.41	0.063
Robe chaude, collants, sous-vêtements féminins, chaussures.	0.64	0.099
Jupe chaude, chemisier i.s. chaud, collants, sous-vêtements féminins, chaussures.	0.77	0.119
Pull-over chaud, jupe chaude, chemisier chaud, collants, sous-vêtements féminins, chaussures.	0.59	0.091
Pull-over i.s. chaud, pantalon chaud, chemisier i.s. chaud, collants, sous-vêtements féminins, chaussures.		
Pull-over chaud, pantalon chaud, collants, sous-vêtements féminins, chaussures.		

Avec :

I_{CL} : isolation thermique des vêtements, clo.

R_{CL} : isolation des vêtements, m^2K/W .

I.3 Mesure du confort thermique

I.3.1 Questionnement direct des occupants

L'interrogation directe des occupants sur leur sensation thermique et de qualité de l'air est une méthode utilisée pour mesurer le confort thermique dans les bâtiments [32]. Cette méthode consiste à interroger les occupants sur leur niveau de confort ou d'inconfort avec la température de leur environnement. C'est une méthode subjective qui peut fournir des informations précieuses sur la perception qu'ont les occupants de l'environnement intérieur.

Nous pouvons estimer que les avantages de cette méthode sont multiples :

Premièrement, il fournit une évaluation subjective du confort thermique, ce qui est important car le confort thermique est une expérience hautement subjective.

Deuxièmement, il permet un retour en temps réel sur le confort thermique, qui peut être utilisé pour ajuster l'environnement intérieur afin d'améliorer le confort des occupants.

Troisièmement, il peut fournir des informations sur les facteurs qui influencent le confort thermique, tels que la température de l'air, l'humidité et la vitesse de l'air, qui peuvent être utilisés pour éclairer la conception des bâtiments et les systèmes CVC.

Quatrièmement, il peut être utilisé pour évaluer l'efficacité des systèmes CVC et de la conception des bâtiments en matière de confort thermique.

Enfin, il permet d'évaluer l'impact du confort thermique sur la santé, la productivité et le bien-être des occupants.

Cependant, l'interrogation directe des occupants pour la mesure du confort thermique présente certaines limitations :

La perception du confort thermique est subjective et peut varier d'un individu à l'autre, ce qui peut conduire à des résultats incohérents.

De plus, les occupants peuvent ne pas être en mesure de décrire avec précision leur sensation thermique, surtout s'ils ne sont pas familiers avec la terminologie utilisée pour décrire le confort thermique.

Par ailleurs, l'interrogation directe ne peut se faire qu'à un moment précis et peut ne pas refléter le confort thermique des occupants sur une période prolongée.

Enfin, l'interrogation directe est limitée aux environnements intérieurs et ne permet pas de mesurer le confort thermique dans les espaces extérieurs.

1.3.2. Méthodes pratiques :

Même s'il est utile de demander à chaque personne de répondre à un questionnaire sur leurs propre confort thermique, cela peut s'avérer peu pratique et fastidieux. C'est pourquoi les scientifiques se sont efforcés de mettre au point des mesures de substitution qui peuvent être mesurées automatiquement à l'aide de divers capteurs [27].

I.3.2.1. Les capteurs environnementaux :

Par exemple, le modèle VMP-PPD calcule le vote moyen prédit (VMP) de la perception thermique moyenne d'un groupe de personnes à l'aide de la température de l'air, de la température radiante moyenne, de la vitesse de l'air, de l'humidité et de variables humaines. Le pourcentage de personnes susceptibles d'être insatisfaites de leur environnement thermique est déterminé par le pourcentage prédit d'insatisfaction (PPD), qui utilise le PMV [27].

I.3.2.2. Capteurs corporels :

Les capteurs de température de la peau peuvent être utilisés pour mesurer la température de la peau des extrémités supérieures (doigt, main, avant-bras) et étudier comment ces températures sont liées à la perception thermique. L'emplacement des capteurs de température sur le corps a également été expérimenté dans diverses configurations, ce qui a permis d'identifier les dispositions les plus efficaces [27].

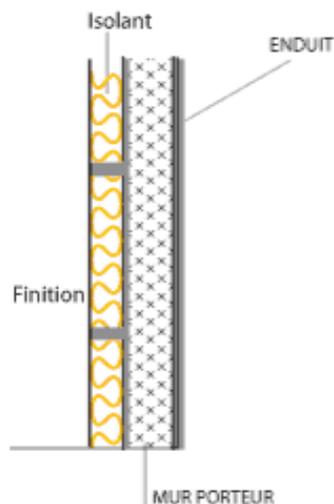
I.3.2.3. Caméras :

Des chercheurs ont récemment étudié l'utilisation de caméras pour prédire le confort thermique grâce aux progrès de la vision industrielle. La perception thermique et le confort thermique des personnes ont été corrélés à la température moyenne du front à partir d'images infrarouges (IR). Une autre méthode consiste à utiliser le processus de thermorégulation humaine et à filtrer les images RVB en lumière visible à l'aide de l'algorithme d'agrandissement vidéo eulérien pour prédire les états de thermorégulation, ce qui constitue une mesure du confort thermique [27].

I.4. L'isolation thermique

L'isolation thermique est un processus de réduction du transfert de chaleur entre des objets ou des espaces. Cela implique l'utilisation de matériaux à faible conductivité thermique, tels que la fibre de verre, la cellulose ou la mousse, pour réduire les pertes ou les gains de chaleur à travers les murs (à l'intérieure et à l'extérieure), les toits et les sols [33].

ISOLATION par l'intérieur des murs



ISOLATION par l'extérieur des murs

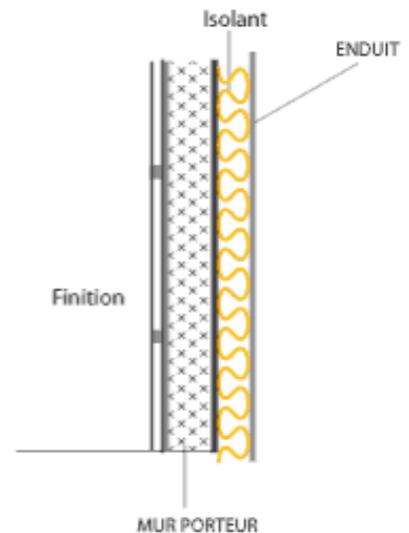


Figure I.12 : Démonstration d'isolation intérieure et extérieure [34].

Le principe d'isolation thermique est basé sur le remplacement d'un chemin de flux de chaleur court, qui a une faible résistance thermique par une résistance thermique durable et élevée [35].

Elle a pour but de maintenir une température intérieure confortable et d'améliorer l'efficacité énergétique. Les matériaux d'isolation thermique permettent aux systèmes d'atteindre une efficacité énergétique en limitant la conduction, la convection et/ou le rayonnement tout en remplissant une ou plusieurs fonctions.

Ces fonctions peuvent varier dans le contexte de la conception thermique, des simulations numériques et d'un large éventail de problèmes d'ingénierie, tels que la détermination de la perte de chaleur, du champ de température, de l'isolation et de la conservation du refroidissement, et dans une variété d'autres technologies.

Les matériaux d'isolation thermique peuvent être créés sous plusieurs formes, notamment la forme poreuse, la forme de couverture ou de matelas, la forme rigide, la forme naturelle, la structure en mousse et la structure réfléchissante [33].

I.5 Les types d'isolation thermique

Il existe plus de 40 types enregistrés de matériaux d'isolation thermique provenant de différentes régions du monde. Ces matériaux peuvent être divisés en deux

grands groupes : les isolants organiques (c'est-à-dire à base de carbone) et les isolants inorganiques (c'est-à-dire dépourvus de liaisons carbone-hydrogène, minéraux). Les deux classifications précédentes peuvent être subdivisées en isolants naturels et synthétiques sur la base de l'approvisionnement et du traitement des matières premières [36].

Le tableau ci-dessous montre un certain nombre de types d'isolation thermique chacun dans sa propre catégorie : [36]

Tableau I. 2 : Types d'isolation thermique [36].

Inorganique (minéral)		Organique (à base de carbone)	
Synthétique	Naturel	Synthétique	Naturel
Aérogel	Argile Expansée	Polystyrène Expansé	Fibre Cellulosique
Mousse de silicate de calcium	Mica Expansé	Polystyrène Extrudé	Fibre de Coton
Verre Cellulaire	Perlite Expansée	Mousse de Mélamine	Fibre de Lin
Verre Moussé	Vermiculite Expansée	Mousse Phénolique	Fibre de Chanvre
Laine de Verre	Briques de Terre Cuite Isolantes	Fibres de Polyester	Chanvre-chaux (organique et inorganique)
Mousse de plâtre	Pierre Ponce	Mousse de Polyéthylène	Panneau de Liège Isolant

Outre les matériaux isolants répertoriés dans le tableau, plusieurs matériaux d'isolation avancés sont disponibles, notamment des matériaux d'isolation transparents, des panneaux d'isolation sous vide et des isolations thermiques commutables [36].

I.6. Etat de l'art

Mémoire n°01: Amélioration de l'efficacité énergétique du centre de Recherche CRAPC LAIFA KHEIREDDINE et YAMNAINE YACINE, 2019-2020).

Objectif : - Comment peut-on améliorer l'efficacité énergétique du centre ?

Résultats: - D'améliorer les conditions du confort thermique à l'intérieur du centre. - Réduction de la consommation de chauffage et climatisation au 45.65%, grâce aux solutions passives, l'isolation intérieure et extérieure (panneau solaire).

Mémoire n°02: ETUDE THERMIQUE D'UN HOPITAL (HAMMOUMA Thanina et MAGRAOUI Chaima, 2019-2020). Objectif: -étude thermique a été faite dont le but d'étudier la performance énergétique d'une unité chirurgicale dans la région de Tipaza.

Résultats: - après renforcement de l'isolation et choix judicieux du type d'ouvertures, le bâtiment a pu vérifier les exigences réglementaires selon le Document Technique Réglementaire et a permis de réduire sa consommation énergétique.

Article N°1

Architecture et confort thermique dans les zones arides Application au cas de la ville de Béchar ,

Présente par : A Mokhtari, K. Brahimi et R. Benziada, Vol. 11 N°2 (2008) 307 – 315, Université des Sciences et de la Technologie Mohamed Boudiaf , 2008.

Résumé - Cet article traite de la relation entre conception architecturale et confort climatique des usagers sans recours total ou partiel au conditionnement mécanique des locaux. Y sont présentés les principes de base de l'architecture bioclimatique et de l'art de construire, ainsi que des données relatives au climat saharien avec focalisation sur la ville de Béchar. La comparaison entre les valeurs simulées et les observations, en Janvier et Juillet, dans une maison individuelle de type F3 dans la zone sud-ouest de Béchar montre que l'on peut, presque atteindre le niveau de confort thermique requis par un choix judicieux des matériaux de construction, de la forme du bâtiment, de l'orientation et les dimensions des ouvertures. L'investissement supplémentaire nécessaire est rapidement amorti par les gains réalisés sur la facture énergétique.

Article N°2

INVESTIGATION SUR L'INTEGRATION CLIMATIQUE DANS LA MAISON TRADITIONNELLE DU KSAR DE OUARGLA

Présente par : Abdou et Mr.boumaza , Sciences & Technologie B – N°21, Juin (2004), pp. 121-129

Résumé : Cet article présente une investigation sur l'intégration du facteur climatique dans la conception globale d'une maison traditionnelle située dans le Ksar de Ouargla. L'objectif de l'étude est d'évaluer l'impact réel du climat sur la construction, en tenant compte de facteurs tels que la forme, l'implantation dans le site et les techniques de construction utilisées. Une méthodologie expérimentale a été employée, impliquant le calcul des températures de l'air et de l'humidité relative pour définir la zone de confort pendant les mois de janvier et d'août. Les résultats ont révélé un écart positif de 4°C entre les températures moyennes de 20h et 10h, ainsi qu'un apport énergétique provenant de la toiture. En l'absence de ventilation transversale nocturne, l'écart entre la température extérieure et intérieure augmente avec l'élévation de la température extérieure moyenne. L'utilisation d'eau pour rafraîchir le sol, l'ouverture des portes pour aérer et évacuer l'air chaud de la nuit contribuent à une augmentation de l'humidité entre 6h et 10h. La température intérieure moyenne est élevée en raison de l'inertie des parois de l'enveloppe et du manque de ventilation pour refroidir la structure.

CHAPITRE II

ETUDE ET PRESENTATION DU CAS

II.1 Introduction

La compréhension des données climatiques est en effet cruciale pour élaborer une stratégie énergétique efficace. Les conditions météorologiques, telles que la température, l'humidité, les précipitations et la vitesse du vent, ont une influence importante sur les besoins énergétiques d'un bâtiment ou d'une installation, ainsi que sur les sources d'énergie disponibles.

En collectant et en analysant les données climatiques historiques d'une région ou d'un site spécifique, les experts peuvent comprendre les tendances climatiques et prédire les conditions météorologiques futures. Cela peut aider à déterminer les besoins en énergie et les sources d'énergie appropriées pour répondre à ces besoins.

II.2 Situation Géographique

La wilaya **d'Aïn Defla** est située au centre de l'Algérie, à environ 145 km au sud-ouest de la capitale Alger. Elle s'étend sur une superficie de 4 897 km².

La wilaya est limitée par la wilaya de Tipaza au nord et la wilaya de Médéa et de Chlef à l'est. La ville d'Ain Defla est située dans un rétrécissement de la vallée du Chellif, entre la Dahra au nord et le Djebel Doui qui annonce le massif de l'Ouarsenis au sud. La wilaya d'Aïn Defla est caractérisée par une position géographique stratégique et se présente comme un carrefour entre le nord et le sud, l'est et l'ouest du pays. [37]

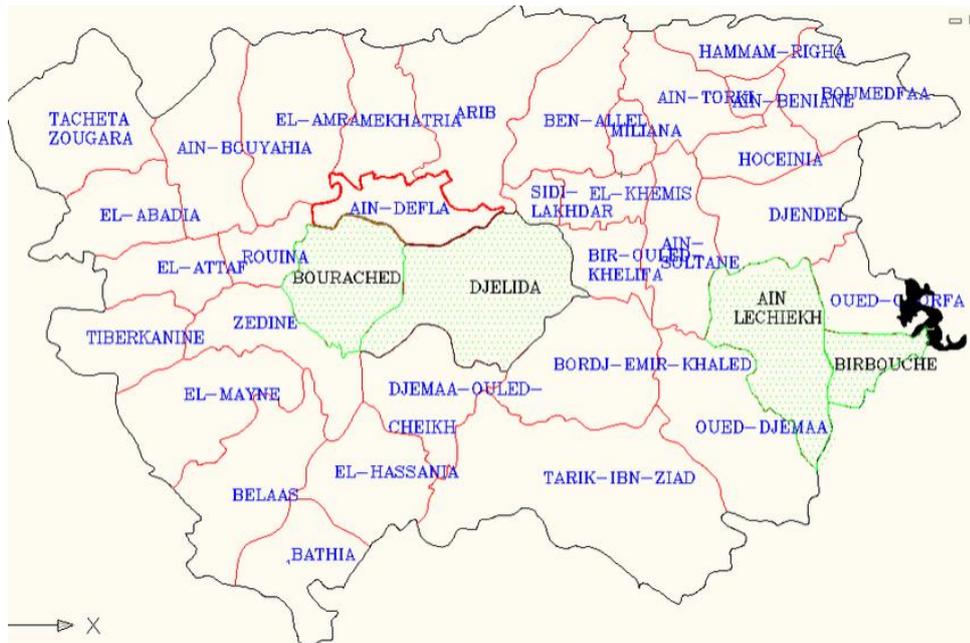


Figure II.1 : Carte géographique de la wilaya d'Ain Defla [37]

II.3 Présentation du site

II.3.1 Présentation de la wilaya

La wilaya d'Ain Defla a un climat méditerranéen semi-aride avec un caractère de continentalité très marqué et un écart de température de 20°C entre les températures du mois de janvier et celles du mois de juillet. La région est caractérisée par des étés chauds et secs et des hivers doux et humides. La température moyenne annuelle est d'environ 18°C. La wilaya d'Ain Defla est également connue pour ses variations thermiques importantes, avec des températures qui peuvent atteindre 40°C en été et descendre jusqu'à 0°C en hiver. La région est également sujette à des phénomènes climatiques extrêmes tels que les sécheresses et les inondations. [38]

Les coordonnées de la wilaya d'Ain Defla sont 36.2667° N, 1.9667° E.

II.3.2 Présentation de la commune

La commune de Khemis Miliana située à environ 60 km à l'ouest de la ville de Blida et à environ 120 km au sud-ouest de la capitale Alger a une surface 41 km². La ville est entourée de montagnes, notamment la chaîne de l'Ouarsenis au sud et la chaîne de la Dahra au nord. Elle est également traversée par la rivière Chellif, qui est une importante source d'eau pour l'agriculture de la région. Khemis Miliana est une ville stratégique en termes de position géographique, car elle se trouve sur la route nationale N4, qui relie la côte méditerranéenne à l'intérieur du pays, et à une altitude de 320 mètres au-dessus du niveau de la mer. [38]

Les coordonnées géographiques de Khemis Miliana sont les suivantes :

- Latitude : 36.2621° N
- Longitude : 2.2139° E
- Altitude : environ 320 mètres au-dessus du niveau de la mer.

II.3.3 Variation climatique à Ain Defla :

La wilaya d'Ain Defla est sujette à des variations climatiques importantes, Les températures peuvent atteindre 40°C en été et descendre jusqu'à 0°C en hiver, avec une variation thermique de 20°C entre les températures du mois de janvier et celles du mois de juillet. La région est caractérisée par un climat méditerranéen semi-aride avec un caractère de continentalité très marqué. Les étés sont chauds et secs, tandis que les hivers sont doux et humides. Les précipitations sont concentrées sur les mois d'hiver, avec une moyenne annuelle de 500 mm. [39]

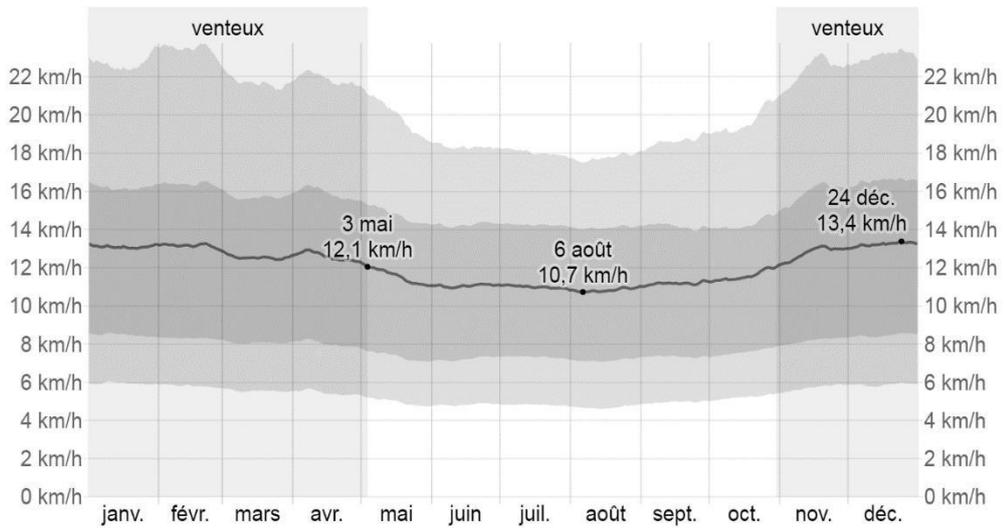


Figure II.2 : Vitesse moyenne du vent à Aïn Defla [39]

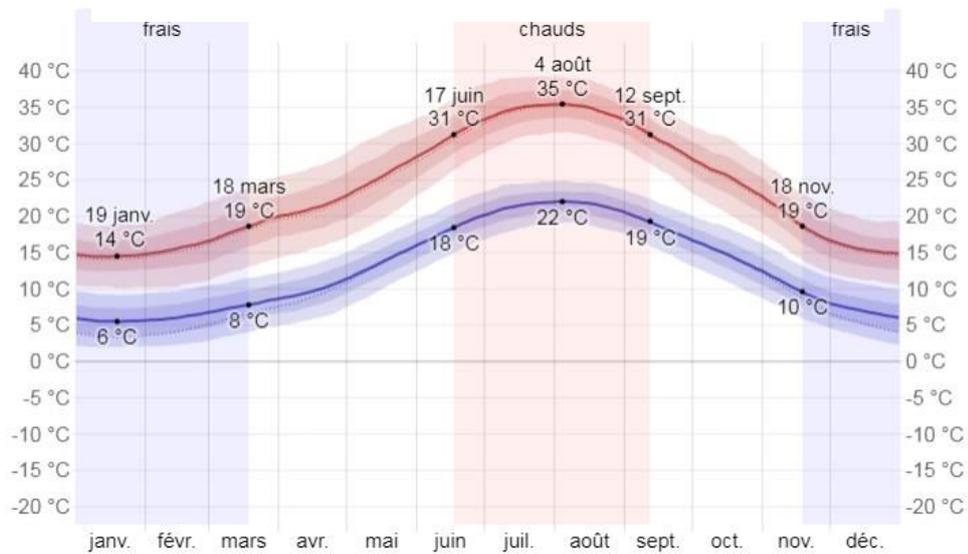


Figure II.3 : Température moyenne maximale et minimale à Aïn Defla [39]

