

MINISTERE DE L`ENSEIGNEMENT SUPPERIEUR DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE SAAD DAHLAB – BLIDA 1
FACULTE DE TECHNOLOGIE



MEMOIRE

Présente au DEPERTEMENT des ENERGIES RENOUVELEBLES

Pour l`obtention du diplôme de : MASTER EN ENERGIES RENOUVELABLES

OPTION : ENERGIE RENOUVELABLE et HABITAT BIOCLIMATIQUE

THEME

Réhabilitation thermique :
Pour une bibliothèque à haute performance énergétique

Réalisé par : Djelloul Rayane

Soutenu le : 13/07/2023

Devant le jury compose de :

Semmar.D professeur a université de blida1

Président

Hamid.A professeur a université de blida1

Promoteur

Oukaci

Examinatrice

2022/2023

REMERCIEMENT

Ce travail a été réalisé dans le cadre de la préparation d'un mémoire de master en énergies renouvelables, options Energie renouvelable et habitat bioclimatique au département des Energies renouvelables de l'université Saad Dahlab de Blida 1, sous la direction du Pr Hamid Abdelkader, que je remercie vivement pour toute l'aide qu'il m'a apportée durant toute la durée de préparation du présent mémoire.

Tout comme je remercie l'ensemble du personnel du département des énergies renouvelables de l'université de SAAD DAHLAB de Blida pour l'aide qu'ils m'ont apportée durant la préparation du présent travail.

Mes plus vifs remerciements vont au Pr. Semmar .D, A USDB1, pour m'avoir fait l'honneur de présider le jury de soutenance du présent mémoire.

Je remercie vivement Mr _____ et Mme _____ pour l'honneur qu'ils m'ont fait en participant au jury en qualité d'examineurs.

Enfin, je souhaite exprimer toute ma gratitude à l'ensemble des enseignants personnes, qui ont largement contribué à son aboutissement.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Abstract

This work aims to study one of the axes of application of energy efficiency in the building, in this case the integration of renewable energies in the building.

As the building is considered to be a major energy consumer, researchers in these fields are working to find solutions to reduce energy consumption, especially in the building's heating and air conditioning modes.

The use of solar energy is one of the priority areas of research in Algeria, which has a large solar deposit. In this context, our building diagnostic study and proposal of solutions to reduce energy consumption for the library located in Blida center intervenes.

The study was carried out using the PLIEADE+ COMFIE software. This has, in fact, enabled dynamic thermal simulation to study the thermal behavior of the library and deduce the heating and air conditioning needs, taking into account all the parameters influencing this calculation: building architecture, outdoor climate and the parameter building occupancy.

The results obtained summarize the thermal behavior of all areas of the library.

At the end of this work, insulation from the outside of the walls and roof with 10cm of extruded polystyrene, new ventilation, and replacement of the north facade with double glazing with different scenarios of concealment.

Résumé

Ce travail a pour objectif l'étude de l'un des axes d'application de l'efficacité énergétique dans le bâtiment en l'occurrence l'intégration des énergies renouvelables dans le bâtiment.

Comme le bâtiment est considéré comme un grand consommateur d'énergie, les chercheurs dans ces domaines œuvrent pour trouver des solutions pour réduire la consommation d'énergie surtout dans les modes de chauffage et de climatisation du bâtiment.

L'utilisation de l'énergie solaire est l'un des axes prioritaires de recherche en Algérie, laquelle dispose d'un gisement solaire important. Dans ce cadre, intervient notre étude de diagnostic du bâtiment et proposition des solutions pour réduire la consommation de l'énergie pour la bibliothèque située à Blida centre.

L'étude a été faite à partir du logiciel PLIEADE+ COMFIE. Celui-ci a, en effet, permis la simulation thermique dynamique pour étudier le comportement thermique de la bibliothèque et déduire les besoins en chauffage et en climatisation en tenant compte de tous les paramètres influents sur ce calcul : architecture du bâtiment, climat extérieur et le paramètre d'occupation du bâtiment.

Les résultats obtenus résument le comportement thermique de toutes les zones de la bibliothèque.

Au terme de ce travail, une isolation par l'extérieur des murs et de la toiture avec 10cm du polystyrène extrudé, une nouvelle ventilation, et un remplacement de la façade nord en double vitrage avec différents scénarios d'occultations.