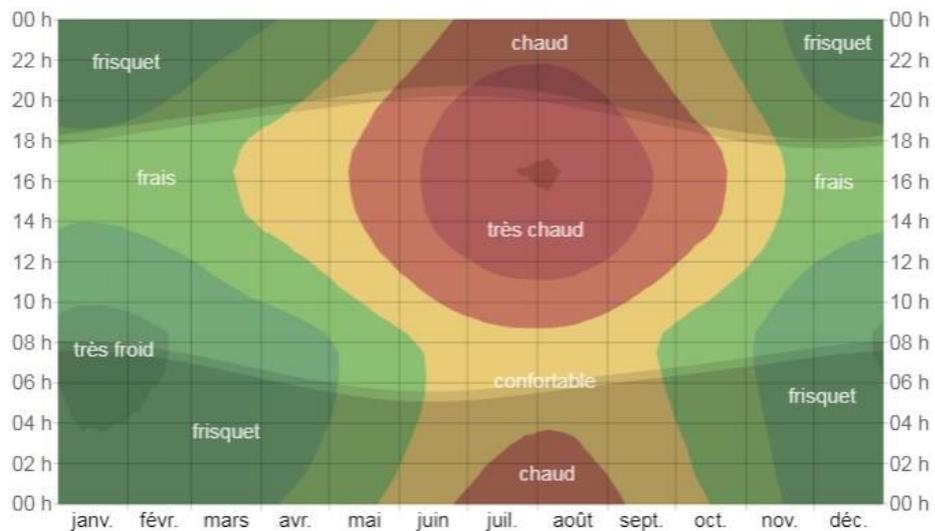


Figure II.4 : Température horaire moyenne à Aïn Defla [39]

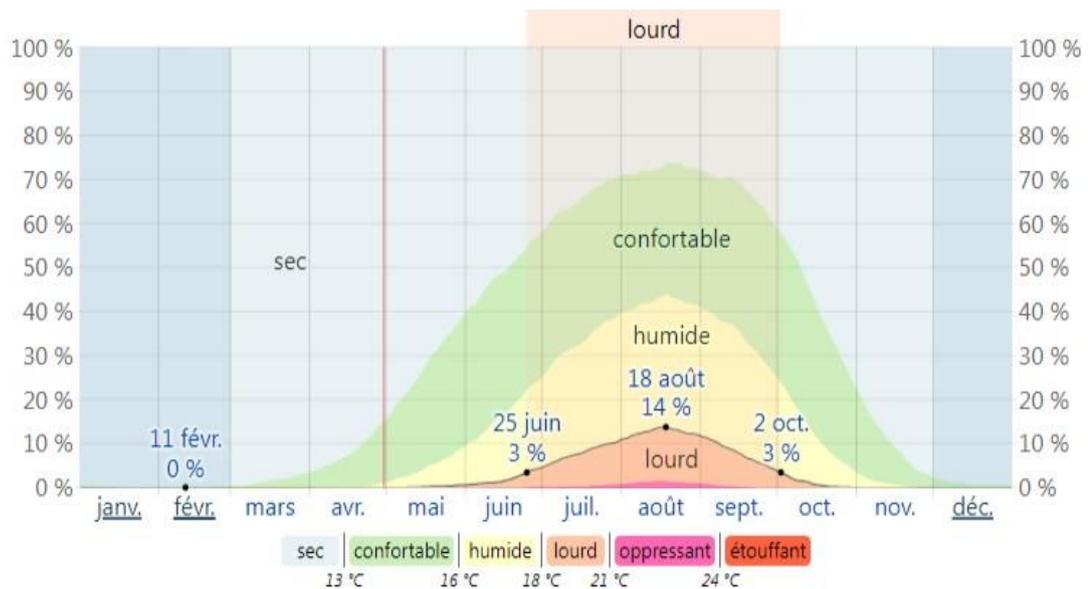


Figure II.5 : Niveaux de confort selon l'humidité à Aïn Defla [39]

II.4 Présentation du projet

L'isolation d'une maison est un aspect important à prendre en compte lors de la construction ou de la rénovation d'une habitation. En effet, une bonne isolation permet de réduire les pertes d'énergie et de limiter les coûts de chauffage, tout en améliorant le confort thermique à l'intérieur de la maison. L'objectif de ce projet est d'aider les propriétaires de maison à faire les choix les plus pertinents en matière d'isolation pour améliorer l'efficacité énergétique de leur habitation.

II.4.1 Description du logement étudié

Le logement étudié est une maison R+1 a une surface habitable de 158.76 m² comprend un séjour, une cuisine, un garage, un jardin de 52.5 m², double sanitaires et 4 chambres.

II.4.2 Plan architecturale

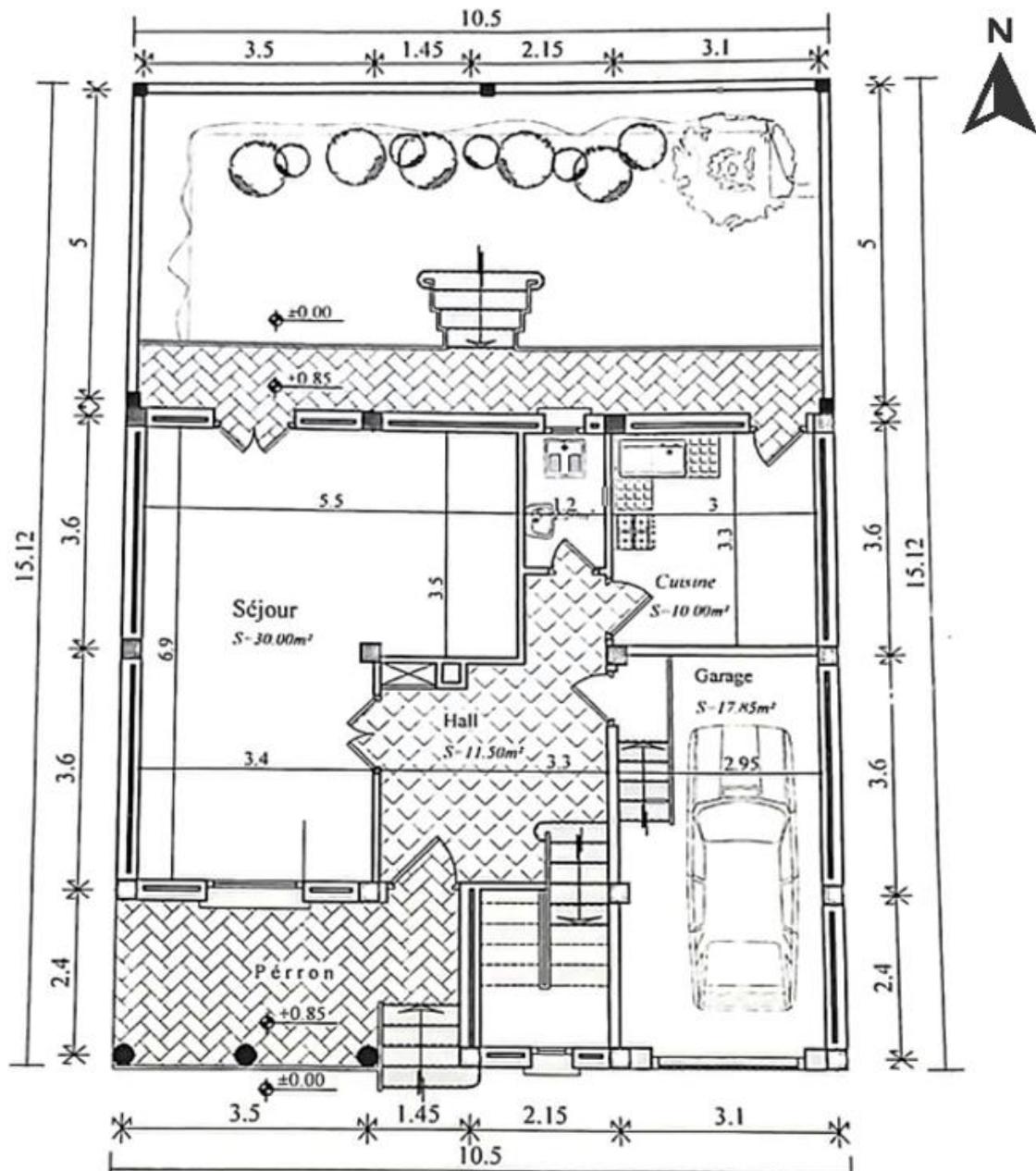


Figure II.6 : vue en plan rez-de-chaussée

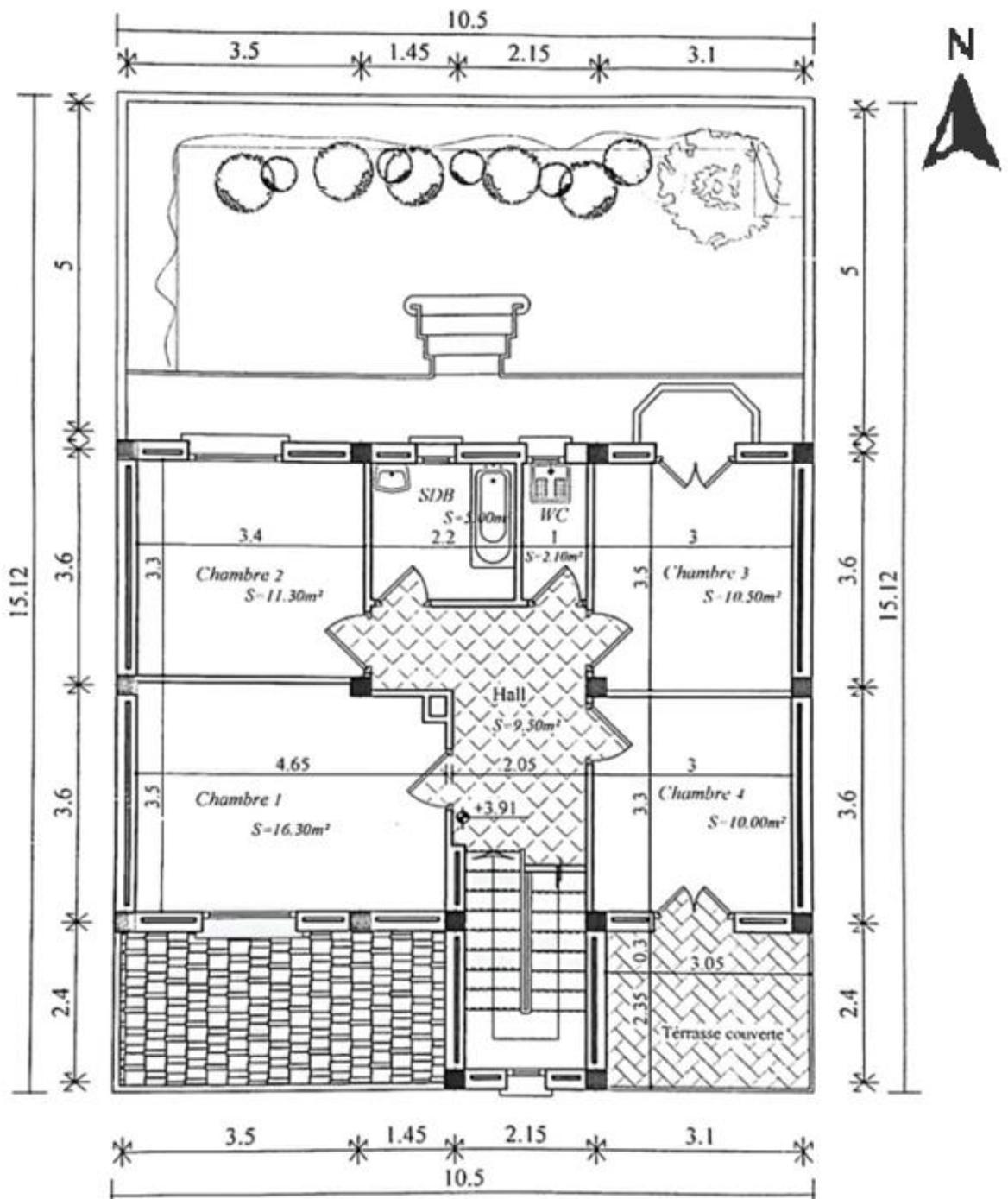


Figure II.7 : vue en plan premier étage

II.4.3 Surface des pièces de la maison

Tableau II. 1 : surface des piece

Pièce	Surface
Séjour Cuisine Garage	30m ² 10m ² 17.85m ²
Sanitaire "RDC" SDB WC	2.5m ² 5m ² 2.1m ²
Chambre 1 Chambre 2 Chambre 3 Chambre 4	16.30m ² 11.30m ² 10.5 m ² 10m ²

II.5 Caractéristique du cas étudié

II.5.1 Composition des murs extérieurs

Tableau II.2: Composition des murs extérieurs

Composants	Epaisseur [m]	Conductivité thermique λ [w /m.C°]	Résistance R [m ² .C°/w]	Coefficient de transmission surfacique K (w/m ² .C°)
Mortier	0.02	1.15	0.01	1/hi+1/he=0.17 (w/m ² .C°) Rt= 0.66 K=1/R=1.2
Brique	0.1	0.48	0.21	
Lame d'air	0.05	0.62	0.08	
Brique	0.1	0.48	0.21	
Mortier	0.02	1.15	0.01	
Enduit plâtre	0.02	0.35	0.06	

5.2. Composition des murs intérieures

Tableau II.3 : Composition des murs intérieures

Composants	Epaisseur [m]	Conductivité thermique λ [w /m.C°]	Résistance R [m ² .C°/w]	Coefficient de transmission surfacique K (w/m ² .C°)
Enduit plâtre	0.02	0.35	0.06	1/hi+1/he=0.22 (w/m ² .C°) Rt=0.35 K=1/R=1.75
Mortier	0.02	1.15	0.01	
Brique	0.1	0.48	0.21	
Mortier	0.02	1.15	0.01	
Enduit plâtre	0.02	0.35	0.06	

II.5.3 Composition du plancher bas

Tableau II.4 : Composition du plancher bas

Composants	Epaisseur [m]	Conductivité thermique λ [w /m.C°]	Résistance R [m².C°/w]	Coefficient de transmission surfacique K (w/m².C°)
Dalle de sol	0.01	1	0.01	1/hi+1/he=0.34(w/m².C°) Rt=0.12 K=1/R=2.17
Mortier	0.02	1.15	0.01	
Béton lourd	0.2	1.75	0.11	

II.5.4 Plancher intermédiaire

Tableau II.5 : Plancher intermédiaire

Composants	Epaisseur [m]	Conductivité thermique λ [w /m.C°]	Résistance R [m².C°/w]	Coefficient de transmission surfacique K (w/m².C°)
Dalle de sol	0.01	1	0.01	1/hi+1/he=0.34 (w/m².C°) Rt=0.24 K=1/R=1.72
Béton lourd	0.05	1.75	0.03	
Hourdis de 16 en béton	0.16	1.23	0.13	
Mortier	0.02	1.15	0.01	
Enduit plâtre	0.02	0.35	0.06	

II. 5.5 Composition de la toiture

Tableau II.6 : Composition de la toiture

Composants	Epaisseur [m]	Conductivité thermique λ [w/m.C°]	Résistance R [m ² .C°/w]	Coefficient de transmission surfaccique K (w/m ² .C°)
Tuiles	0.01	0.80	0.012	1/hi+1/he=0.14 (w/m ² .C°) Rt=0.242 K=1/R=2.62
Béton lourd	0.05	1.75	0.03	
Hourdis de 16 en béton	0.16	1.23	0.13	
Mortier	0.02	1.15	0.01	
Enduit plâtre	0.02	0.35	0.06	

II.5.6 Description des ouvrants

Les caractéristiques des portes :

Tableau II.7 : caractéristiques des portes

Types des Portes	Largeur de porte [m]	Hauteur de porte [m]
Portail métallique	2.8	2.4
Porte métallique	1.1	2.2
Porte fenêtre	1.2	2.2
Porte intérieur	0.9	2

Les caractéristiques des fenêtres :

Tableau II.8 : caractéristiques des fenêtres

Types des Fenêtres	Largeur de la fenêtre [m]	Hauteur de la fenêtre [m]	Allège [m]
Fenêtres n°1	1.2	1.4	1
Fenêtres n°2	0.8	0.8	3.6
Fenêtres n°3	0.5	0.5	2

II.6. Calcule le bilan Thermique

Le DTR C3-2 repose sur une exigence réglementaire visant à limiter les pertes de chaleur des logements en établissant une valeur de référence à ne pas dépasser, appelée déperditions de référence. Le but du DTR est de définir les méthodes permettant de vérifier la conformité des bâtiments à la réglementation thermique, notamment en ce qui concerne les apports calorifiques. Pour notre cas d'étude, nous avons calculé le bilan thermique du logement afin de pouvoir appliquer la réglementation [40].

II.6.1 Déperdition totales

$$D = \Sigma Di = (DT)i + (DR)i \quad [W/^{\circ}C]$$

Di [W/°C] représente les déperditions totales du volume « i ».

$(DT)i$ [W/°C] représente les déperditions transmission d'un volume.

$(DR)i$ [W/°C] représente les déperditions renouvellement d'air totales

II.6.2 Déperdition transmission d'un volume

$$(DT)i = (Ds)i + (Dli)i + (Dsol)i + (Dlnc)i \quad [W/^{\circ}C]$$

- $(Ds)i$: déperditions surfaciques par transmission à travers les parois

- $(Dli)i$: Déperditions linéiques.

- $(Dsol)i$: Déperditions par transmission à travers les parois en contact avec le sol

- (D_{inc}) i : déperditions à travers les parois en contact avec locaux non chauffée

II.6.3 Déperdition renouvellement d'air

$$D_R = 0.34 * (Q_V + Q_S)$$

0,34 (en Wind °C est la chaleur volumique de l'air,

Q_v, (en m³/h) est le débit spécifique de ventilation

Q_s (en m³/h) est le débit supplémentaire par infiltrations dues au vent.

II.6.4 Calcul des déperditions de référence selon DTR

La commune de Khemis Miliana est dans la zone de Ain Defla Zone (B')

$$D_{ref} = \text{la toiture} * S1 + \text{plancher bas} * S2 + \text{MUR extérieur} * S3 \\ + \text{MUR intérieur} * S3 + \text{porte} * S4 + \text{fenêtre} * S5$$

$$D_r = S1 * a + S2 * b + S3 * c + S4 * d + S5 * e \quad [34]$$

Composition et ouverture	Surface (m ²)	Coefficients	Déperditions (W/°C)
Toiture	80.76	a=1.10	88.83
Plancher bas	88.92	b=2.4	213.41
Mur extérieurs	493.57	c=1.2	592.28
Mur intérieurs	138.87	c=1.2	166.87
Porte	38.32	d=3.5	134.12
Fenêtre	6.43	e=4.5	28.94
Résultat	1224.227 W/°C		

Déperdition de Reference = 1224.227 W/°C

II.6.5 Calcul des déperditions de base

II.6.5.1 Calcul des déperditions surfaciques

$$DS = S * K$$

S : La surface (m²)

K : Coefficient de transmission surfacique

Composition et ouverture	Surface (m ²)	Coefficient de transmission surfacique (K)	Déperditions (W/C°)
Toiture	80.76	2.62	211.59
Plancher bas	88.92	2.17	192.95
Mur extérieurs	493.57	1.2	592.28
Mur intérieurs	138.87	1.75	241.27
Porte N°1	2.64	2.7	11.88
Porte N°2	7.92	4.5	35.64
Porte N°3	6.72	5.8	38.98
Porte N°4	4.84	5.8	28.1
Porte N°5	16.2	2	32.4
Fenêtre N°1	5.04	5	25.2
Fenêtre N°2	0.64	5	3.2
Fenêtre N°3	0.75	5.8	4.35
Résultat	1417.84 (W/C°)		

Déperditions surfaciques = 1417.84 (W/C°)

II.6.5.2. Calcule des déperditions linéiques

$$DL = 20\% DS$$

$$DL = 1417.84 * 20\% = 283.57 (W/C°)$$

Le type de déperdition	Déperditions surfacique	Déperditions linéiques	Déperditions Total
(W/C°)	1417.84	283.57	1701.41

II.6.6 Vérification réglementaire

$$Dt \leq Dréf * 1.05$$

$$\text{Alors : } Dréf = 1224.227 * 1.05 = 1285.43 \text{ (W/°C)}$$

$$1701.41 \text{ W/°C} \leq 1285.43 \text{ W/°C}$$

Résultat non vérifié.

II.7 Conclusion

D'après les résultats obtenus, nous avons constaté que le cas étudié est non pas vérifié à la réglementation thermique du a la faible résistance du cas étudié, au manque d'isolation dans les éléments constructifs.

CHAPITRE III
MODELISATION THERMIQUE DYNAMIQUE

III.1 Introduction

L'objectif principal de ce chapitre consistera à réaliser une simulation thermique pour toutes les chambres de la maison étudiée en utilisant la dernière version de pléiades au moment de la rédaction de ce projet, à savoir la version 5.23.4.4. [41]

III.2 Présentation du logiciel



III.2.1 Pléiade

Pléiades, développé et distribué par IZUBA énergies, est un logiciel d'écoconception polyvalent pour les bâtiments. Il intègre une gamme complète d'outils permettant d'évaluer la performance énergétique et environnementale des bâtiments. Ces outils comprennent la simulation thermique dynamique, la vérification réglementaire, le dimensionnement des équipements, l'analyse du cycle de vie et la qualité de l'air intérieur. [41]

III.2.2 Péliades modelleur



Pléiades Modelleur est le composant de saisie graphique de Pléiades. En partant d'un plan, d'un projet Revit ou d'une maquette numérique Décrivez un bâtiment, paramétrez et lancez les calculs. Il fait gagner un temps précieux par de nombreuses affectations automatisées sa visualisation 3D donne la possibilité de vérifier la cohérence de saisie et de dimensionner. [41]

III.2.3 Péliades bibliothèque



Pléiades BIBLIOTHÈQUE est la base de données des éléments constitutifs du bâtiment : matériaux, menuiseries, ponts thermiques, équipements. Elle comporte aussi des éléments pour décrire les scénarios et son environnement proche. [41]

III.2.4 Péliades résultats



La gestion et l'analyse des résultats de calcul, à l'aide de nombreux tableaux de synthèse, de Graphiques, de rapports d'études entièrement personnalisable. [41]



III.2.5 Meteonorm

Meteonorm permet un accès mondial aux données actuelles des séries chronologiques d'irradiation solaire et de température. Une nouvelle archive a été créée, regroupant des valeurs horaires depuis 2010 jusqu'à nos jours. Grâce à cette fonctionnalité de mise à jour régulière, Métronome offre désormais un accès complet à toutes les informations météorologiques nécessaires pour la planification de systèmes solaires. [42]

III.3. Application du logiciel

III.3.1 Composition des parois

Composants	T	cm	kg/m ²	λ	R	
Mortier	↓	2.000	40	1.15	0.02	Extérieur ↓ Intérieur
Brique creuse de 10 cm	↓	10.00	69	0.476	0.21	
Lame d'air faible ventil. 50 mm flux asc.	↓	5.00	0	0.625	0.06	
Brique creuse de 10 cm	↓	10.00	69	0.476	0.21	
Mortier	↓	2.000	40	1.15	0.02	
Enduit plâtre	↓	2.000	30	0.35	0.06	

Figure III .1 : composition du mur extérieur

Composants	T	cm	kg/m ²	λ	R	
Enduit plâtre	↓	2.000	30	0.35	0.06	Extérieur ↓ Intérieur
Mortier	↓	2.000	40	1.15	0.02	
Brique creuse de 10 cm	↓	10.00	69	0.476	0.21	
Mortier	↓	2.000	40	1.15	0.02	
Enduit plâtre	↓	2.000	30	0.35	0.06	

Figure III .2 : composition du mur intérieur

Afficher les matériaux/éléments/MCP/Ponts

Caractéristiques thermiques Diagramme de Glaser

Type de paroi pour le calcul des ponts thermiques et corrections de surface

Mur lourd Cloison légère Afficher le détail

Composants	T	cm	kg/m ²	λ	R	
Dalle de sol	↓	1.000	19	1	0.03	Extérieur ↓ Intérieur
Mortier	↓	2.000	40	1.15	0.02	
Béton lourd	↓	20.000	460	1.75	0.11	

Figure III .3 : composition du plancher bas

Afficher les matériaux/éléments/MCP/Ponts

Caractéristiques thermiques Diagramme de Glaser

Type de paroi pour le calcul des ponts thermiques et corrections de surface

Mur lourd Cloison légère Afficher le détail

Composants	T	cm	kg/m ²	λ	R	
Dalle de sol	↓	1.000	19	1	0.03	Extérieur ↓ Intérieur
Béton lourd	↓	5.000	115	1.75	0.03	
Hourdis de 16 en béton	↓	16.00	208	1.231	0.13	
Mortier	↓	2.000	40	1.15	0.02	
Enduit plâtre	↓	2.000	30	0.35	0.06	

Figure III .4 : composition du plancher intermédiaire

Afficher les matériaux/éléments/MCP/Ponts

Caractéristiques thermiques Diagramme de Glaser

Type de paroi pour le calcul des ponts thermiques et corrections de surface

Mur lourd Cloison légère Afficher le détail

Composants	T	cm	kg/m ²	λ	R	
tuiles	↓	1.000	19	0.8	0.03	Extérieur ↓ Intérieur
Béton lourd	↓	5.000	115	1.75	0.03	
Hourdis de 16 en béton	↓	16.00	208	1.231	0.13	
Mortier	↓	2.000	40	1.15	0.02	
Enduit plâtre	↓	2.000	30	0.35	0.06	

Figure III .5 : composition de la toiture

III.3.2. Types des ouvertures

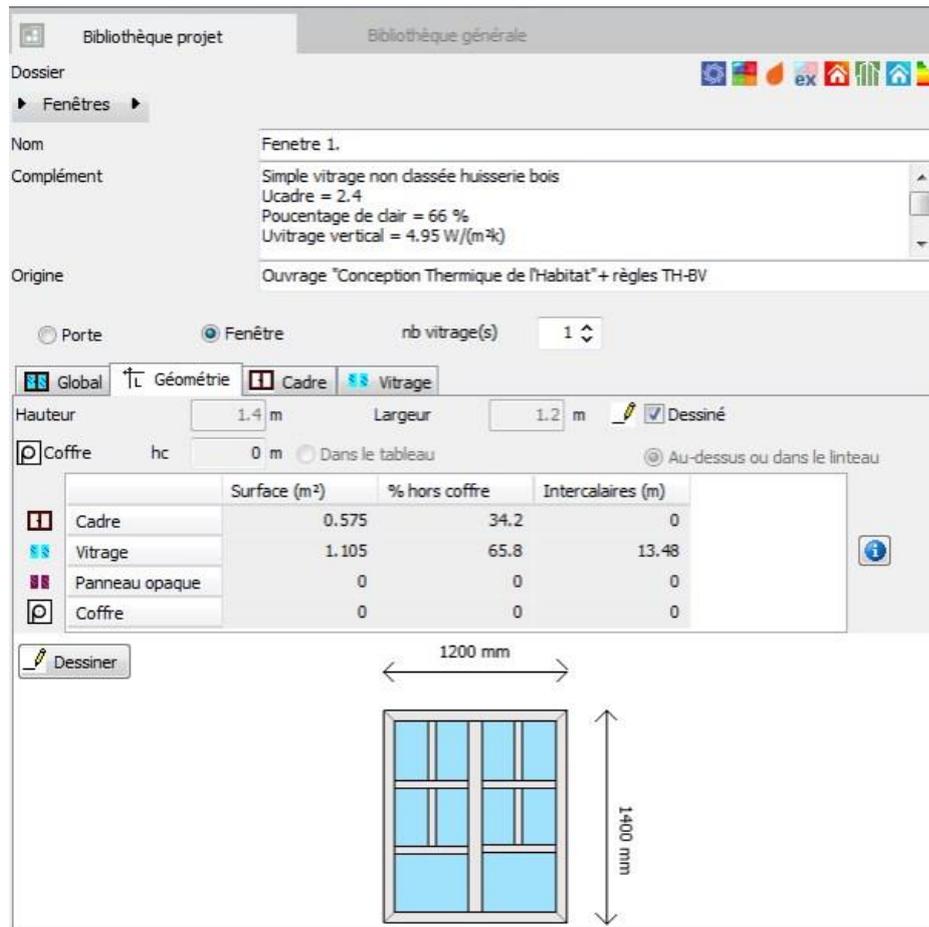


Figure III .6 : type de fenêtre N°1

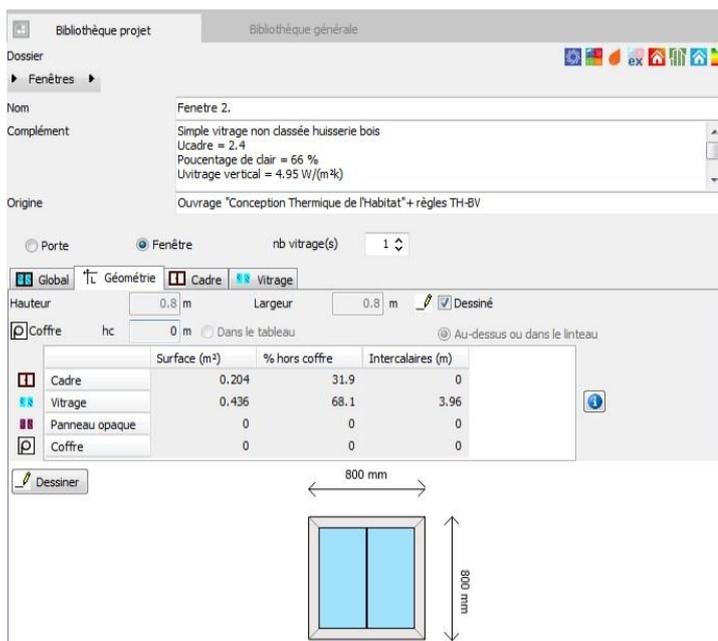


Figure III .7 : type de fenêtre N°2

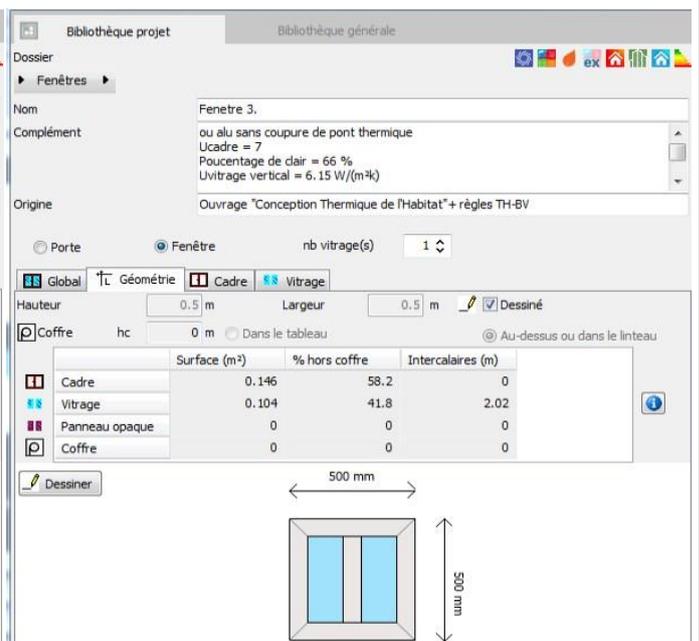


Figure III .8 : type de fenêtre N°3

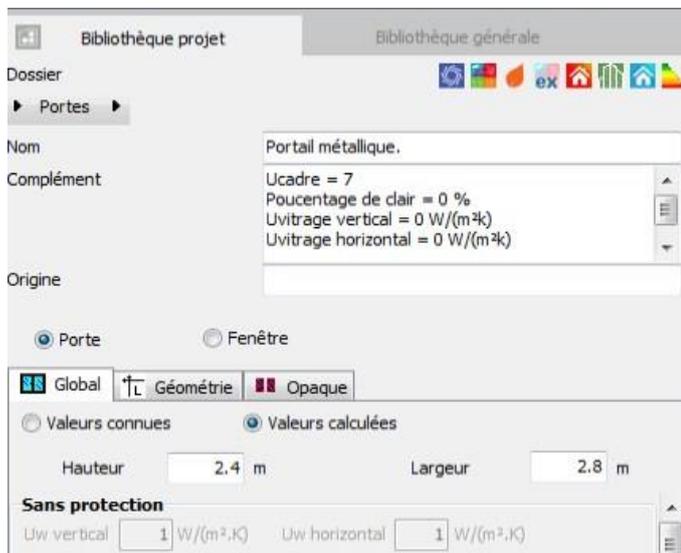


Figure III .9 : portail métallique

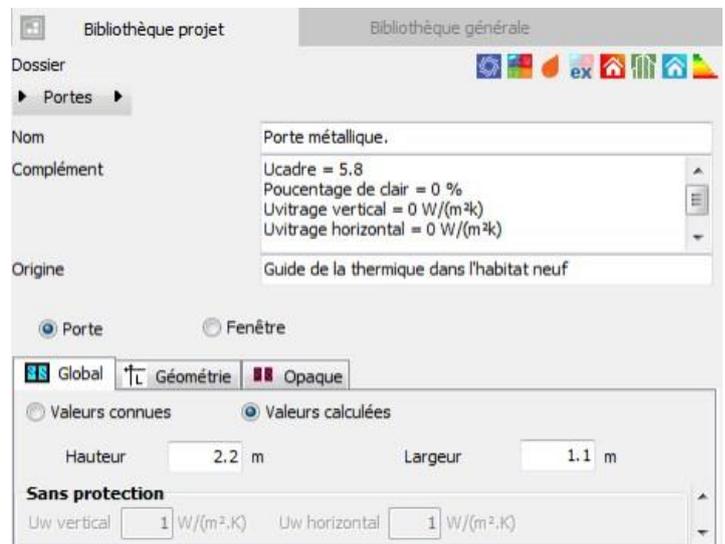


Figure III .10 : porte métallique

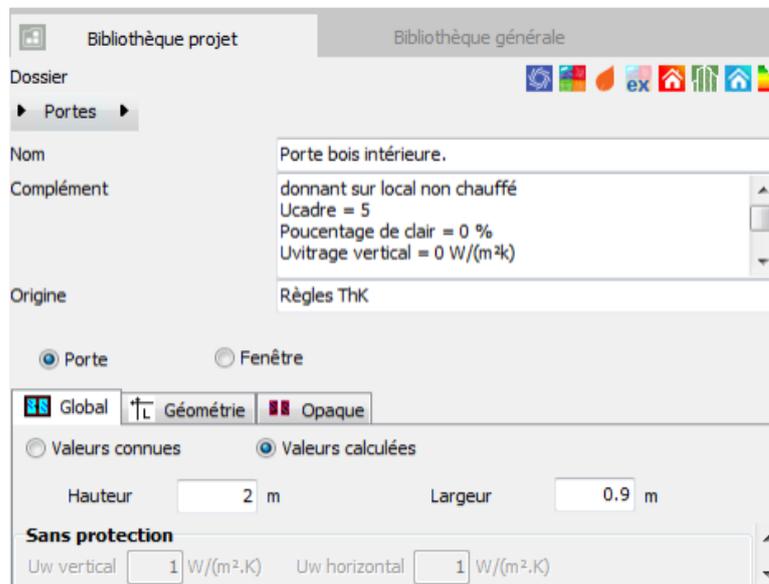


Figure III .11 : porte bois intérieure

III.4. Application sur la station météorologique

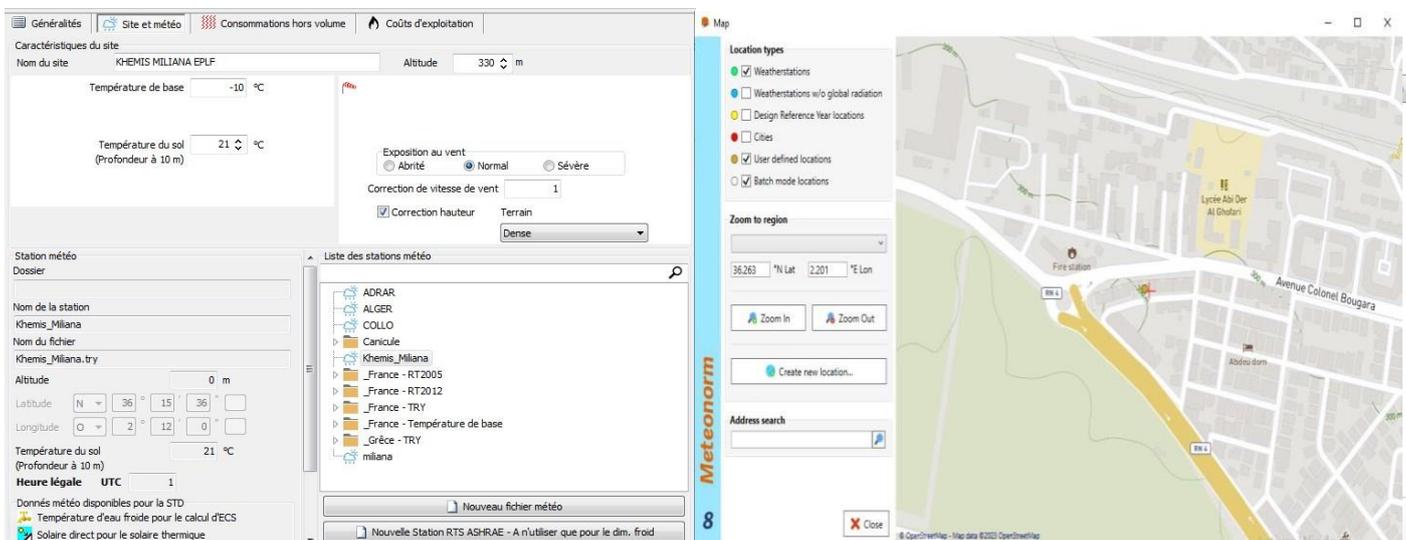


Figure III .12et 13 : fichier métronome

III.5. Dessin du plan

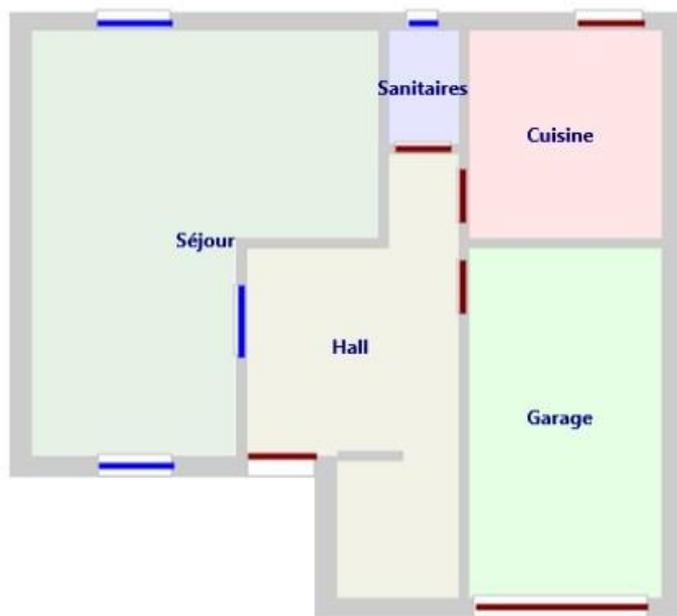


Figure III .14 : dessin plan niveau 0

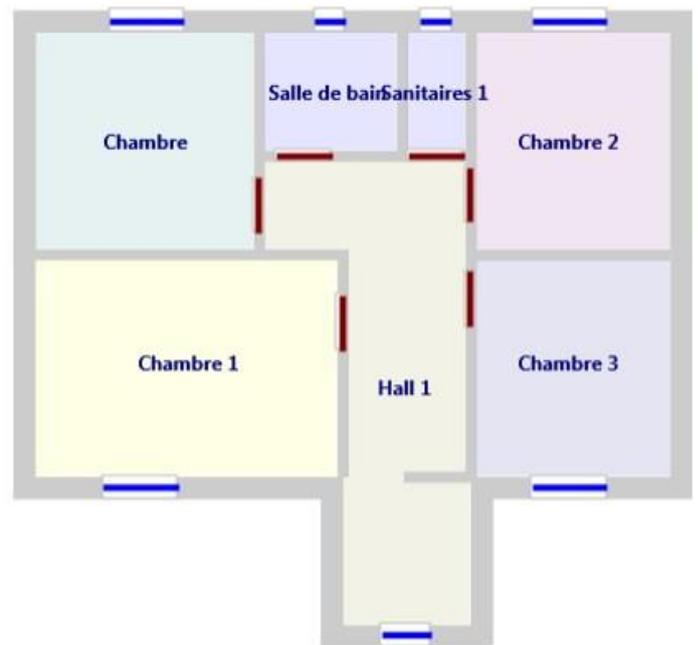


Figure III .15 : dessin plan niveau 1



Figure III .16 : dessin en 3D

III.5.1. Définir les zones

Sélectionnez une zone puis cliquez dans les pièces

+ Ajouter une zone - Effacer zone sélectionnée

Nom			
sejour	1		
Cuisine	1		
Garage	1		
Sanitaires	3		
Chambre	1		
Chambre 1	1		
Chambre 2	1		
Chambre 3	1		
Hall	2		

Figure III .17 : définition des zones

III.6. Les scenarios de fonctionnement

III.6.1 Occupation

Bibliothèque projet Bibliothèque générale

Dossier 1stry Dernière modification : 11/06/2023 19:53:47

Nom cuisine

Complément

Origine

Type Occupation

Relatif(%) à la valeur de base Unité Occupants

Valeur /Jour/Semaine Année

Valeurs

S	Nom	Valeur	Unité
+	Valeur	4	Occupants
+	Valeur 1	2	Occupants
+	Valeur 2	1	Occupants
+	Valeur 3	0	Occupants

Jours

S	Nom	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
+	Jour	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	1	1	3	3	1	0	3	0	2	2	4	2	0	0

Semaines

S	Nom	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
+	Semaine	Jour	Jour	Jour	Jour	Jour	Jour	Jour