ملخص

يهدف هذا العمل إلى دراسة أحد محاور تطبيق كفاءة الطاقة في المبنى ، وفي هذه الحالة تكامل الطاقات المتجددة في المبنى. نظرًا لأن المبنى يعتبر مستهلكًا رئيسيًا للطاقة ، يعمل الباحثون في هذه المجالات على إيجاد حلول لتقليل استهلاك الطاقة ، خاصة في أوضاع التدفئة وتكييف الهواء في المبنى.

يعد استخدام الطاقة الشمسية أحد مجالات البحث ذات الأولوية في الجزائر ، التي لديها مخزون كبير من الطاقة الشمسية. في هذا السياق ، تتدخل دراستنا التشخيصية للمباني واقتراح حلول لتقليل استهلاك الطاقة للمكتبة الموجودة في مركز البلدية.

تم إجراء الدراسة باستخدام برنامج PLIEADE + COMFIE. هذا ، في الواقع ، مكن المحاكاة الحرارية الديناميكية لدراسة السلوك الحراري للمكتبة واستنتاج احتياجات التدفئة وتكييف الهواء ، مع الأخذ في الاعتبار جميع المعلمات التي تؤثر على هذا الحساب: هندسة المبنى ، والمناخ الخارجي ، ومعايير إشغال المبنى.

تلخص النتائج التي تم الحصول عليها السلوك الحراري لجميع مناطق المكتبة.

في نهاية هذا العمل ، يتم العزل من الخارج للجدران والسقف ب 10 سم من البوليسترين المبتثق ، وتهوية جديدة ، واستبدال الواجهة الشمالية بزجاج مزدوج بسيناريوهات مختلفة للإحتجاب.

SOMMAIRE

Introduction générale	12
Problématique	13
CHAPITRE 01	
1.1 Introduction	15
1.2 L'architecture bioclimatique	15
1.3 Les principes de base de l'architecture bioclimatique	15
a. les principes de construction	15
b. les principes de protection	18
c. les principes de gestion	19
d. les principes de l'énergie renouvelable utilisée	19
1.4 Le diagnostic performance énergétique	20
1.4.1 Les points contrôles lors de la réalisation d'un DPE	20
1.5 Le bâtiment devrait être confortable	20
1.5.1 Le confort thermique	21
1.5.2 Les six paramètres qui influents sur le confort thermique	21
1.5.3 Les facteurs agissant sur le confort thermique	22
a. la forme et la compacité	22
b. l'orientation	22
c. la ventilation naturelle	22
d. l'effet de serre	23
e. dimensions des ouvertures	23
f. la couleur	23
g. protections solaires et vent dominant	24
1.5.4 Les enjeux du confort thermique (les économies, la qualité de l'air, la pérennité du bâti)	24
1.6 Isolation thermique	25
1.6.1 L'isolation thermique des bâtiments : les techniques et types	26
1.7 Efficacité énergétique ; une problématique mondiale	27
1.7.1 Changement climatique	28
1.7.2 Gaz à effet de serre	28
1.7.3 Le réchauffement planétaire	28
1.7.4 cadre mondiale	28

1.7.5 Cadre algérien	28
1.8 La réglementation thermique en Algérie.....	30
1.9 Les phénomènes (conduction, convection, rayonnement, le flux thermique, la conductivité thermique, la résistance thermique $\{R=1/K\}$ ou coefficient de conductance $\{K\}$	30
1.10 Les déperditions thermiques	31
1.10.1 déperditions surfaciques par transmission.....	31
1.10.2 déperditions linéiques.....	31
1.10.3 Les déperditions par renouvellement d'air	31
1.11 Les propriétés thermiques des matériaux (l'inertie thermique d'un bâtiment, la diffusivité thermique, l'effusivité thermique.....	32
1.12 Les ponts thermiques.....	32
1.12.1 les ponts thermiques intègres	33
1.12.2 les ponts thermiques de liaison structurels	33
1.13 Les besoins de l'occupant	34
1.14 Méthodes d'évaluation du confort thermique	34
(Évaluation par des enquêtes in situ, les outils graphiques d'évaluation de confort thermique : diagramme de Givoni, tables de mahoney).....	34
Conclusion	36
État de l'art	36
CHAPITRE 02	
2.1 Introduction.....	39
2.2 Présentation la ville de Blida.....	39
2.3 Données climatiques de la ville de Blida.....	40
2.4 Détail de ressource solaire.....	40
2.5 Présentation du projet.....	42
2.5.1 Heures de fonctionnement	42
2.6 Description du bâtiment.....	43
2.6.1 Présentation de plan.....	43
2.6.2 Caractéristiques du cas d'études.....	44