Figure III .18 : Scénario d'occupation pour la cuisine

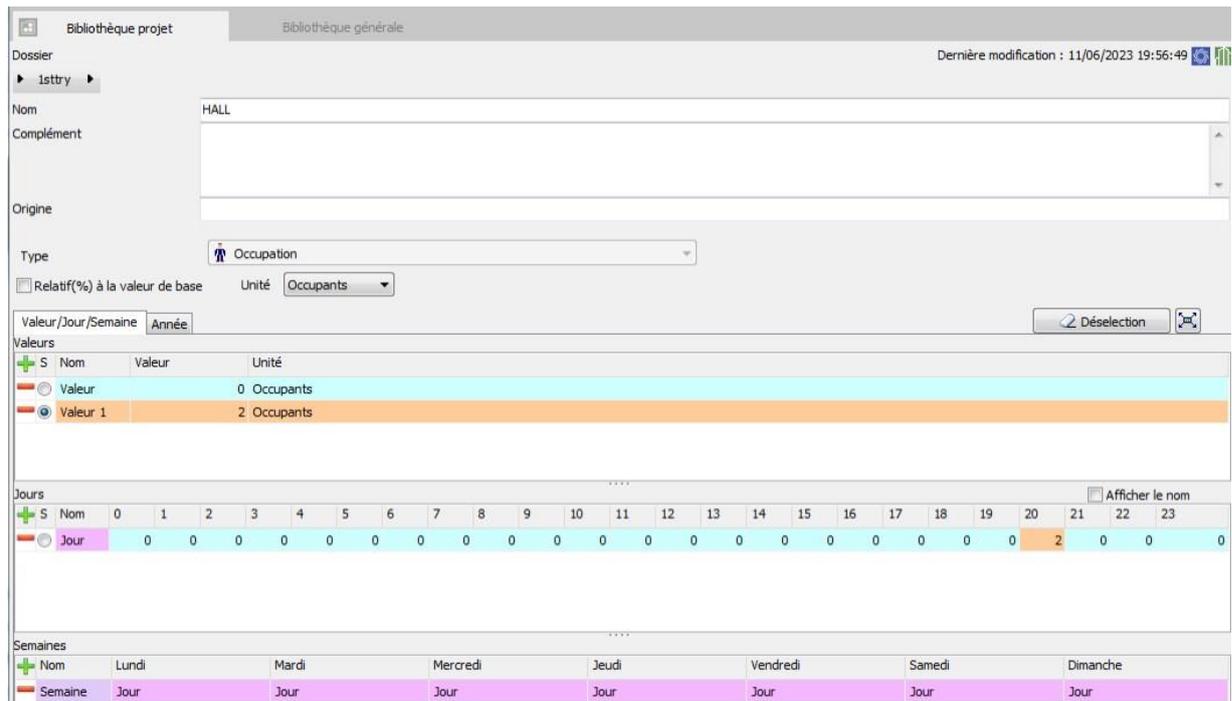


Figure III .19 : Scénario d'occupation pour le hall

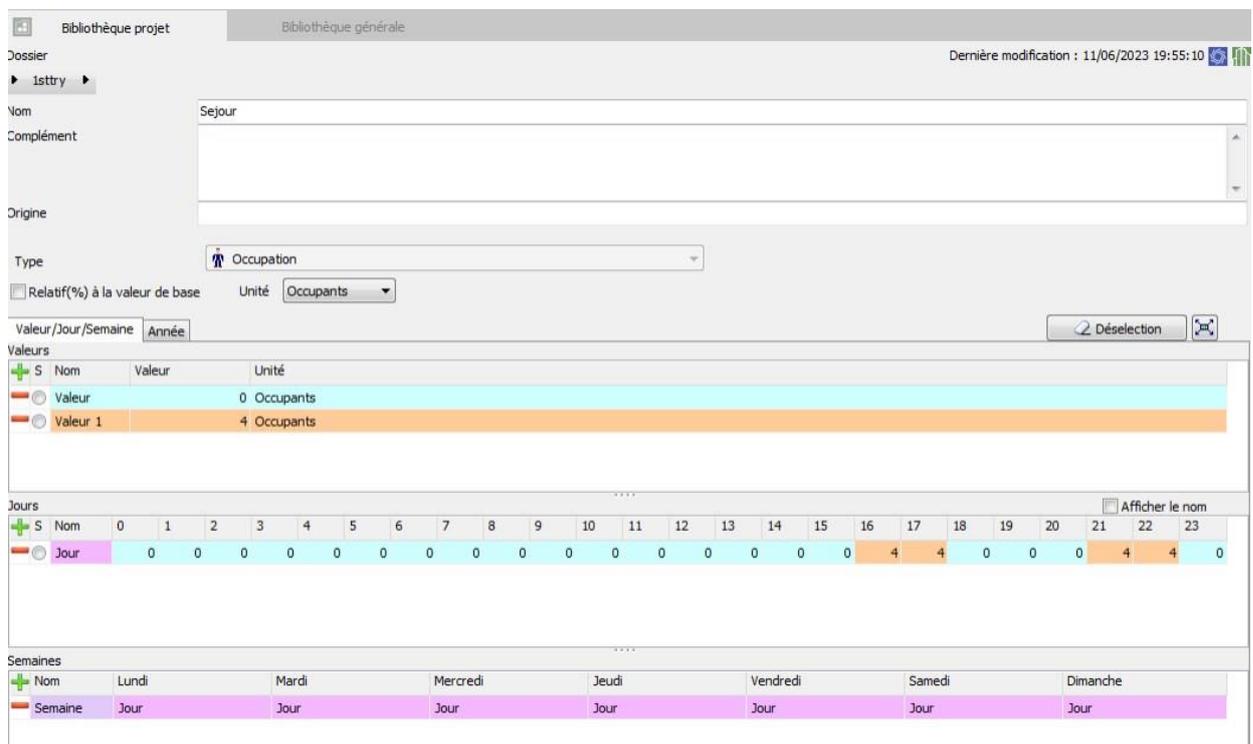


Figure III .20 : Scénario d'occupation pour le séjour

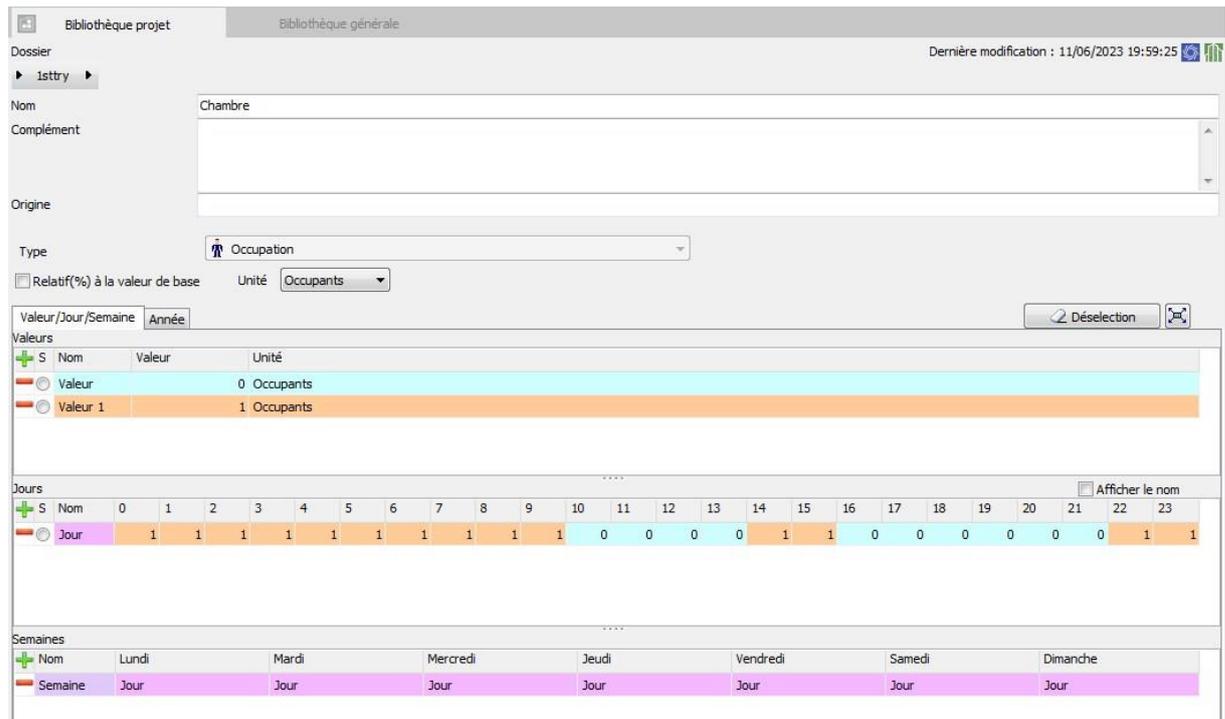


Figure III .21 : Scénario d’occupation pour la chambre

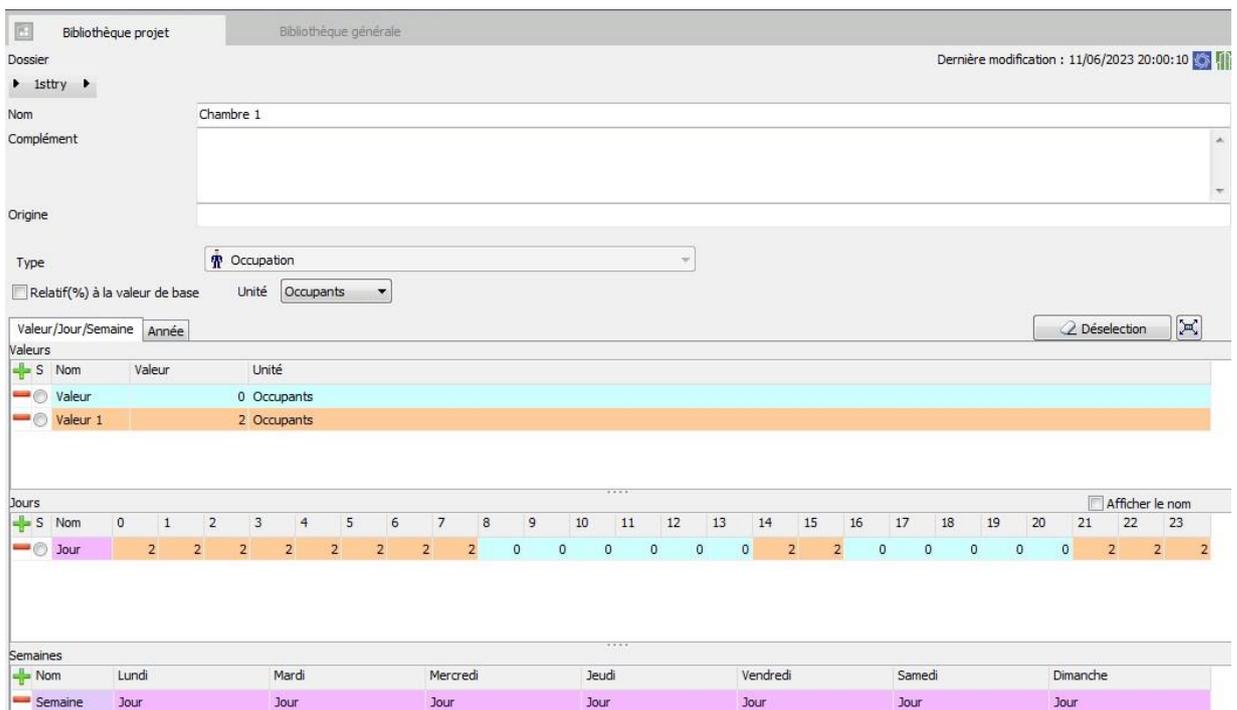


Figure III .22 : Scénario d’occupation pour la chambre 1

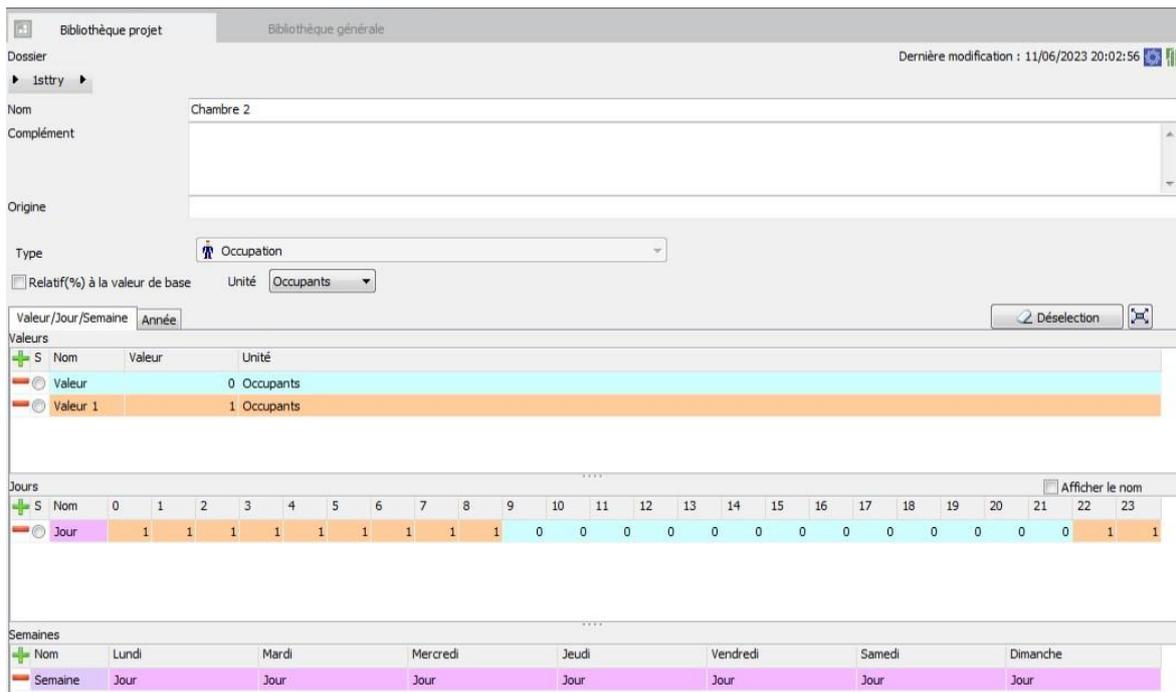


Figure III .23 : Scénario d’occupation pour la chambre 2

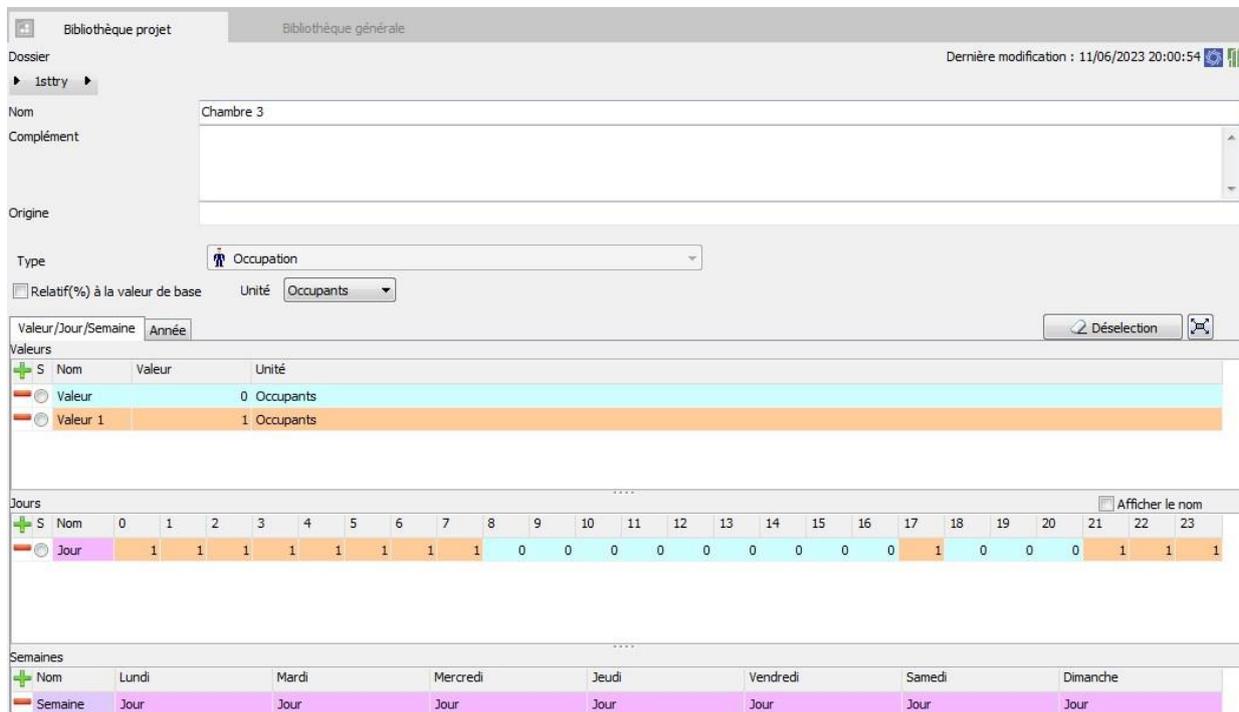


Figure III .24 : Scénario d’occupation pour la chambre 3

III.6.2 Puissance dissipée

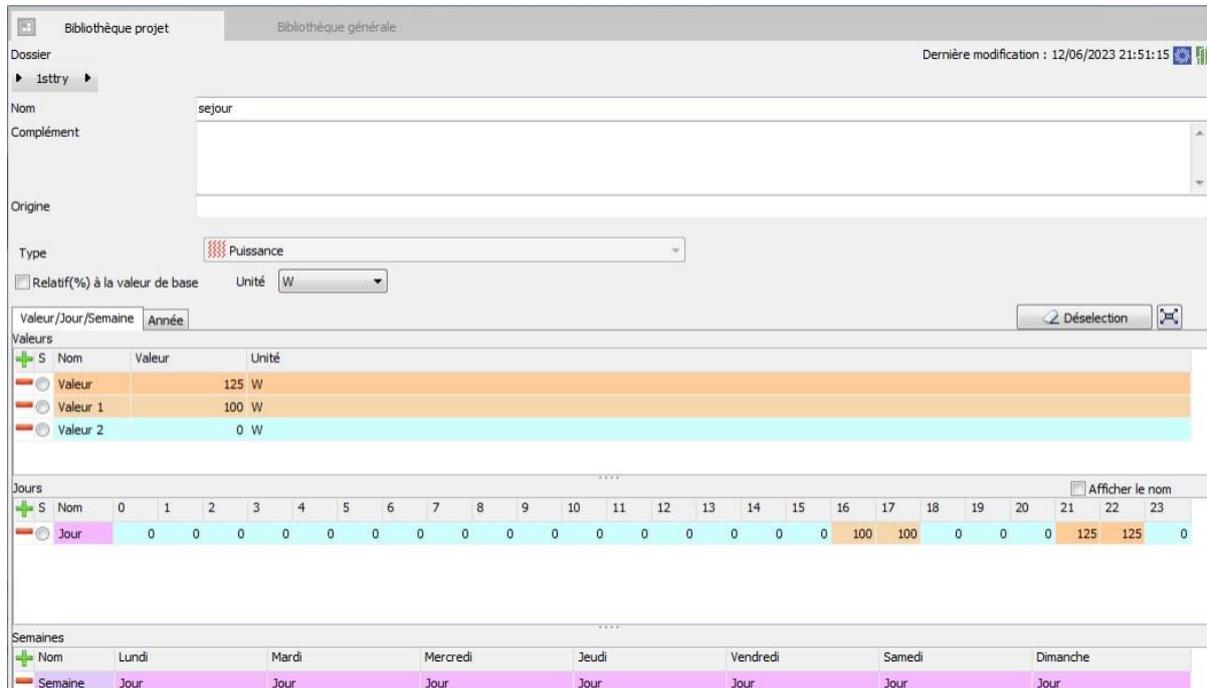


Figure III .25 : Scénario de la puissance dissipée de séjour

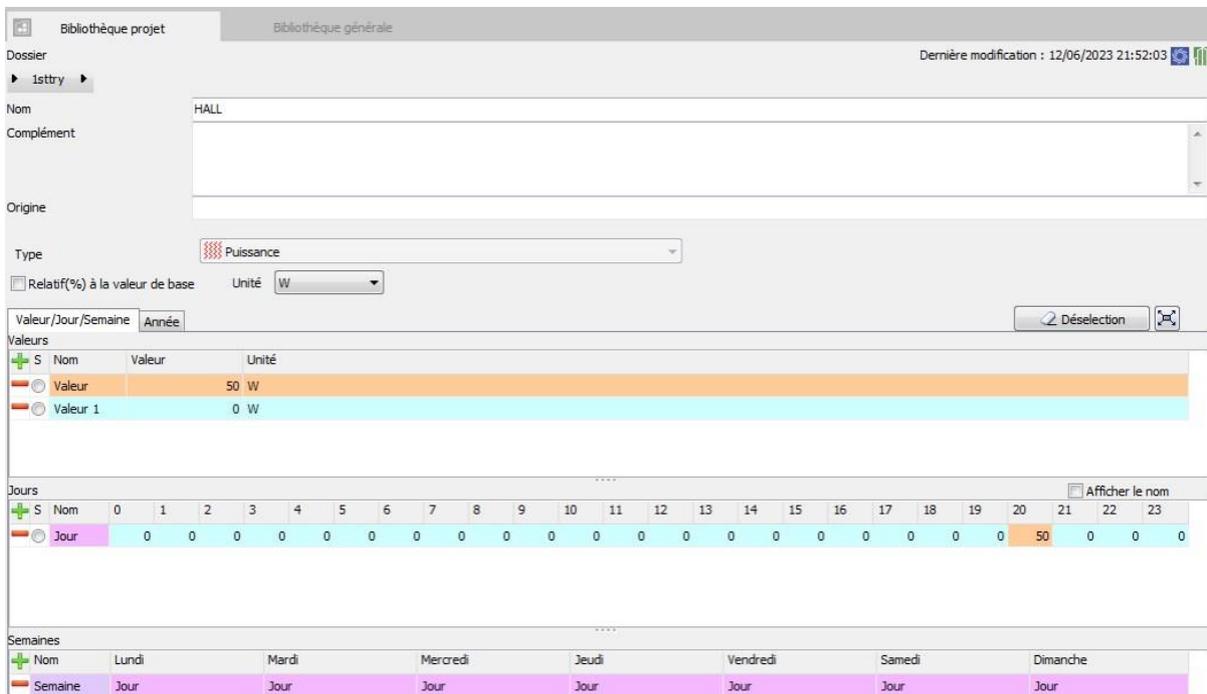


Figure III .26 : Scénario de la puissance dissipée du hall

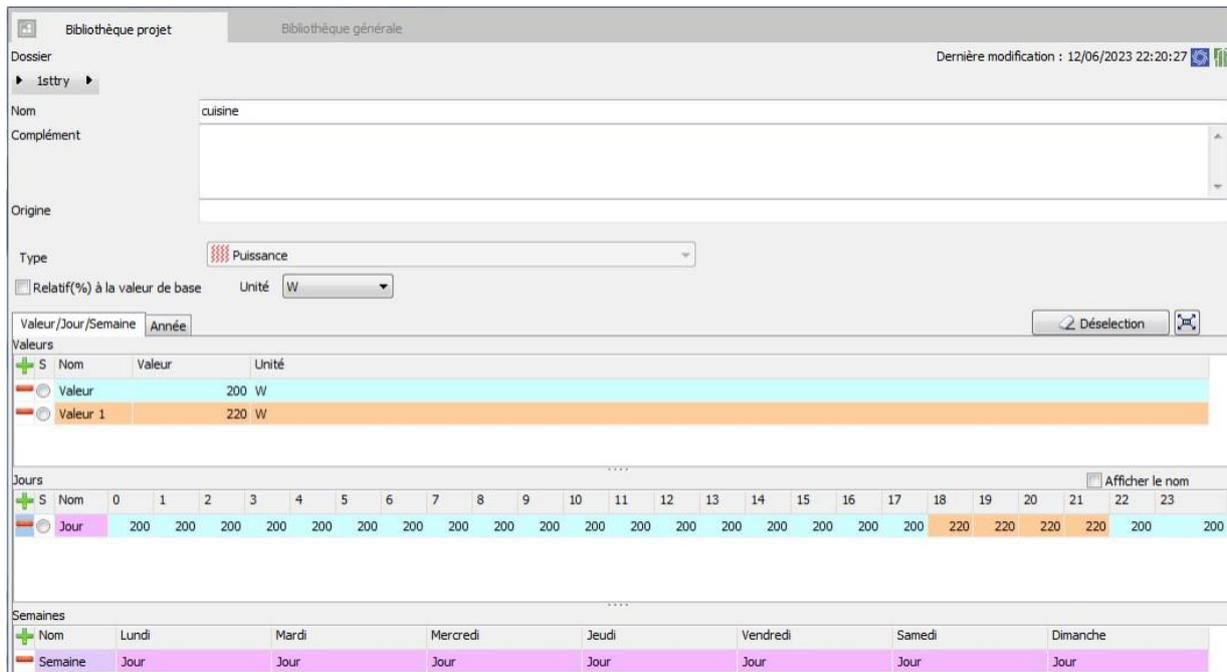


Figure III .27 : Scénario de la puissance dissipée de la cuisine

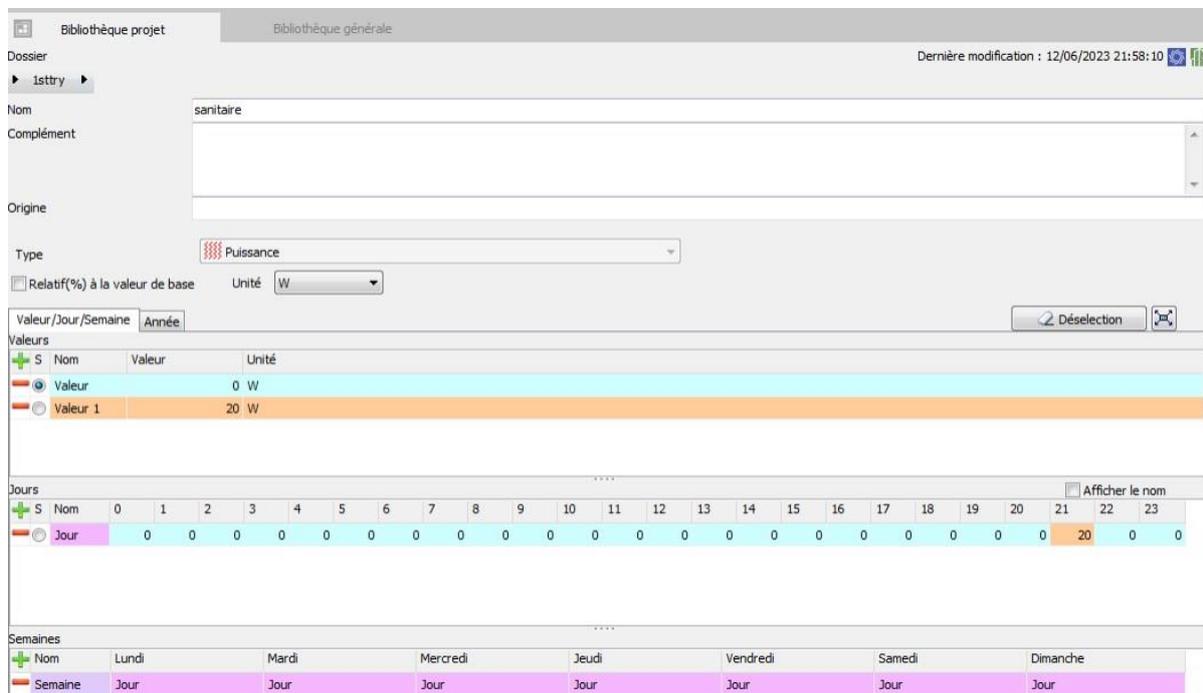


Figure III .28 : Scénario de la puissance dissipée de sanitaire

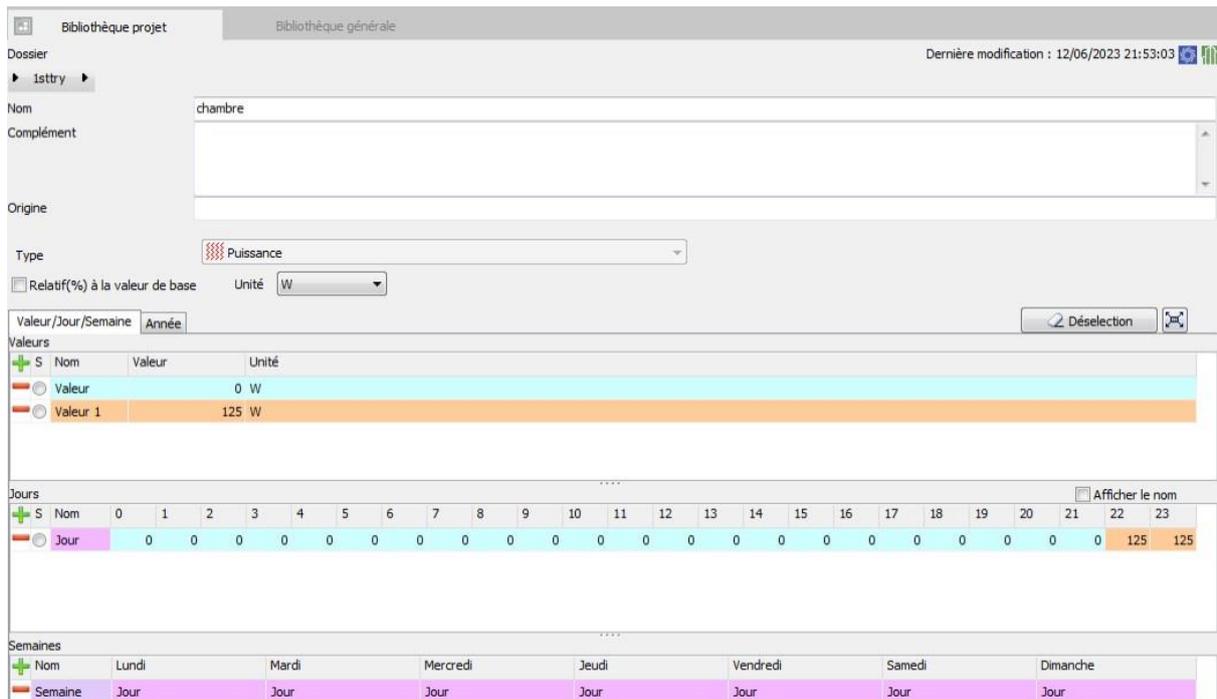


Figure III .29 : Scénario de la puissance dissipée de la chambre

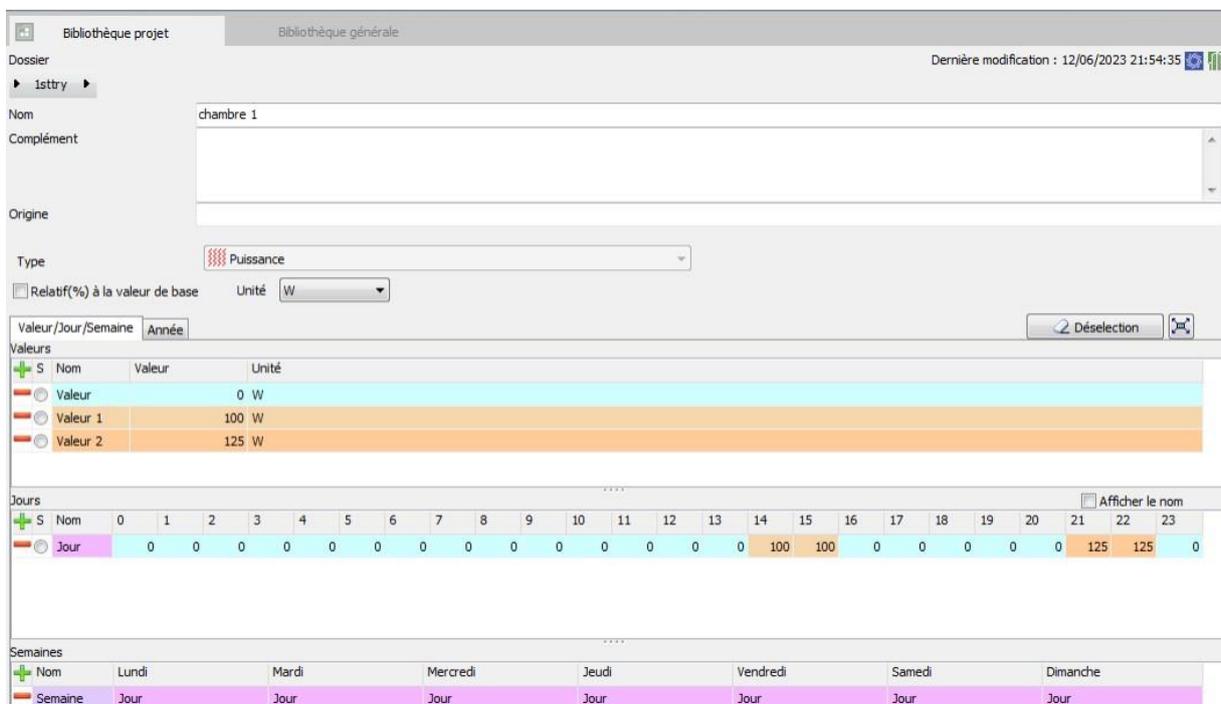


Figure III .30 : Scénario de la puissance dissipée de la chambre 1

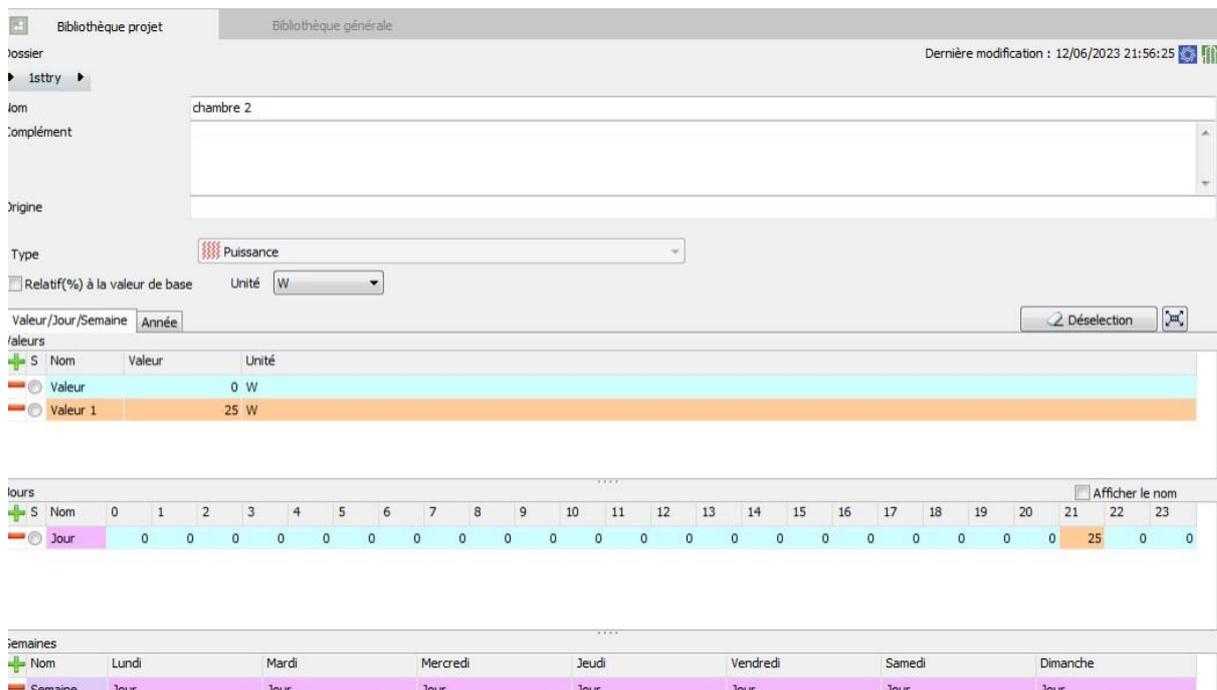


Figure III .31 : Scénario de la puissance dissipée de la chambre 2

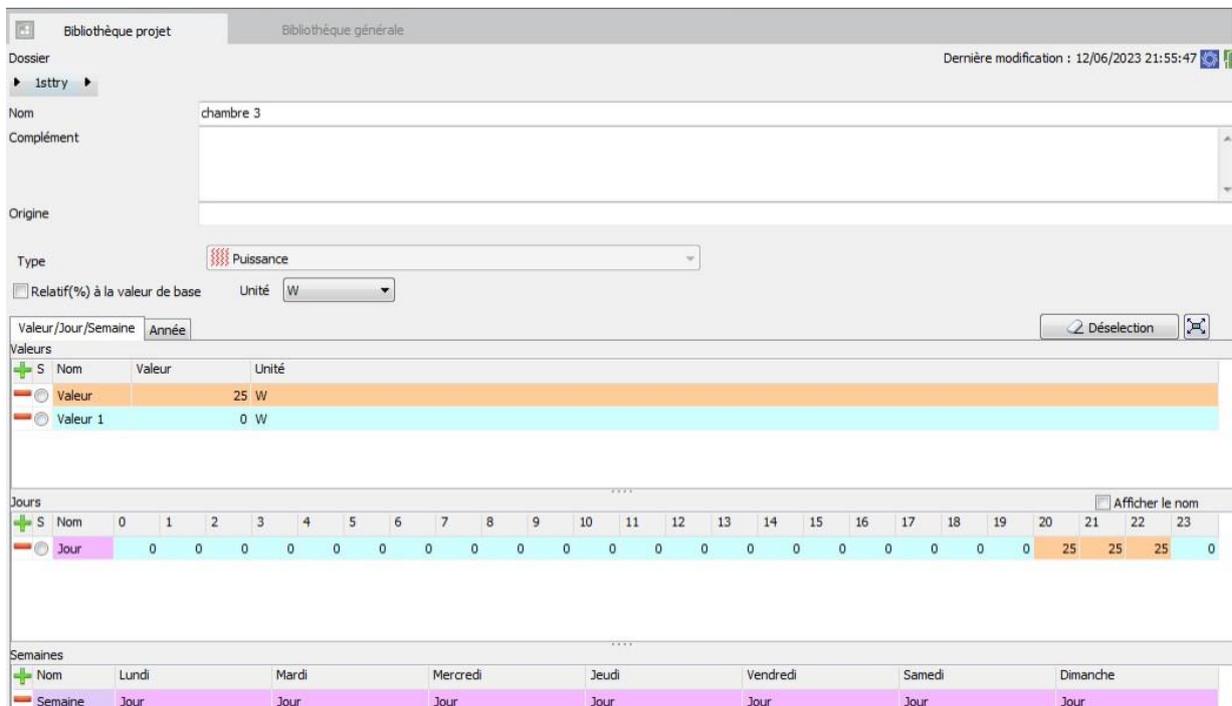


Figure III .32 : Scénario de la puissance dissipée de la chambre 3

III.6.3 Chauffage et Rafrachissement

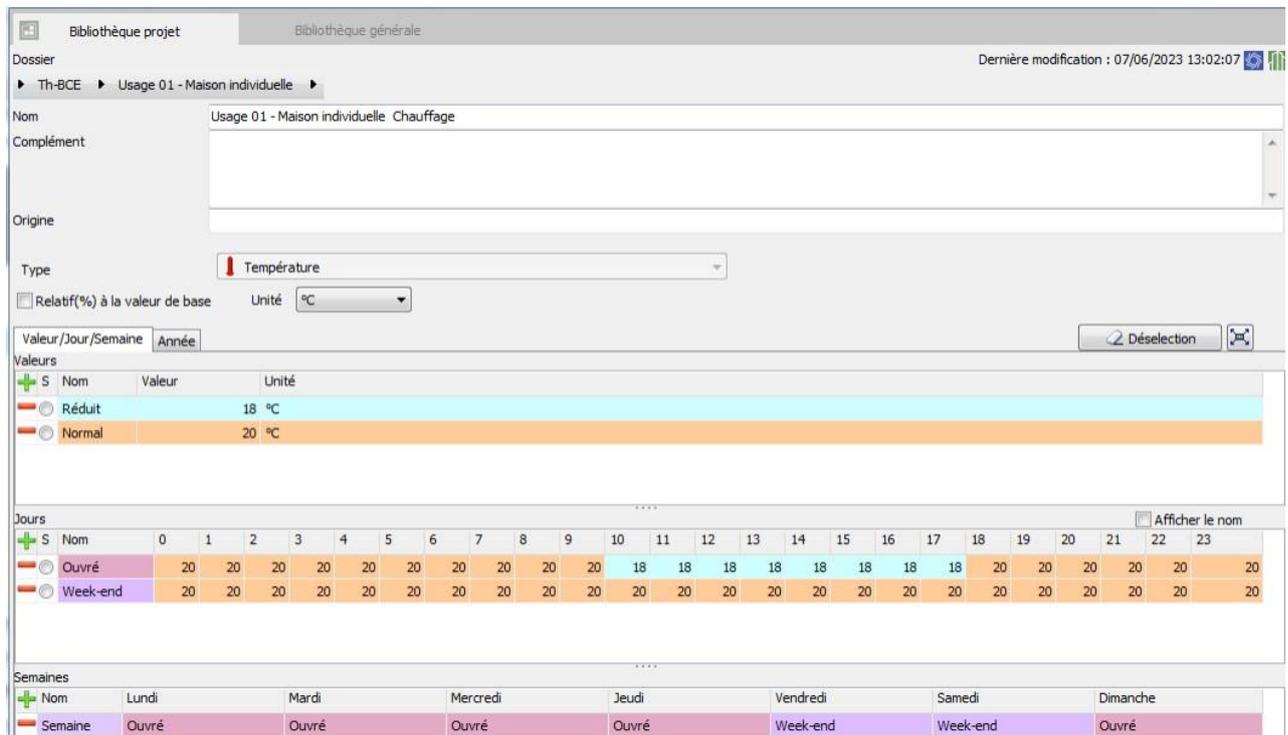


Figure III .33 : Scénario de chauffage

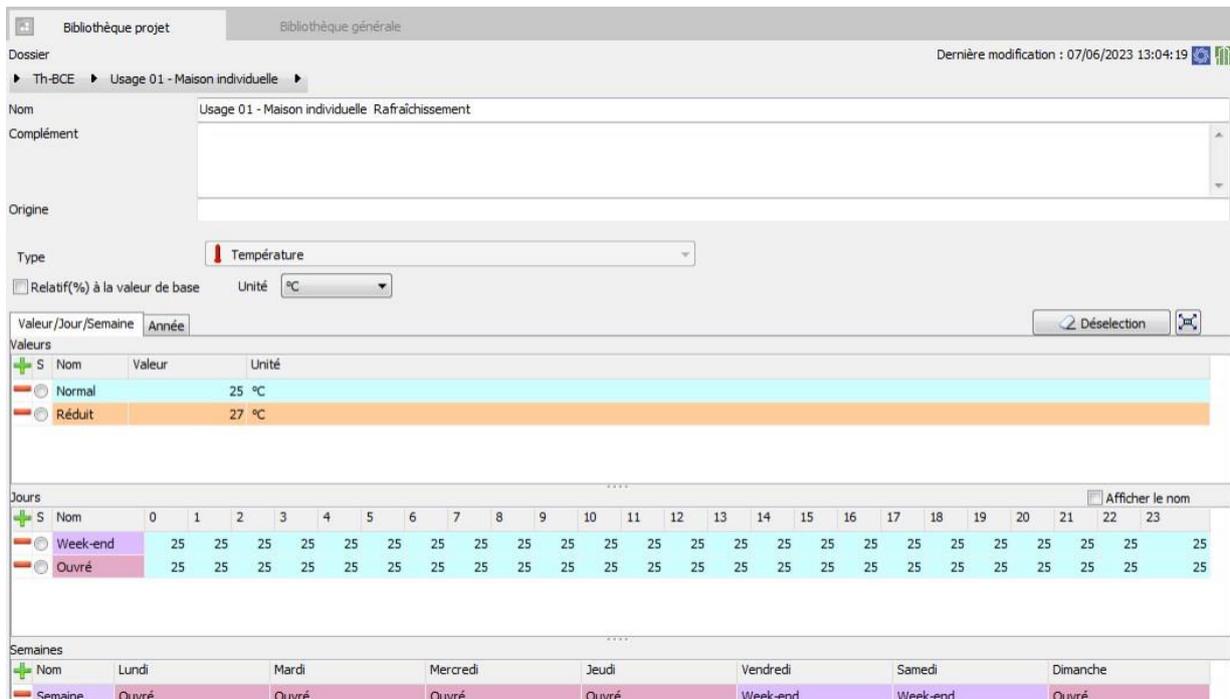


Figure III .34 : Scénario de Rafrachissement

III.6.4 Ventilation

Bibliothèque projet Bibliothèque générale

Dossier 1stry Dernière modification : 11/06/2023 20:50:18

Nom scénarios avec consigne

Complément

Origine

Type Ventilation

Relatif(%) à la valeur de base Valeur de base 0.6 Unité m³/h

Valeur/Jour/Semaine Année

Déselection

Valeurs

S	Nom	Valeur	Unité
<input checked="" type="radio"/>	Valeur	20 %	

Jours

Afficher le nom

S	Nom	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
<input checked="" type="radio"/>	Jour	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20