2.6.3 types d'ouvertures.....	44
2.7 Conclusion.....	45
CHAPITRE 03	
3.1 Étude thermique de l'exemple à l'aide d'un logiciel.....	46
3.2 Présentation du logiciel.....	46
3.3 Processus d'application des logiciels.....	47
3.4 Sous pléiades.....	48
3.5 Sous modeleur.....	51
3.6 Modélisation des zones d'études.....	52
3.7 exporter vers pléiades.....	54
3.8 Lancement de la simulation.....	58
CHAPITRE 04	
4.1 Introduction.....	59
4.2 Simulation sans consigne thermostat en été et en hiver.....	59
4.2.1 Scénario de fonctionnement intègre.....	59
4.2.2 Résultats de simulation	59
4.3 Simulation avec consigne thermostat en hiver et en été.....	61
4.3.1 Scénario de fonctionnement intègre.....	61
4.3.2 Résultats de simulation.....	61
4.4 Propositions de solutions.....	63
4.4.1 Système des volets.....	64
4.4.2 Façade mur extérieur non vitrée.....	65
4.5 Conclusion.....	66
Conclusion générale.....	67
Bibliographie.....	68

Nomenclature

DTR : document technique réglementaire.

Te : température air extérieur (c°)

T_i : température air intérieur (c°)

Ds_i : en (w/c°) représente les déperditions surfaciques à travers les parties courantes des parois en contact avec l'extérieur.

Dli : en (w/c°) représente les déperditions à travers les liaisons.

Dlnc : en (w/c°) représente les déperditions à travers les parois en contact avec les locaux non chauffés.

λ : la conductivité thermique (W/m.c°)

Δ T : L'écart de température en (C°)

e : l'épaisseur de la paroi en (cm)

1/h_e + 1/h_i : somme des coefficients d'échanges superficiels interne et externe en (m².c°/ w)

R_I=1/K_I : somme des résistances thermiques en (m².c°/w)

K_i : coefficient de transmission surfacique en (w/m².c°)

S : surface intérieure de la paroi en (m²)

ΔT=(T_{ri}-T_e) : différence de température entre l'intérieure et l'extérieure (c°)

K : coefficient d'échange de transmission linéique de la liaison en (w/m.c°)

L : longueur intérieure de la liaison en (m)

M : coefficient de perméabilité des ouvrants (portes et fenêtres) en (m³/hm²pa^{2/3}).

f : coefficient de perméabilité des ouvrants des fentes en (m³/hm²pa^{2/3}).

Am : surface des ouvrants (m²).

lf : longueurs des fentes(m).

em : coefficient d'exposition au vent et au tirage thermique (pa^{2/3}).

ei : coefficient d'exposition au seul tirage thermique (pa^{2/3}) du local non chauffé.

a : Diffusivité en (m²/s).

λ : Conductivité thermique en (W/mC).

ρ : Masse volumique en (Kg/m³).

C : Chaleur spécifique en (kJ/kg).

H_Gh: Irradiation du rayonnement global horizontal
(KWh/m²).

H_Dh: Irradiation du rayonnement diffus horizontal
(KWh/m²).

H_Bn: Irradiation du rayonnement direct normal
(KWh/m²).

Ta: Température de l'air (°C).

FF: Vitesse du vent (m/s).

Rh: Température de l'air (%).

SD: Durée d'insolation (h).

DT : (en W/°C) : représente les déperditions par transmission du logement.

A : (en m²) : est la surface intérieure de la paroi.

Qv : (en m³/h) : est le débit spécifique de ventilation.

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

Vh : (en m³) : désigne le volume habitable.

Qvréf : (en m³/h) : désigne le débit extrait de référence.

Tam : Température ambiante en (°C).