Semaines

Nom	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
Semaine	Jour	Jour	Jour	Jour	Jour	Jour	Jour

Figure III .35 : Scénario d'infiltration

Bibliothèque projet Bibliothèque générale

Dossier 1stry Dernière modification : 18/06/2023 14:36:09

Nom scénario sans consigne

Complément

Origine

Type Ventilation

Relatif(%) à la valeur de base Valeur de base 0.6 Unité m³/h

Valeur/Jour/Semaine Année

Déselection

Valeurs

S	Nom	Valeur	Unité
<input checked="" type="radio"/>	Valeur	20 %	
<input checked="" type="radio"/>	Valeur 1	100 %	
<input checked="" type="radio"/>	Valeur 2	0 %	

Jours

Afficher le nom

S	Nom	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
<input checked="" type="radio"/>	Jour ete	100	100	100	100	100	100	100	100	100	20	20	20	20	20	20	20	20	20	100	100	100	100	100	100
<input checked="" type="radio"/>	Jour hiver	20	20	20	20	20	20	20	20	20	100	100	100	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20

Semaines

Nom	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
Semaine	Jour ete						

Figure III .36 : Scénario de ventilation sans consigne de thermostat

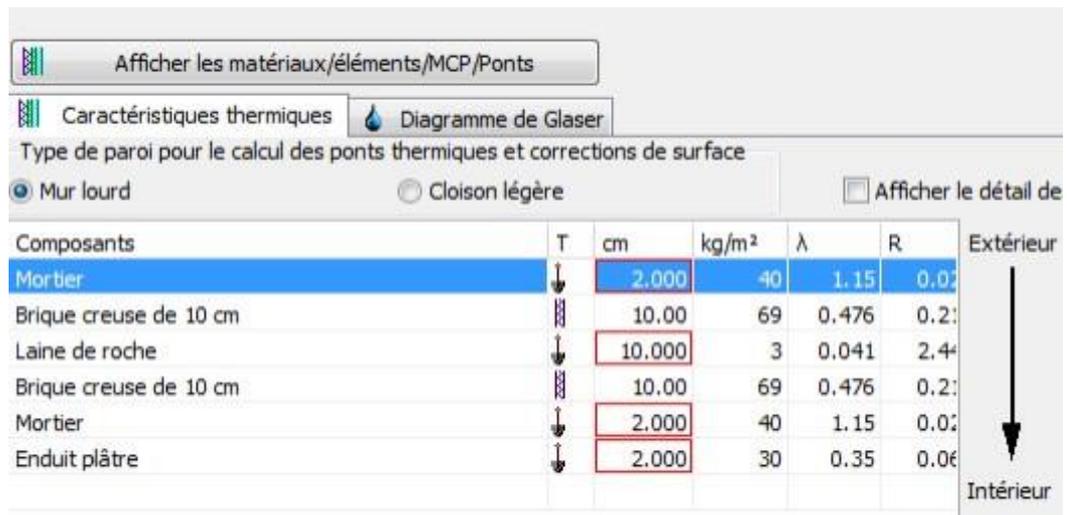
III.7. Lancement de la simulation

III.8. Proposition d'un composant d'une paroi avec isolation

La proposition d'isolants offre des caractéristiques spécifiques et conviennent à différentes situations. Il est essentiel de prendre en compte les besoins spécifiques de notre cas étudié, donc on a proposé la laine de roche comme un isolant a des raisons suivantes :

- Il présente d'excellentes propriétés d'isolation thermique, ce qui en fait un choix idéal pour l'isolation des murs dans une maison habitable.
- Il offre une isolation acoustique efficace, créant ainsi un environnement intérieur calme et paisible.
- Il démontre une grande résistance au feu, améliorant ainsi la sécurité incendie dans une maison habitable.
- Il se caractérise par sa durabilité et sa longévité, assurant une isolation efficace pendant de nombreuses années.
- Il fait preuve d'une excellente résistance à l'humidité, ce qui en fait un matériau adapté aux environnements humides.
- Il se distingue par sa facilité d'installation, permettant une mise en place aisée dans les murs d'une maison habitable.
- Son coefficient de conductivité thermique est en moyenne de 0.032 à 0.04 W/m.K. [43]

III.8.1 Composition du mur extérieur avec l'isolation

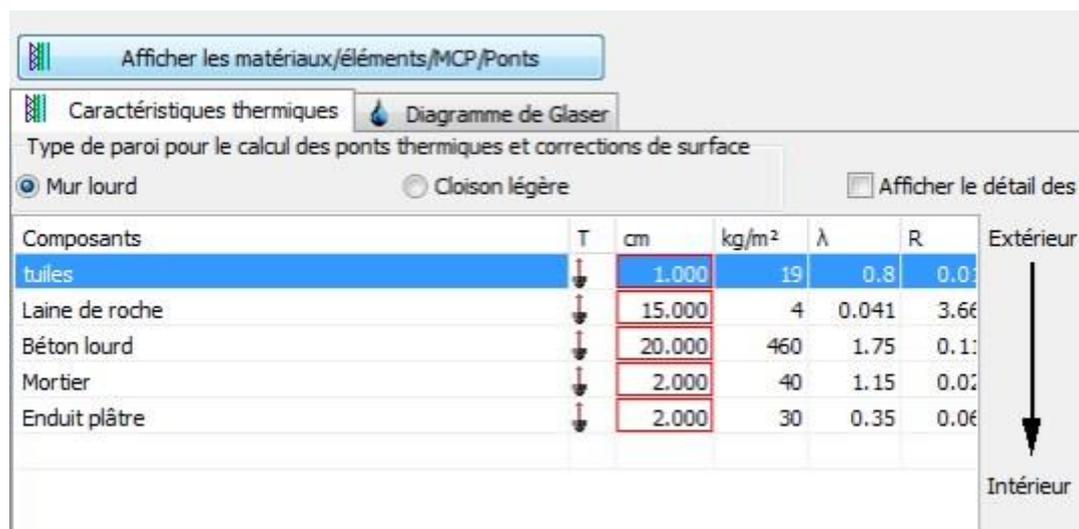


The screenshot shows a software interface for defining wall components. It includes a table with columns for 'Composants', 'T', 'cm', 'kg/m²', 'λ', and 'R'. The components listed are Mortier, Brique creuse de 10 cm, Laine de roche, Brique creuse de 10 cm, Mortier, and Enduit plâtre. The interface also has buttons for 'Afficher les matériaux/éléments/MCP/Ponts', 'Caractéristiques thermiques', and 'Diagramme de Glaser', along with radio buttons for 'Mur lourd' and 'Cloison légère', and a checkbox for 'Afficher le détail de'.

Composants	T	cm	kg/m ²	λ	R	
Mortier	↓	2.000	40	1.15	0.00	Extérieur ↓ Intérieur
Brique creuse de 10 cm	↓	10.00	69	0.476	0.21	
Laine de roche	↓	10.000	3	0.041	2.44	
Brique creuse de 10 cm	↓	10.00	69	0.476	0.21	
Mortier	↓	2.000	40	1.15	0.00	
Enduit plâtre	↓	2.000	30	0.35	0.06	

Figure III .37 : composition du mur extérieur avec l'isolation

III.8.2 Composition de la toiture avec l'isolation



The screenshot shows a software interface for defining roof components. It includes a table with columns for 'Composants', 'T', 'cm', 'kg/m²', 'λ', and 'R'. The components listed are tuiles, Laine de roche, Béton lourd, Mortier, and Enduit plâtre. The interface also has buttons for 'Afficher les matériaux/éléments/MCP/Ponts', 'Caractéristiques thermiques', and 'Diagramme de Glaser', along with radio buttons for 'Mur lourd' and 'Cloison légère', and a checkbox for 'Afficher le détail de'.

Composants	T	cm	kg/m ²	λ	R	
tuiles	↓	1.000	19	0.8	0.00	Extérieur ↓ Intérieur
Laine de roche	↓	15.000	4	0.041	3.66	
Béton lourd	↓	20.000	460	1.75	0.11	
Mortier	↓	2.000	40	1.15	0.00	
Enduit plâtre	↓	2.000	30	0.35	0.06	

Figure III .38 : composition de la toiture avec l'isolation

III.9. Lancement de la simulation

CHAPITRE IV

RESULTATS ET DISCUSSIONS

IV.1 Introduction

Ce chapitre présente les résultats et la discussion de l'évaluation thermique réalisée dans l'habitation choisi à l'aide du logiciel de simulation thermique dynamique « Pléiades ».

Cette partie présentera systématiquement les résultats et discutera des conclusions pour mieux comprendre le comportement thermique de la maison. Les résultats contribuent à la connaissance de l'architecture durable et offrent des recommandations pour des climats similaires.

- **Variante 01** : simulation du cas initial.
- **Variante 02** : simulation avec amélioration de cas initial par l'intégration de l'isolation dans les murs extérieur.
- **Variante 03** : simulation avec amélioration du cas étudié par l'intégration de l'isolation dans les murs extérieur ainsi que la toiture.

IV.2. Variante 01

IV.2.1 Simulation sans consigne de thermostat cas initial

Résultat de simulation

Après le lancement de simulation nous avons obtenu le résultat suivant :

Tableau IV.1 : Températures de la maison pour le cas initial sans consigne de thermostat :

	T° Min (C°)	T° Moy (C°)	T° Max (C°)
Séjour	9.5	21.4	35.4
Cuisine	9.6	21.8	36.2
Chambre	9.2	21.6	36.5
Chambre 1	9.5	22	36.5
Chambre 2	9	21.6	36.3
Chambre 3	9.1	21.8	36.2
Total	8.9	21.4	36.5

Visualisation graphique

A) Semaine la plus chaude

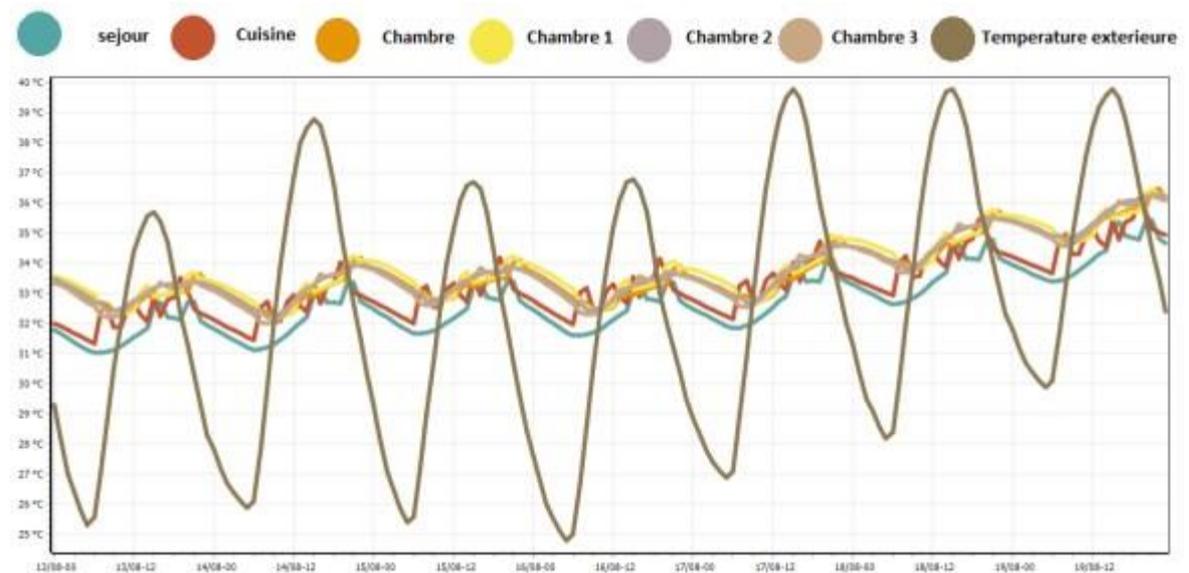


Figure IV. 1 : Evolution de la température pendant la semaine la plus chaude pour chaque zone.

Interprétation

Nous avons remarqué que le profil de température augmente progressivement avec le temps.

Nous observons que les températures de chaque zone fluctuent avec celle de l'extérieur, qui varie elle-même entre 24.5 °C et 39.7 °C.

Pour les zones, nous observons des températures qui peuvent atteindre 36.5 °C dans les zones : chambre, chambre 1 et 36.3 °C et 36.2 °C pour chambre 2 et chambre 3, créant un écart de 3.2 °C, 3.4 °C et 3.5 °C, alors que dans les zones : séjour et cuisine les températures peuvent atteindre 35.5 °C et 36.2 °C. L'écart est estimé à 4.2 °C et 3.5 °C respectivement.

Ceci peut être attribué au fait que la zone séjour soit orientée au sud, les apports solaires reçus sur cette zone sont estimés à 1292 kWh.

Pour la cuisine, sa température peut s'expliquer par la puissance dissipée apportée par les différents appareils présents dans la zone.

Les zones : chambre, chambre 1, chambre 2 et chambre 3 sont situées au premier niveau et reçoivent plus d'apports solaires sur la toiture (Voir plan).

B) Semaine la plus froide

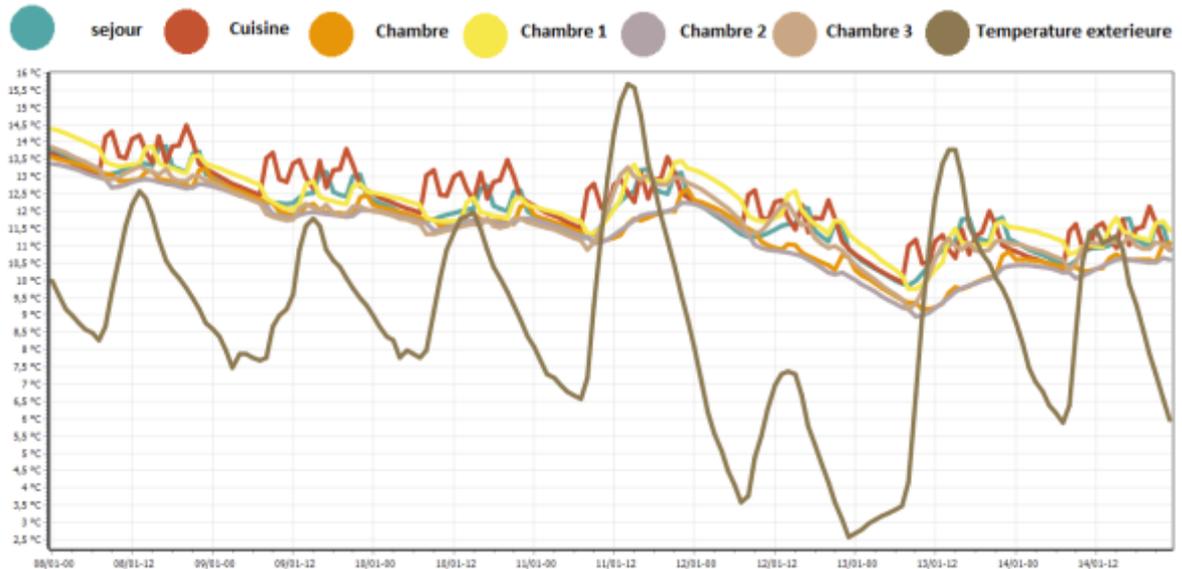


Figure IV. 2 : Evolution de la température pendant la semaine la plus froide pour chaque zone.

Interprétation

Nous avons constaté que les températures extérieures varient de 2.5 °C à 15.7 °C alors que les zones séjour et chambre 1 possèdent une température qui puisse atteindre 11.5 °C, l'écart est estimé à 9 °C.

Les zones cuisine, chambre 2, chambre et chambre 3 peuvent atteindre des températures de 11 °C, 10.2 °C et 10.7 °C respectivement

Ceci c'est dû aux appareils présents dans la zone cuisine et les apports solaires reçus sur la toiture et aussi due à la position de différentes pièces, par exemple la situation des pièces chambre, chambre 1, chambre 2 et chambre 3.

IV.2.2 Simulation avec consigne de thermostat cas initial

Résultat de simulation

Après le lancement de simulation nous avons obtenu le résultat suivant :

Visualisation graphique

A) Semaine la plus chaude

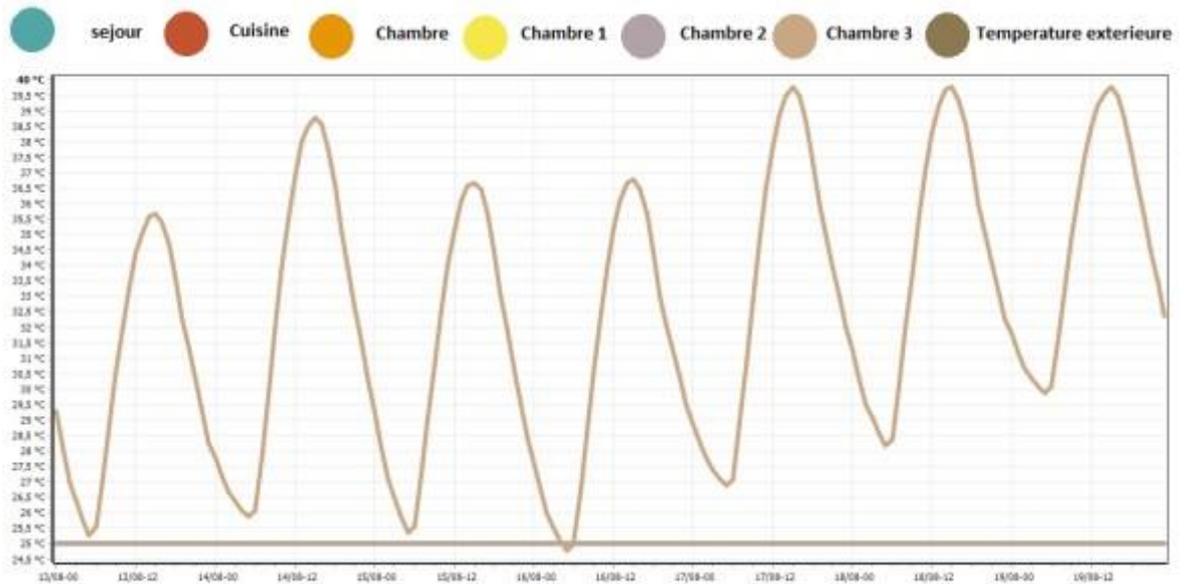


Figure IV. 3 : Evolution de la température pendant la semaine la plus chaude pour chaque zone.

B) Semaine la plus froide

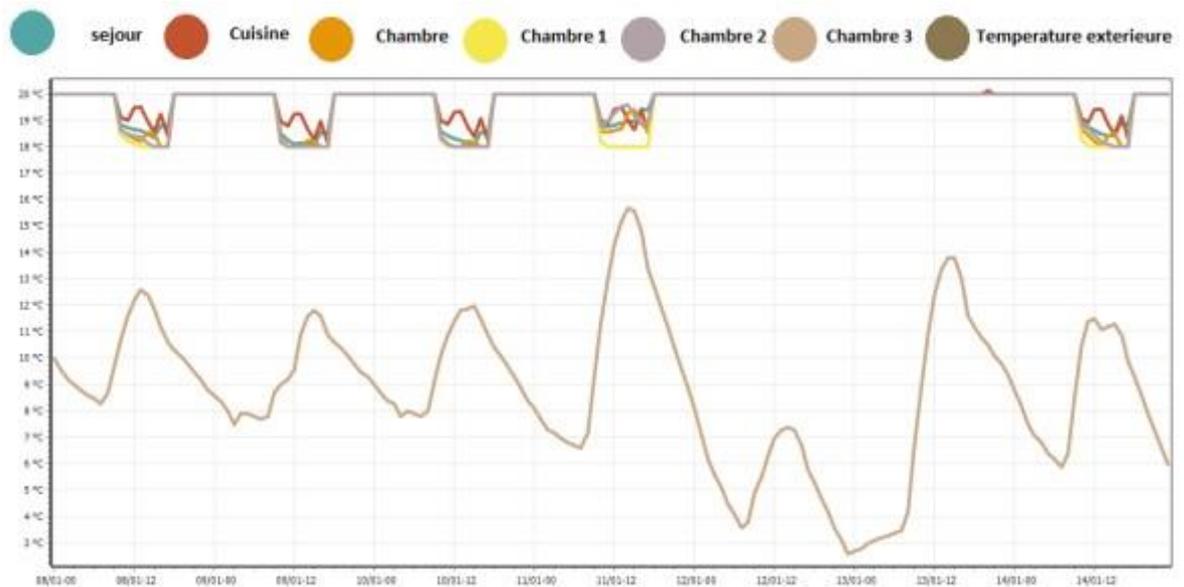


Figure IV. 4 : Evolution de la température pendant la semaine la plus froide pour chaque zone.

Interprétation

Nous avons constaté après l'intégration de la consigne de thermostat que le confort est atteint dans les différentes pièces avec les besoins en chauffage et climatisations qui sont présentés sur le tableau suivants :

Tableau IV. 2 : Besoins énergétiques de la maison pour le cas initial avec consigne de thermostat :

Zone	Besoins chauffage kWh	Besoins chauffage kWh/m ²	Besoins climatisation kWh	Besoins climatisation kWh/m ²	Puissance chauffage W	Puissance climatisation W
Séjour	1438	45	972	30	3592	1689
Cuisine	414	38	417	38	1548	717
Chambre	935	76	789	64	1715	1107
Chambre 1	924	54	999	59	1980	1462
Chambre 2	900	83	732	67	1540	955
Chambre 3	730	67	696	64	1540	955
TOTAL	9083	59	5984	41	22720	9286

IV. 3 Variante 02

IV.3.1 Simulation sans consigne de thermostat avec isolation

Résultat de simulation

Après le lancement de simulation nous avons obtenu le résultat suivant :

Tableau IV. 3 : Besoins énergétiques de la maison avec isolation sans consigne de thermostat :

	T° Min (C°)	T° Moy (C°)	T° Max (C°)
Séjour	10.3	21.4	34.7
Cuisine	10.4	21.8	35.4
Chambre	10.2	21.8	35.5
Chambre 1	10.4	22.1	35.5
Chambre 2	9.9	21.7	35.4
Chambre 3	9.9	21.8	35.4
Total	9.5	21.4	35.5

Visualisation graphique

A) Semaine la plus chaude

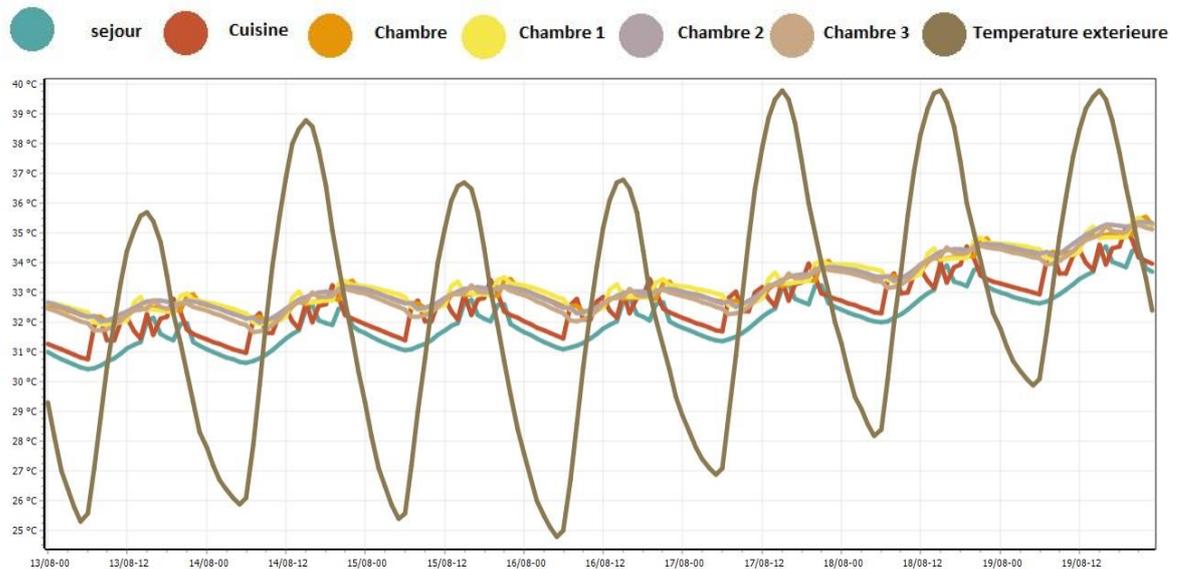


Figure IV. 5 : Evolution de la température pendant la semaine la plus chaude pour chaque zone.

Interprétation

Le profil de température subit une croissance progressive avec le temps.

Nous constatons que les températures de chaque zone fluctuent avec celle de l'extérieur, qui varie elle-même entre 24.6 °C et 39.7 °C.

Durant les températures extérieures les plus hautes, nous remarquons qu'il y a un écart entre les températures extérieures et intérieures, les zones séjour et cuisine atteignent une température d'environ 34.7 °C, avec un écart d'environ 5 °C par rapport à l'extérieur, ce qui est dû aux apports solaires du séjour et à la grande quantité de puissance dissipée dans la cuisine (Voir Figure III. 25).

Pour les autres zones, nous observons des températures qui peuvent atteindre 35 °C avec des différences de 0.1 °C entre chaque chambre. L'écart est estimé à 4.7 °C et qui peut être attribué au fait que les chambres sont situées au niveau 1 (Voir plan) et reçoivent plus d'apports solaires sur la toiture.

B) Semaine la plus froide

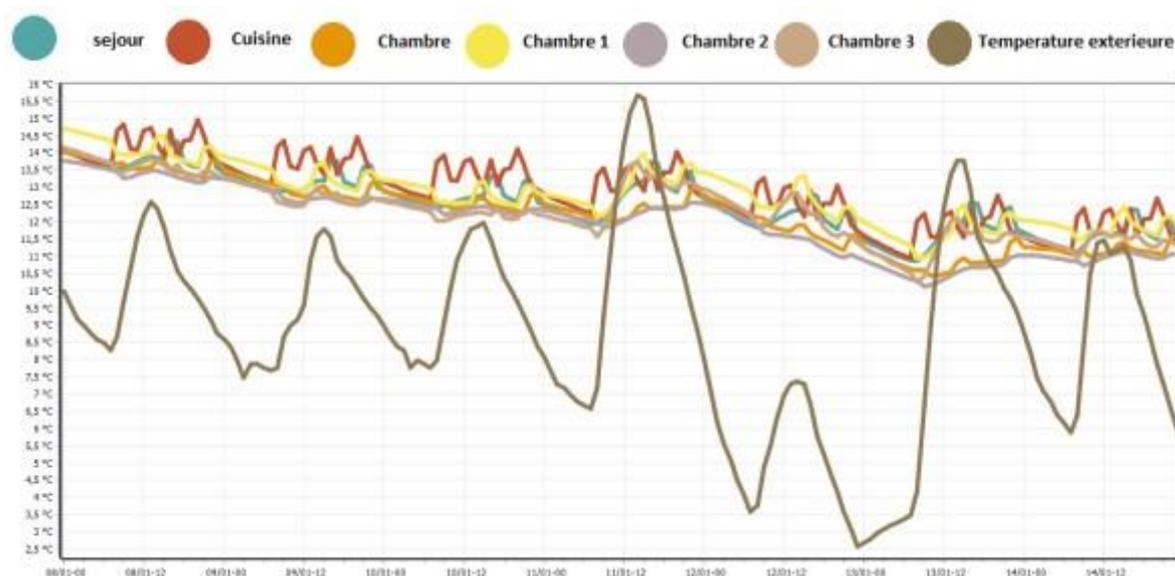


Figure IV. 6 : Evolution de la température pendant la semaine la plus froide pour chaque zone.

Interprétation

Nous avons constaté que les températures extérieures varient de 2.5 °C à 15.7°C.

Les zones séjour, cuisine peuvent atteindre une température de 11.7 °C, chambre et chambre 3 peuvent atteindre 11.6 °C chambre 1 et chambre 2 peuvent atteindre des températures de 12.4 °C et 11 °C respectivement.

Cela est dû aux apports solaires sur le séjour et ceux reçus sur la toiture et aussi due à la position de différentes pièces, par exemple la situation des pièces chambre, chambre 1, chambre 2 et chambre 3, et aussi à la puissance dissipée de la cuisine.

IV.3.2 Simulation avec consigne de thermostat avec isolation

Résultat de simulation :

Après le lancement de simulation nous avons obtenu le résultat suivant :

Visualisation graphique

A) Semaine la plus chaude

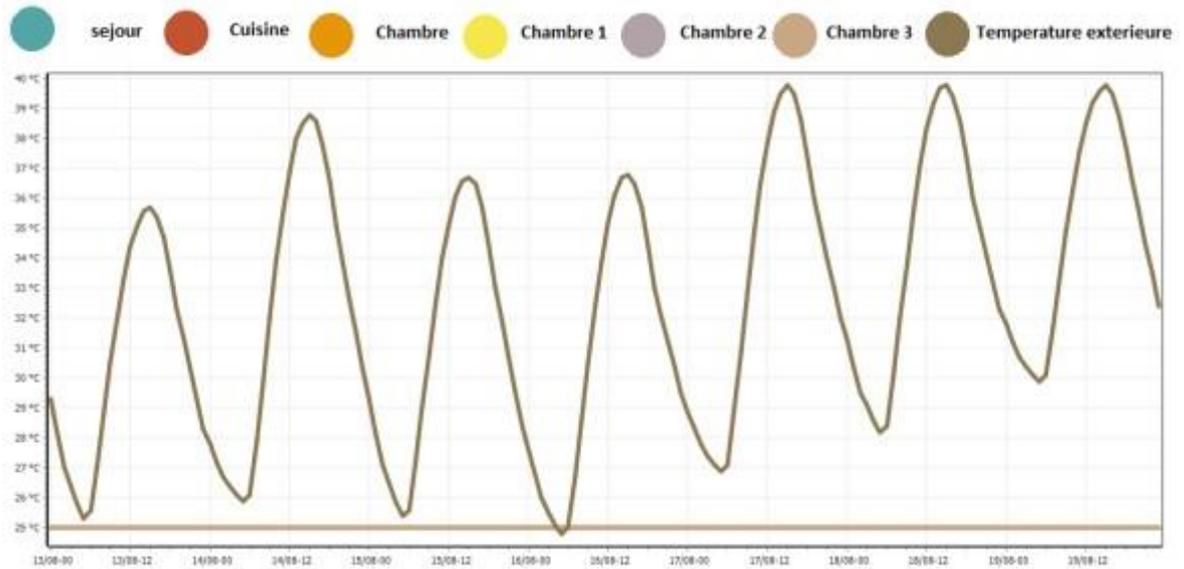


Figure IV. 7 : Evolution de la température pendant la semaine la plus chaude pour chaque zone.

B) Semaine la plus froide

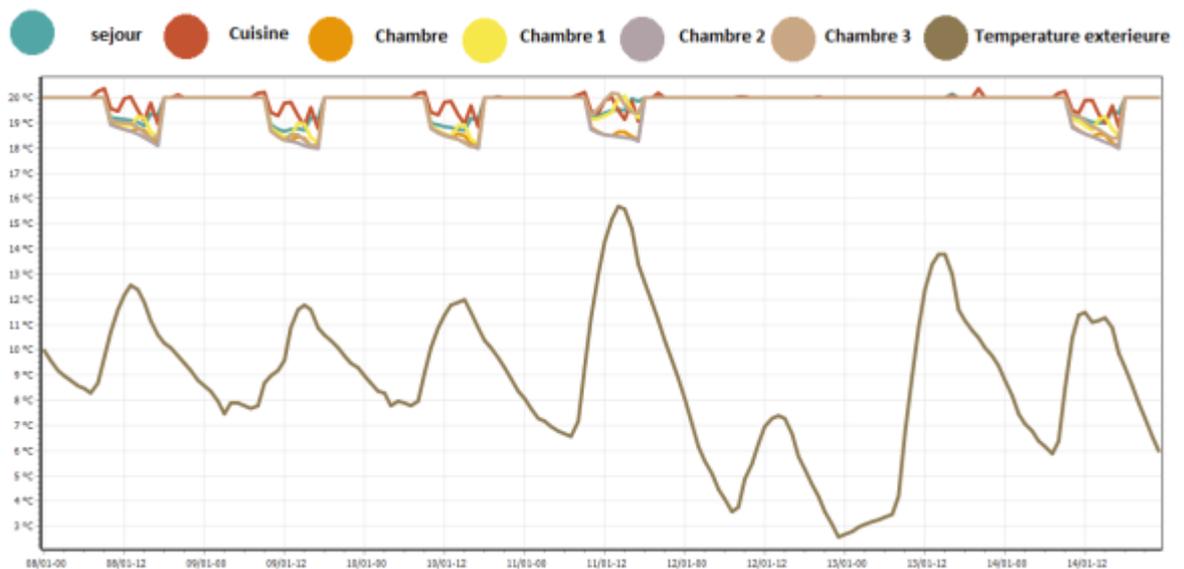


Figure IV. 8 : Evolution de la température pendant la semaine la plus froide pour chaque zone.

Interprétation

Nous avons constaté après l'intégration de la consigne de thermostat que le confort est atteint dans les différentes pièces avec les besoins en chauffage et climatisations qui sont présentés sur le tableau suivants :

Tableau IV. 4 : Besoins énergétiques de la maison avec isolation avec consigne de thermostat :

Zone	Besoins chauffage kWh	Besoins chauffage kWh/m ²	Besoins climatisation kWh	Besoins climatisation kWh/m ²	Puissance chauffage W	Puissance climatisation W
Séjour	1028	32	668	21	3497	1370
Cuisine	274	25	298	27	1485	564
Chambre	607	49	572	46	1749	860
Chambre 1	572	34	735	43	2048	1138
Chambre 2	623	57	542	50	1567	776
Chambre 3	493	45	519	48	1427	669
TOTAL	6266	40	4078	28	22648	6979

IV.4. Variante 03

IV.4.1. Simulation sans consigne de thermostat avec isolation

Résultat de simulation

Après le lancement de simulation nous avons obtenu le résultat suivant :

Tableau IV. 5 : Besoins énergétiques de la maison avec isolation sans consigne de thermostat :

	T° Min (C°)	T° Moy (C°)	T° Max (C°)
Séjour	12	22.4	34.9
Cuisine	12	22.7	35.4
Chambre	13.3	23.5	35.6
Chambre 1	13.9	24	35.7
Chambre 2	12.7	23.2	35.5
Chambre 3	12.9	23.3	35.3
Total	11.6	22.7	35.7

Visualisation graphique

A) Semaine la plus chaude

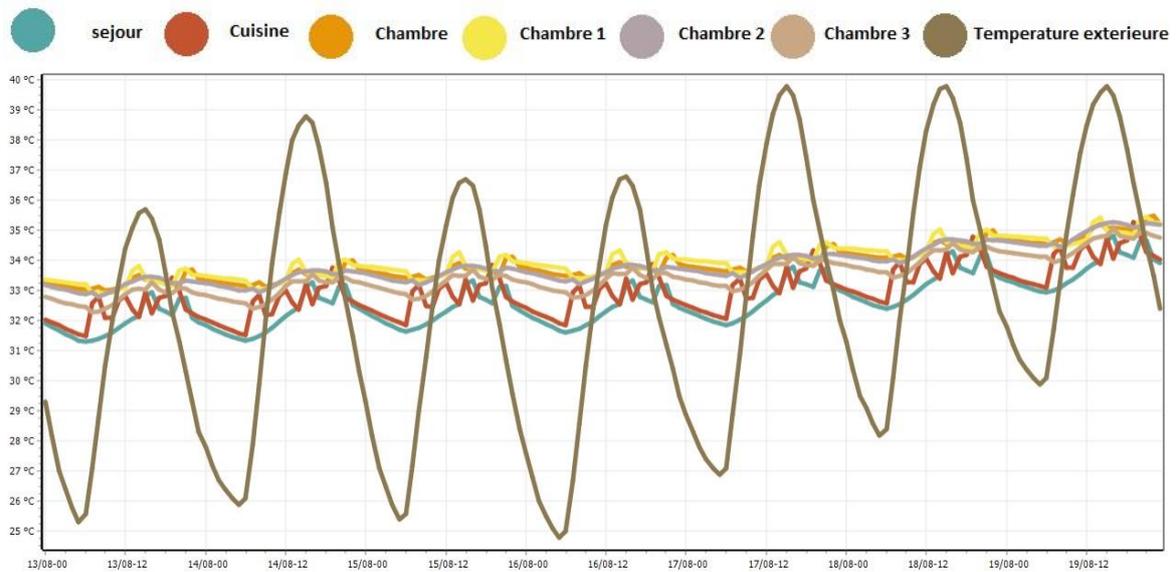


Figure IV. 9 : Evolution de la température pendant la semaine la plus chaude pour chaque zone.

Interprétation

Le profil de température subit une légère croissance progressive avec le temps.

Nous constatons que les températures de chaque zone fluctuent avec celle de l'extérieur, qui varie elle-même entre 24.6 °C et 39.7 °C.

Durant les températures extérieures les plus hautes, nous remarquons qu'il y a un écart entre les températures extérieures et intérieures, les zones séjour et cuisine atteignent une température d'environ 34.9 °C, avec un écart d'environ 4.8 °C par rapport à l'extérieur, ce qui est dû aux apports solaires du séjour et à la grande quantité de puissance dissipée dans la cuisine (Voir Figure III. 25).

Pour les autres zones, nous observons des températures qui peuvent atteindre 35 °C avec des différences de 0.1 °C entre chaque chambre. L'écart est estimé à 4.7 °C et qui peut être attribué au fait que les chambres sont situées au niveau 1 (Voir plan) et reçoivent plus d'apports solaires sure la toiture.

B) Semaine la plus froide

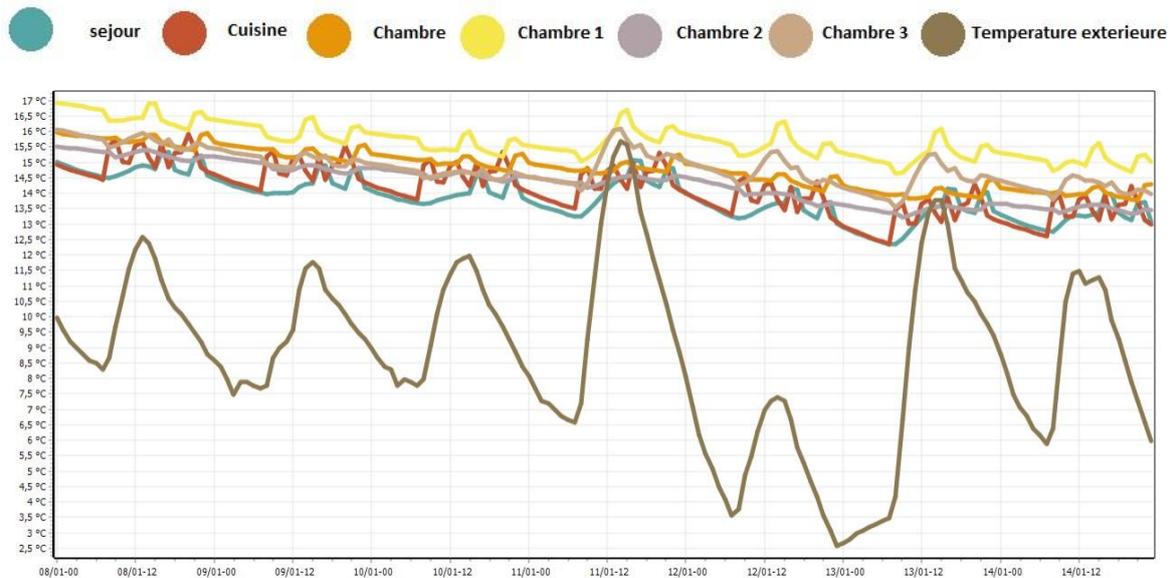


Figure IV. 10 : Evolution de la température pendant la semaine la plus froide pour chaque zone.

Interprétation

Nous avons constaté que les températures extérieures varient de 2.5 °C à 15.7°C.

Les zones séjour, cuisine peuvent atteindre une température de 13 °C, chambre et chambre 3 peuvent atteindre 14.5 °C, chambre 1 et chambre 2 peuvent atteindre des températures de 15.4 °C et 13.5 °C respectivement, créant des écarts de 10.5 °C, 12 °C, 12.9 °C et 11 °C.

Cela est dû aux apports solaires sur le séjour et ceux reçus sur la toiture et à la position de différentes pièces, par exemple la situation des pièces chambre, chambre 1, chambre 2 et chambre 3, et aussi à la puissance dissipée de la cuisine.