Table des figures

CHAPITRE 01

- Figure 1.1 : le principe de la ventilation naturelle
- Figure 1. 2: le principe de la VMC simple flux
- Figure 1.3 : principe de la VMC double flux
- Figure 1.4 : la présence de végétation en périphérie de la maison
- Figure 1.5 : types des brises soleil.
- Figure 1.6 : classement des bâtiments selon les consommations énergétiques
- Figure 1.7 : évolution des températures dans des bâtiments au cours de l'année
- Figure 1.8: les pertes thermiques du corps
- Figure 1.9 : Une orientation préférentielle des pièces d'une maison Source : (ADEM)
- Figure 1.10: la ventilation naturelle
- Figure 1.11.: psychologie de la couleur dans l'habitat
- Figure 1.12 : Facteurs clés pour la conception d'un bâtiment BBC (source : Région Alsace)
- Figure 1.13 : Répartition du pourcentage de l'utilisation de chaque énergie renouvelable et Non renouvelable, dans le bâtiment (REN21, 2020)
- Figure 1.14 : État des Intensités Énergétiques en 2005 (APRUE, Consommation Énergétique Finale de l'Algérie, 2007)
- Figure 1. 15: l'influence des ponts thermique dans l'habitat
- Figure 1. 16: les ponts thermiques intègres
- Figure 1.17 : les ponts thermiques de liaisons structurelles
- Figure 1. 18: Zone de confort selon le diagramme bioclimatique de Givoni, MAZARI M, 2012

CHAPITRE 02

- Figure 2.1 : localisation de la ville de Blida
- Figure 2.2 : diagramme de variation de température annuelle
- Figure 2.3 : diagramme de durée d'insolation
- Figure 2.4 : diagramme de rayonnement globale journalier
- Figure 2.5 : plan des différentes zones de la bibliothèque sous modeleur

CHAPITRE 03

- Figure 3.1 : façade du logiciel pléiade
- Figure 3.2 : diagramme de rayonnement global et diffus
- Figure 3.3 : façade meteonorm7 après la définition du site
- Figure 3.4 : compositions des murs extérieurs (double murette)
- Figure 3.5 : compositions des murs extérieurs (façade vitrage)
- Figure 3.6 : composition des murs de séparation intérieure
- Figure 3.7 : insertion des ouvertures portes et fenêtres
- Figure 3.8: composition de plancher haut /bas
- Figure 3.9: identification de la station météorologique sous modeleur
- Figure 3.10: insertions des éléments constructifs sous modeleur
- Figure 3.11 : plan du cas étudié
- Figure 3.12: volumétrie sur modeleur en 3D
- Figure 3.13 : scénario d'occupation de la zone 1

Figure 3.14: scenario d'occupation de la zone 2 sous 24h
Figure 3.15: scenario de consigne de thermostat de chauffage et de climatisation
Figure 3.16 : scenario de ventilation estivale et hivernale
Figure 3.17 : scenario de puissance dissipée de la zone 1
Figure 3.18: scenario de puissance de la zone 2
Figure 3.19: scenario de puissance de la zone 3
Figure 3.20: lancement de la simulation

CHAPITRE 04

Figure 4.1 : résultat de simulation estivale/ hivernale sans consigne thermostat
Figure 4.2 : graphe de température des trois zones sans consigne a la semaine la plus froide
Figure 4.3 : graphe de température des trois zones sans consigne a la semaine la plus chaude
Figure 4.4 : résultat de simulation en hiver et été des besoins énergétiques avec consigne
Figure 4.5 : graphe de puissance de chauffage dans les trois zones
Figure 4.6 : graphe de puissance de climatisation dans les trois zones
Figure 4.7:modele de volet occultant
Figure 4.8:scenario d'occultation estivale/ hivernale
Figure 4.9:les besoins énergétiques avec consigne sans occultation
Figure 4.10: les besoins énergétiques avec consigne avec occultation
Figure 4.11 : composition de la paroi extérieure
Figure 4.12:les besoins énergétiques après l'intégration de la paroi non vitrée

Liste des tableaux

Tableau 2.1 : données d'irradiation solaire de la ville de Blida

Tableau 2.2 : les composants des différentes parois

Introduction générale

Avec les préoccupations grandissantes du développement durable, le secteur du bâtiment doit répondre à deux exigences primordiales ; maîtriser les impacts de la consommation des énergies fossiles sur l'environnement extérieur, et assurer des ambiances intérieurs saines et confortables.

Ainsi que vision globale du confort thermique qui tient compte de sa pluridisciplinarité est indispensable¹.

Ce niveau de confort est assuré pas une performante énergétique qui repose sur des exigences et de technique de l'architecture bioclimatique ; l'utilisation de l'énergie renouvelable ; une orientation bien étudiée, une performance des équipements, et une isolation très renforcée quel que soit les parois, les planchers, et les toitures ; par l'intérieur ou l'extérieur.

En effet, une paroi bien isolée, permet de réduire les déperditions de la chaleur en hiver et refroidit le local en été, évite la condensation du mur froid et permet ainsi de chauffer l'air en améliorant le confort et en diminuant l'utilisation du chauffage en période froide et la climatisation en période chaude. Ce qui permet de concevoir, construire, et de gérer des bâtiments performants du point de vue confort thermique et efficacité énergétique².

Cette dernière décennie, nous assistons en Algérie à une réalisation multiple et intense de projets de bâtiments à caractère tertiaire, qui ne sont malheureusement soumis à aucune exigence réglementaire sur le plan thermique et énergétique, et qui pose un énorme problème en consommation énergétique.

Les paramètres de la conception sont d'ordre fonctionnel et architectural et la dimension énergétique du projet n'est pas toujours considérée comme significative, ce qui conduit à des bâtiments non confortables et énergivores.

Par conséquent, nos logements sont hyper consommateurs très froide en hiver et très chauds en été³.

Le concept du développement durable est venu comme un antidote à nos maux urbains permettant les énergies fossiles épuisables et favorisant les énergies renouvelables. D'autre part, le secteur résidentiel et tertiaire en Algérie se trouve parmi les plus énergivores avec une consommation de 41% de l'énergie finale⁴.

La problématique :

L'Algérie capture d'énergie solaire pour répondre aux besoins énergétiques notamment pour son développement durable.

Depuis toujours, la consommation de l'énergie augmente d'une façon exponentielle ⁵, l'Algérie cherche à fournir des logements pour ces citoyens sans prendre en considération l'économie de l'énergie.

A ce stade, les actions de maîtrise de l'énergie proposées pour ce secteur portent sur l'introduction de l'isolation thermique des bâtiments qui permettront de réduire la consommation d'énergie liée au chauffage et la climatisation d'un logement d'environ 40%.

Cette réduction permet d'améliorer la sensation de bien-être procurée par notre environnement thermique.

Notre travail sera destiné à la recherche sur la consommation d'un bâtiment tertiaire (une bibliothèque) en tentant d'apporter une amélioration avec l'utilisation de l'énergie renouvelable afin d'économiser ses besoins énergétiques.

Par conséquent, pour avoir une amélioration du confort thermique dans le bâtiment et une bonne isolation de l'enveloppe plusieurs questions s'imposent :

- Pourquoi isoler ?
- Comment assurer le confort thermique dans un bâti ?
- Quelles sont les matériaux disponibles et convenables pour que l'enveloppe de la construction soit bien isolée ?

Les hypothèses :

Pour répondre à la problématique posée, nous avons construit les hypothèses suivantes :

- ✓ L'amélioration de l'isolation thermique de l'enveloppe de la bibliothèque augmente le confort thermique et améliore la qualité de vie des habitants.
- ✓ Le bon choix de l'isolant, sa conductivité, son épaisseur et son emplacement dans l'enveloppe du bâtiment a un effet très important sur la diminution des déperditions thermiques et la réduction de la consommation énergétique.

Chapitre 1

Généralités et état de l`art

1.1 Introduction

Il est aujourd'hui possible de construire des bâtiments avec un impact très faible sur la planète, nous en avons les moyens, il suffit avec ambition de les mettre en œuvre grâce à des bâtiments conçus autrement, dont l'esthétique est encore à découvrir ⁶.

La recherche du confort a été toujours une préoccupation dans le bâti de générations précédentes.

La répartition de la consommation du tertiaire par produit montre que l'électricité est prédominante. Cela s'explique par l'introduction massive des équipements de chauffage et de climatisation et la généralisation de l'utilisation des matériels bureautiques et informatiques.

1.2 L'architecture bioclimatique

L'une des fonctions premières du bâtiment est de protéger l'être humain des agressions du climat, c'est son rôle d'abri.

La conception bioclimatique a pour objectif de réduire les besoins énergétiques des bâtiments et d'obtenir des conditions de vie adéquates et confortables (température, taux d'humidité, luminosité...) de manière la plus naturelle possible grâce à une conception intelligente des bâtiments ⁷.

Le concept <<bioclimatique >> fait référence à la bioclimatologie qui est une partie de l'écologie. Elle étudie plus particulièrement les relations entre les êtres vivants et le climat ⁸.