IV.4.2 Simulation avec consigne de thermostat avec isolation

Résultat de simulation :

Après le lancement de simulation nous avons obtenu le résultat suivant :

Visualisation graphique

A) Semaine la plus chaude

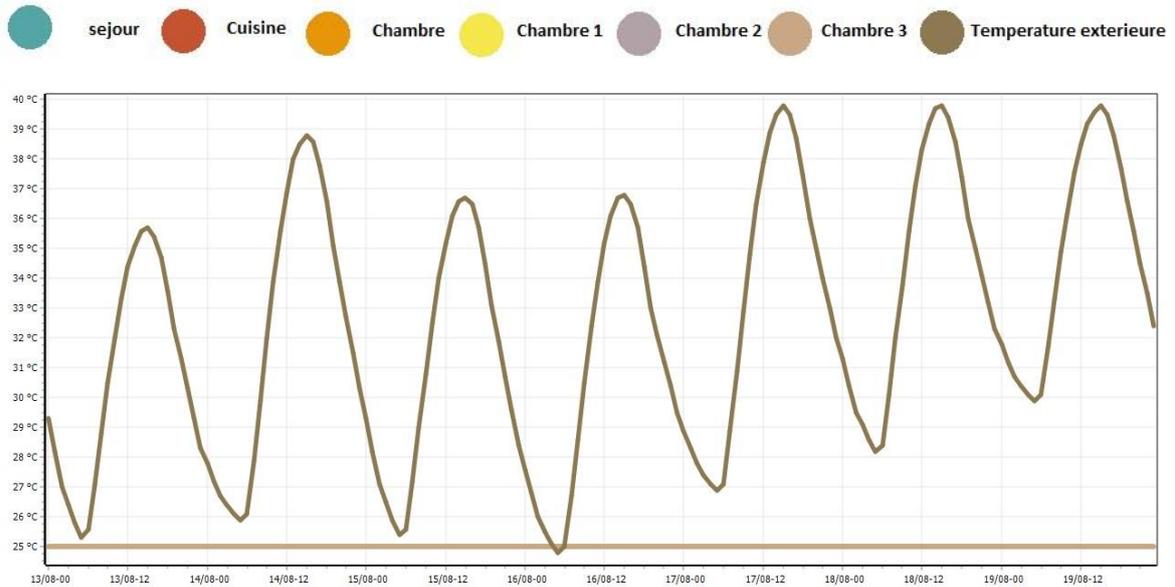


Figure IV. 11 : Evolution de la température pendant la semaine la plus chaude pour chaque zone.

B) Semaine la plus froide

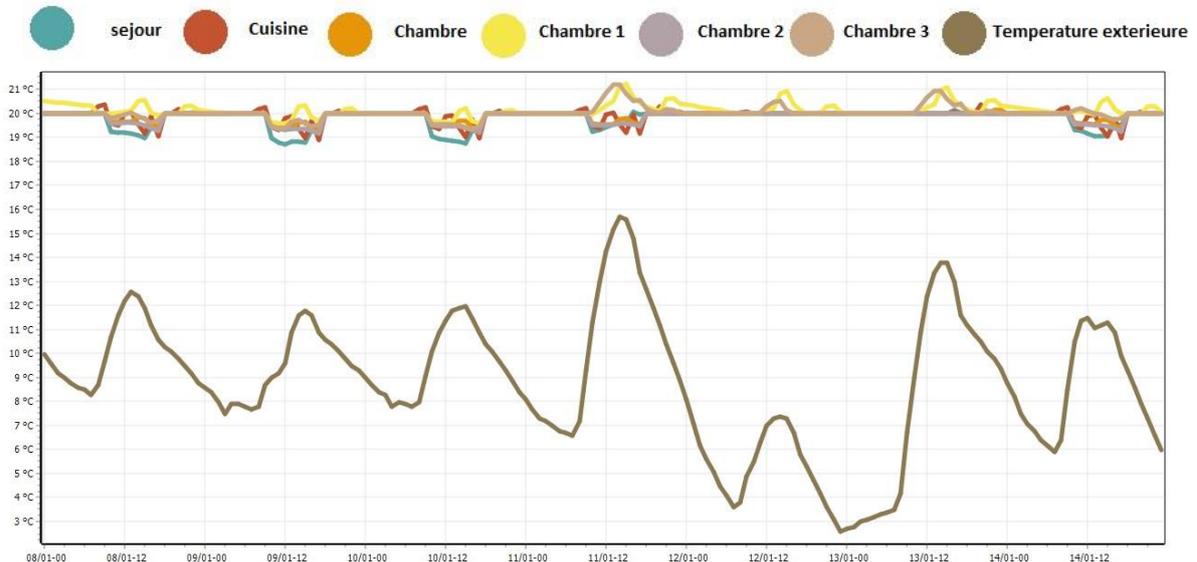


Figure IV. 12 : Evolution de la température pendant la semaine la plus froide pour chaque zone.

Interprétation

Nous avons constaté après l'intégration de la consigne de thermostat que le confort est atteint dans les différentes pièces avec les besoins en chauffage et climatisations qui sont présentés sur le tableau suivants :

Tableau IV. 6 : Besoins énergétiques de la maison avec isolation avec consigne de thermostat :

Zone	Besoins chauffage kWh	Besoins chauffage kWh/m ²	Besoins climatisation kWh	Besoins climatisation kWh/m ²	Puissance chauffage W	Puissance climatisation W
Séjour	892	28	661	21	2265	1363
Cuisine	243	22	292	27	996	560
Chambre	118	10	397	32	1073	1111
Chambre 1	31	2	501	29	1008	1452
Chambre 2	181	17	389	36	1045	964
Chambre 3	84	8	368	34	855	760
TOTAL	2850	18	2928	20	14534	7666

IV.4 Confort thermique

Tableau IV. 7 : Taux d'inconfort de chaque zone pour chaque variante.

Zones	Variante 01	Variante 02	Variante 03
Séjour	54.81%	53.50%	46.98%
Cuisine	55.20%	53.96%	48.95%
Chambre	56.04%	55.18%	49.43%
Chambre 1	54.67%	54.08%	43.43%
Chambre 2	56.59%	55.12%	51.25%
Chambre 3	55.59%	54.03%	47.87%

IV.5. Evaluation énergétique de notre travail

Tableau IV. 8 : Comparaison entre les besoins des deux variantes :

Variantes	Besoins de Chauffage	Besoins de Climatisation
Variante 01 :	59 kWh/m ²	41 kWh/m ²
Variante 02 :	40 kWh/m ²	28 kWh/m ²
Variante 03 :	18 kWh/m ²	20 kWh/m ²

Pour calculer les besoins totaux de la variante 01, nous allons utiliser la formule suivante :

$$\text{Besoins totaux} = \text{Besoins de chauffage} + \text{Besoins de climatisation.}$$

Application numérique :

$$59 + 41 = 100 \text{ kWh/m}^2$$

$$91 < 100 < 150$$

Pour calculer les besoins totaux de la variante 02, nous utilisons la même formule :

$$40 + 28 = 68 \text{ kWh/m}^2$$

$$51 < 68 < 90$$

Pour calculer les besoins totaux de la variante 03, nous utilisons la même formule :

$$18 + 20 = 38 \text{ kWh/m}^2$$

$$38 \leq 50$$

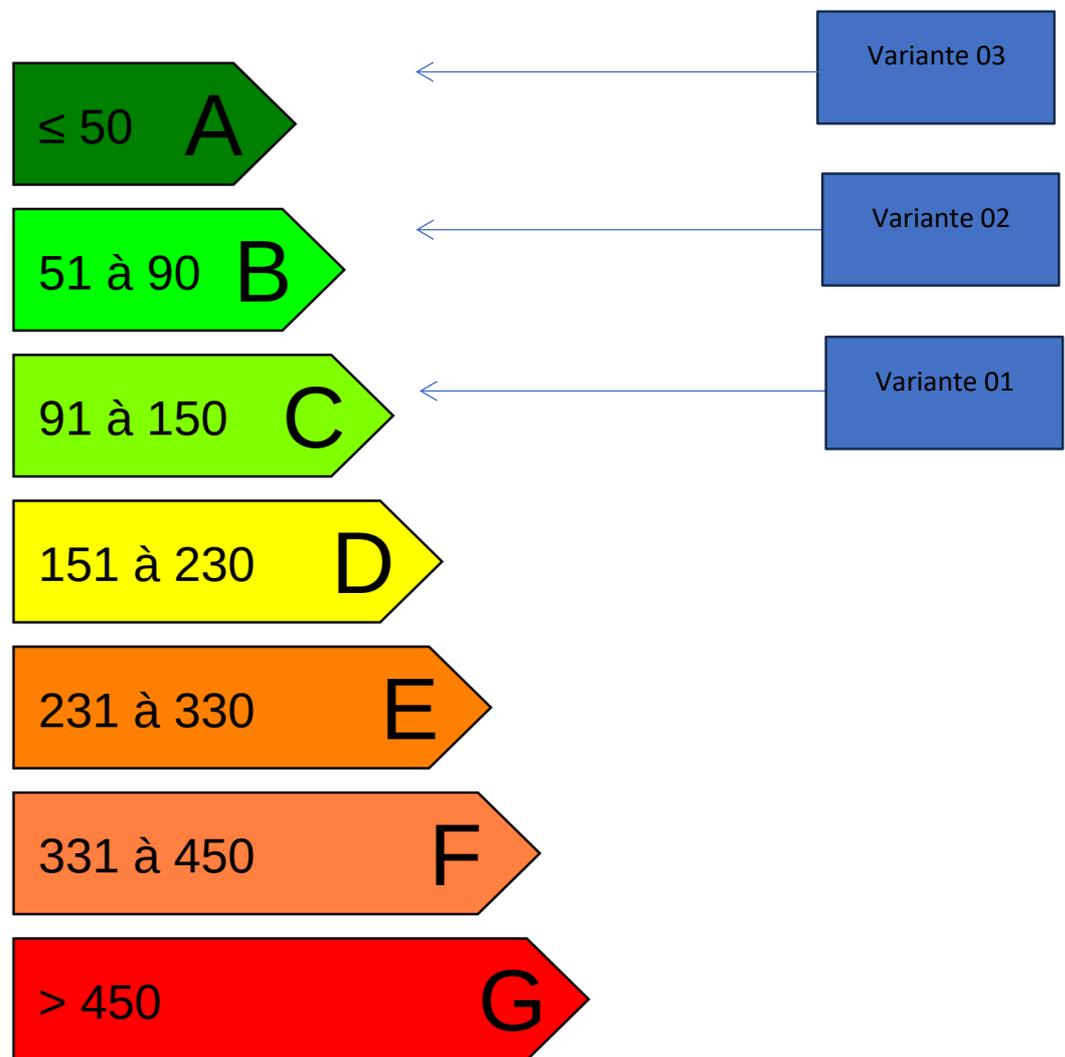


Figure IV. 13 : Etiquette du classement énergétique.

Après avoir obtenu les résultats des besoins énergétiques totaux pour les trois cas, nous pouvons clairement voir que l'utilisation de l'isolation a considérablement réduit ces besoins, les ramenant de 100 kWh/m² pour la variante 01 à 68 kWh/m² pour la variante 02, jusqu'à 38 kWh/m² pour la variante 03.

Ces résultats entraînent également un changement dans la catégorie de classement énergétique des bâtiments, puisque la maison de Khemis Miliana, initialement classée dans la catégorie C sans isolation, est passée dans la catégorie B grâce à l'utilisation de l'isolation sur les murs extérieurs, pour ensuite passer à la classe A avec l'utilisation de l'isolation sur les murs extérieurs et sur la toiture.

IV.6 Conclusion

Les résultats concernant les besoins énergétiques totaux de la maison de Khemis Miliana ont été obtenus à la fois dans le cas initial et dans le second cas qui incluait l'isolation des murs extérieurs de la maison et enfin dans le troisième cas qui incluait l'isolation des murs extérieurs et la toiture de la maison à l'aide de laine de roche.

Ces résultats ont montré que la laine de roche en tant qu'isolant a permis de réduire les besoins énergétiques totaux de la maison de 32.21 % pour les besoins de chauffage et de 31.71 % pour les besoins de climatisation dans le cas de l'application de l'isolation sur les murs extérieurs (variante 02), et de 69.5 % pour les besoins de chauffage et de 51.22 % pour les besoins de climatisation dans le cas de l'application de l'isolation sur les murs extérieurs et la toiture (variante 03).

CONCLUSION GENERALE

Notre étude nous a permis de réaliser une amélioration thermique et augmentation du confort thermique dans une maison habitable située à Khemis Miliana, donc on a essayé d'intégrer un matériau isolant pour pouvoir offrir le confort désiré des occupants et en même temps réduire la consommation en énergie fossile.

L'étude statique de la maison étudiée, nous a permis de constater qu'elle n'est pas conforme à la réglementation thermique (DTR C3.2) à cause des faibles résistances thermiques des éléments constructifs.

Nous avons étudié le comportement thermique du logement sélectionné à l'aide du logiciel de simulation thermique dynamique Pléiades

Les résultats de l'étude paramétrique faite à l'aide d'un outil de simulation thermique dynamique ont montré que le traitement de l'enveloppe extérieure et de la toiture peut réduire la consommation énergétique et améliorer dans sa performance énergétique.

Dans cette étude on prend compte les conditions météorologiques du site étudié, cette étude est basée sur la variation des paramètres et des scénarios d'étude. En fonction d'un scénario d'occupation prédéfini, des scénarios de ventilation et de dissipation d'énergie sont considérés pour les besoins de la simulation.

Après les différentes simulations des variantes étudiées nous avons minimisé les besoins énergétiques de la maison de 15067 kWh à 10344 kWh et ensuite à 5778 kWh et amélioré le confort thermique de la maison grâce à une bonne isolation.

REFERENCE

- [1] Bouzidi, Y., El Akili, Z., & Chahboun, A. G. N. T. A. (2020, September). Evaluation of thermal comfort in French healthcare buildings. In *The 15th Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems (SDEWES)*,.
- [2] Emeteri, M. E. (2022). *Numerical Methods in Environmental Data Analysis*. Elsevier.
- [3] Alwetaishi, M. S. (2016). Impact of building function on thermal comfort: A review paper. *Am. J. Eng. Applied Sci*, 9, 928-945.
- [4] Kim, Y., Shin, Y., & Cho, H. (2021). Influencing factors on thermal comfort and biosignals of occupant-a review. *Journal of Mechanical Science and Technology*, 35, 4201-4224.
- [5] ichi Tanabe, S., & ichi Kimura, K. (1994). Effects of air temperature, humidity, and air movement on thermal comfort under hot and humid conditions. *ASHRAE transactions*, 100(2), 953-969.
- [6] Tomorad, J., Horvat, I., & Dović, D. (2018). Study of Operative Temperature Using the Novel Detail Approach in Determining Mean Radiant Temperature–Comparison Between Wall-Mounted Convectors and Conventional Radiator. *Transactions of FAMENA*, 42(SI-1), 27-38.
- [7] Gan, G. (2001). Analysis of mean radiant temperature and thermal comfort. *Building Services Engineering Research and Technology*, 22(2), 95-101.
- [8] Bean, R., Ret. (n.d.-b). *Mean Radiant Temperature | Indoor Environmental Quality with Energy Efficiency*. Healthy Heating. <http://www.healthyheating.com/Definitions/Mean%20Radiant.htm>
- [9] Xu, J., & Raman, A. P. (2021). Controlling radiative heat flows in interior spaces to improve heating and cooling efficiency. *Iscience*, 24(8), 102825.
- [10] Atmaca, I., Kaynakli, O., & Yigit, A. (2007). Effects of radiant temperature on thermal comfort. *Building and environment*, 42(9), 3210-3220.
- [11] Yahia, E. M. (Ed.). (2019). *Postharvest technology of perishable horticultural commodities*. Woodhead Publishing.

- [12] <https://www.weather.gov/lmk/humidity> NOAA's National Weather Service. (n.d.). Discussion on Humidity.
- [13] Jing, S., Li, B., Tan, M., & Liu, H. (2013). Impact of relative humidity on thermal comfort in a warm environment. *Indoor and Built Environment*, 22(4), 598-607.
- [14] Kong, D., Liu, H., Wu, Y., Li, B., Wei, S., & Yuan, M. (2019). Effects of indoor humidity on building occupants' thermal comfort and evidence in terms of climate adaptation. *Building and Environment*, 155, 298-307.
- [15] Djamila, H., Chu, C. M., & Kumaresan, S. (2014). Effect of humidity on thermal comfort in the humid tropics. *Journal of building construction and planning research*, 2(02), 109.
- [16] Bean, R., Ret. (n.d.). Home Humidity: Comfort: Indoor Environmental Quality. https://www.healthyheating.com/Thermal_Comfort_Working_Copy/Definitions/humidity.htm
- [17] Yusoff, W. F. M. (2020). The effects of various opening sizes and configurations to air flow dispersion and velocity in cross-ventilated building. *Jurnal Teknologi*, 82(4).
- [18] Manu, S., Shukla, Y., Rawal, R., Thomas, L. E., De Dear, R., Dave, M., & Vakharia, M. (2014). Assessment of air velocity preferences and satisfaction for naturally ventilated office buildings in India. In *Passive and Low Energy Architecture (PLEA) Annual International Conference*. CEPT UNIVERSITY PRESS.
- [19] Aflaki, A., Mahyuddin, N., Manteghi, G., & Baharum, M. (2014). Building height effects on indoor air temperature and velocity in high rise residential buildings in tropical climate. *OIDA International Journal of Sustainable Development*, 7(07), 39-48.
- [20] Sansaniwal, S. K., Tewari, P., Kumar, S., Mathur, S., & Mathur, A. J. (2020). Impact assessment of air velocity on thermal comfort in composite climate of India. *Science and Technology for the Built Environment*, 26(9), 1301-1320.
- [21] ISO EN 7730 (ISO, 2005).

- [22] Song, C., Duan, G., Wang, D., Liu, Y., Du, H., & Chen, G. (2021). Study on the influence of air velocity on human thermal comfort under non-uniform thermal environment. *Building and Environment*, 196, 107808.
- [23] Roghanchi, P., Kocsis, K. C., & Sunkpal, M. (2016). Sensitivity analysis of the effect of airflow velocity on the thermal comfort in underground mines. *Journal of sustainable mining*, 15(4), 175-180.
- [24] Thunshelle, K., Nordby, H. S., Solberg, H. R., Holøs, S., & Schild, P. G. (2020). Acceptable air velocities using demand-controlled ventilation for individual cooling. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 172, p. 09002). EDP Sciences.
- [25] Luo, M., Wang, Z., Ke, K., Cao, B., Zhai, Y., & Zhou, X. (2018). Human metabolic rate and thermal comfort in buildings: The problem and challenge. *Building and Environment*, 131, 44-52.
- [26] Revel, G. M., Arnesano, M., & Pietroni, F. (2015). Integration of real-time metabolic rate measurement in a low-cost tool for the thermal comfort monitoring in AAL environments. In *Ambient assisted living: Italian forum 2014* (pp. 101-110). Springer International Publishing.
- [27] Ongwuttiwat, K., & Sudprasert, S. (2015). Thermal Balance and the Role of Clothing on Thermal Comfort in Hot and Humid Climate. *International Journal of Building, Urban, Interior and Landscape Technology (BUILT)*, 6, 5-14.
- [28] Atasağun, H. G., Okur, A., Psikuta, A., Rossi, R. M., & Annaheim, S. (2019). The effect of garment combinations on thermal comfort of office clothing. *Textile Research Journal*, 89(21-22), 4425-4437.
- [29] Liu, J., Foged, I. W., & Moeslund, T. B. (2022). Clothing Insulation Rate and Metabolic Rate Estimation for Individual Thermal Comfort Assessment in Real Life. *Sensors*, 22(2), 619.
- [30] Rijal, H. B., Humphreys, M. A., & Nicol, J. F. (2019). Adaptive model and the adaptive mechanisms for thermal comfort in Japanese dwellings. *Energy and Buildings*, 202, 109371.

- [31] Oğulata, R. T. (2007). The effect of thermal insulation of clothing on human thermal comfort. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 15(2), 67-72.
- [32] Jiang, H., landoli, M., Van Dessel, S., Liu, S., & Whitehill, J. (2019). Measuring Students' Thermal Comfort and Its Impact on Learning. *International Educational Data Mining Society*.
- [33] Yüksel, N. (2016). The review of some commonly used methods and techniques to measure the thermal conductivity of insulation materials. In *Insulation materials in context of sustainability*. IntechOpen.
- [34] *Isolation thermique des murs*. (2013, January 22). Isolation France. <https://www.isolation-france.fr/isolation-thermique/isolation-thermique-murs/>
- [35] Mashkoo, I. A., Mohammad, H. M., & Dakhil, S. F. (2020, November). Preparation of Sustainable Thermal Insulators from Waste Materials. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 987, No. 1, p. 012008). IOP Publishing.
- [36] Latif, E., Bevan, R., & Woolley, T. (2019). *Thermal insulation materials for building applications*. ICE Publishing.
- [37] ANIREF « Agence National d'Intermédiation et de Régulation Foncière »
- [38] Abdelghani, Y. C. (2015). Impact du changement climatique sur le rendement du blé dur dans la wilaya d'Ain Defla.
- [39] *Climat, météo par mois, température moyenne pour Aïn Defla (Algérie) - Weather Spark*. (n.d.). <https://fr.weatherspark.com>
- [40] Document technique de réglementation (DTR C3-2).
- [41] <https://www.izuba.fr/>
- [42] <https://meteonorm.com/meteonorm-zeitreihen>
- [43] <https://conseils-thermiques.org/>