1.3 Les principes de base de l'architecture bioclimatique

- Les principes de construction
- Les principes de protection
- Les principes d'organisation des espaces
- Les principes de l'énergie renouvelable utilisée

a. les principes de construction

- **l'implantation du bâtiment sur le terrain**
- **l'orientation**

Il faut orienter correctement la maison vers les vents dominants. Toutefois, la direction du vent peut être différente selon les sites.

- **ventilation**

Il est très important de renouveler l'air de la maison. D'une part pour évacuer les odeurs et les polluants qui s'y accumulent, également pour apporter un air neuf et éliminer l'excès d'humidité.

On a deux systèmes de ventilation, [ventilation naturelle](#) et [ventilation mécanique contrôlée](#)

- **Ventilation naturelle**

La ventilation naturelle repose sur un principe physique simple : l'air chaud, plus léger que l'air froid, monte et génère un tirage d'air naturel dans le logement. Un balayage permanent est ainsi créé dans le logement et l'aération naturelle est mise en place. L'air extérieur entre dans les pièces principales et se déplace vers les pièces humides (cuisine, WC, salle de bains) et plus chaudes. Un taux d'humidité élevé est propice au développement de moisissures et mauvaises odeurs. Dans ces espaces, l'évacuation de l'humidité se fait par le conduit des bouches d'extraction. Ce conduit débouche en toiture⁹.

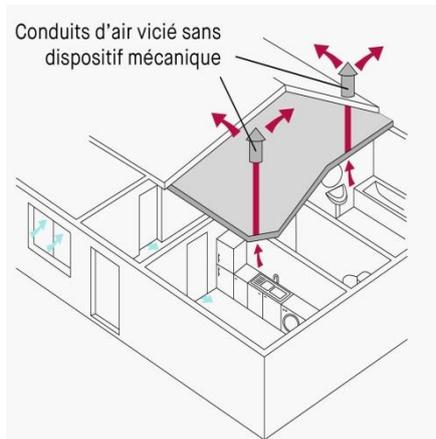


Figure 1.1 : le principe de la ventilation naturelle⁹.

- **Ventilation mécanique contrôlée ou VMC**

Il s'agit d'une installation plus ou moins sophistiquée. Equipées d'un moteur et de ventilateurs, les VMC permettent de renouveler en permanence l'air. Et elle pourrait être :

- **VMC simple flux :**

- La ventilation simple flux est une ventilation mécanique contrôlée qui assure le renouvellement de l'air intérieur et préserve la qualité de l'air et la structure du bâtiment en évacuant l'humidité.

- Elle est plus efficace qu'une ventilation naturelle classique et répond aux normes de débit de renouvellement d'air fixées par la réglementation.

- Contrairement à une VMC double flux, la chaleur contenue dans l'air réchauffé est rejetée à l'extérieur sans pouvoir être récupérée pour chauffer l'air.

- La VMC simple flux permet donc un renouvellement d'air mécanique, mais ne permet pas de récupérer la chaleur de l'air sortant¹⁰.

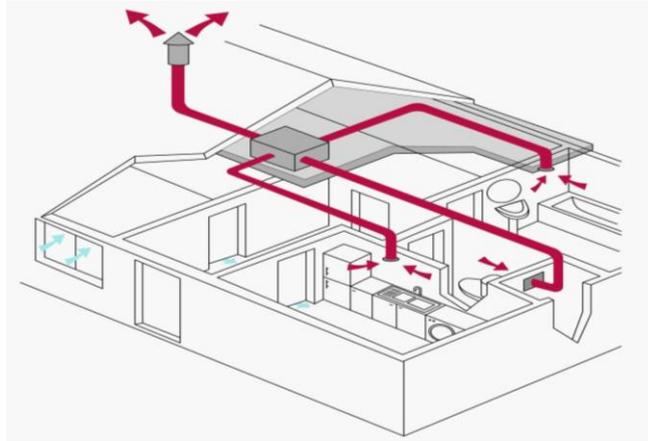


Figure 1.2 : le principe de la VMC simple flux

- **La VMC double flux avec récupération de chaleur**

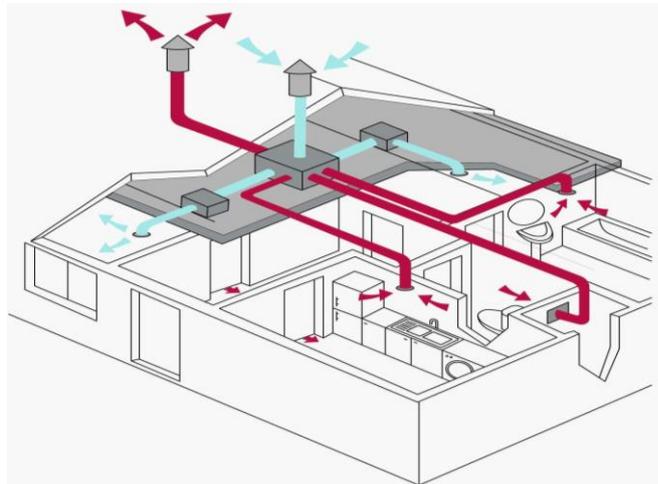


Figure 1.3 : principe de la VMC double flux

- Le système double flux permet de filtrer l'air entrant et de le préchauffer, ce qui permet d'économiser de l'énergie et de limiter les déperditions thermiques.

- La VMC double flux permet d'assainir l'air intérieur en insufflant de l'air filtré dans les pièces de vie et en extrayant l'air vicié dans les sanitaires et la cuisine.

- Elle récupère également 70 à 90% des calories de l'air extrait pour préchauffer l'air neuf qui est ensuite soufflé dans les pièces principales.

- Les filtres du système à double flux éliminent la poussière et le pollen de l'extérieur, améliorant ainsi la qualité de l'air intérieur¹¹.

- **matériaux de construction**

- Utiliser des matériaux recyclés ou écologiques pour réduire l'impact environnemental.

- Favoriser la fabrication locale pour limiter la consommation d'énergie et d'eau.

- Privilégier l'utilisation de matériaux indigènes pour réduire les transports et les émissions de gaz à effet de serre.

- L'objectif est de minimiser l'utilisation de matériaux qui ont un impact important sur l'environnement⁸.

- **les matériaux isolants**

De nombreux produits sont disponibles et il est important d'en faire un bon choix :

-les isolants minéraux : laine de verre, laine de roche, argile expansée, verre cellulaire.

-les isolants naturels : fibre de bois, fibre de lin, fibre de coco, toiture végétalisée, liège, chanvre, laine de mouton, laine de coton, ouate de cellulose.

-les isolants synthétiques : polystyrène expansé, polythène.

-l'isolante nouvelle génération : brique mono mur ou parpaing mono mur⁸.

- **les sols, les dalles et les planchers**

- Les sols représentent environ 10% des pertes de chaleur et nécessitent donc une isolation.

- Une chape isolante peut être utilisée pour empêcher la fuite de chaleur vers le bas lors de la pose d'un carrelage au rez-de-chaussée.

- Une chape en béton léger réalisée en granulats de chanvre ou de liège peut offrir une isolation thermique et phonique entre deux étages habités.

- L'organisation rationnelle des différents espaces d'une habitation en fonction de leurs besoins thermiques permet de créer des locaux tampons qui agissent comme une transition et une protection thermique.

b. les principes de protection

- **la végétalisation comme protection solaire**



Figure 1.4 : la présence de végétation en périphérie de la maison

- **brise soleil**

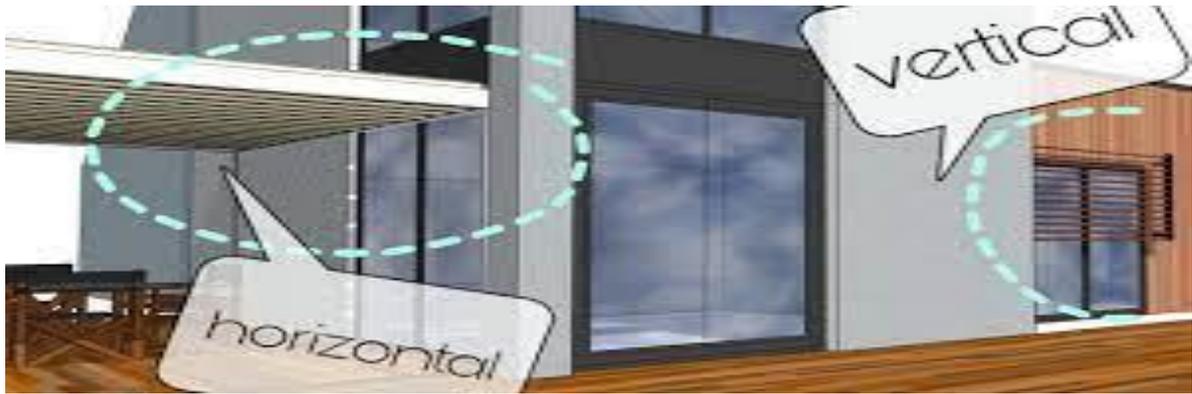


Figure 1.5 : types des brises soleil

Sur l'image, on a :

A droite : un exemple de brise soleil vertical, particulièrement adapté pour les orientations Est et Ouest

A gauche : un exemple de brise soleil sous forme d'avancée de toiture- plus adapté pour les orientations Sud.

c. les principes de gestion

- **gestion de l'eau**
 - ✓ Récupération des eaux de pluie
 - ✓ Récupération des eaux usées
 - ✓ Gestion des déchets d'activités
 - ✓ Valorisation organique
 - ✓ Valorisation matière valorisation énergétique

d . Principes de l'énergie renouvelable utilisée

Ces énergies sont largement disponibles à la surface de la terre et leur emploi permet actuellement d'obtenir des installations à faible et moyenne puissance, appropriée à l'échelle domestique :

- La chaleur peut être captée directement par les fenêtres ou les capteurs solaires et peut également être transformée en énergie électrique grâce aux cellules photovoltaïques.
- Le rayonnement solaire est également à l'origine des mouvements de la masse d'air, lesquels par différences de température et de pression, produisent l'énergie éolienne.
- L'énergie hydraulique est alimentée par l'eau, restituée au cycle naturel par les précipitations après évaporation à la surface des océans.
- La biomasse végétale est le résultat de la transformation par photosynthèse du rayonnement solaire : elle peut être considérée comme une énergie flux (exploitation avec replantation) ou comme une énergie stock (déforestation sans replantation).
- L'énergie géothermique, chaleur stockée dans la masse terrestre, peut également être exploitée pour, entre autres, le chauffage des édifices (bassin parisien, Islande, Alaska,.....)⁸

1.4 Le diagnostic performance énergétique

- Le diagnostic DPE informe sur la consommation d'énergie et les émissions de gaz à effet de serre d'un bien immobilier.
- Il est réalisé par un professionnel indépendant et fait partie des diagnostics techniques obligatoires lors d'une transaction immobilière.
- Le diagnostic DPE permet d'estimer la consommation d'énergie du logement et de le classer selon un label de performance énergétique.
- Il donne également une estimation de l'impact du logement sur l'effet de serre.

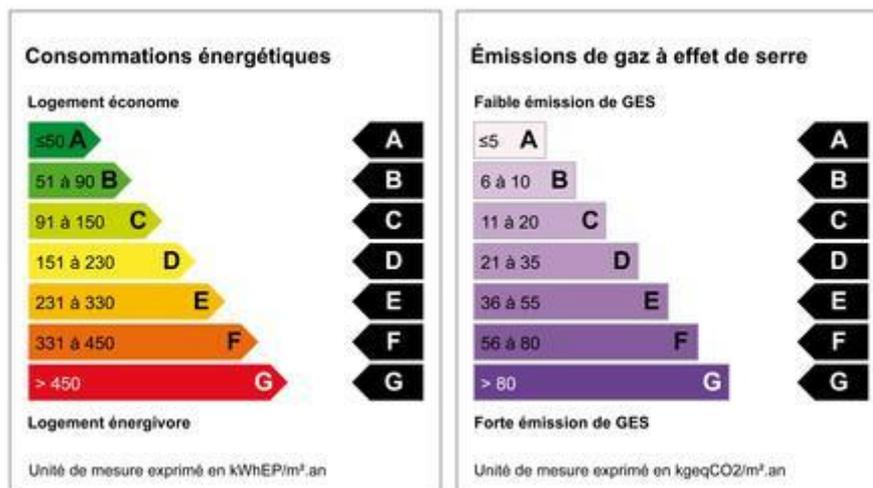


Figure 1.6 : classement des bâtiments selon les consommations énergétiques

1.4.1 Points contrôlés lors de la réalisation d'un DPE

Un diagnostic immobilier de performance énergétique doit permettre d'évaluer :

- Les caractéristiques du logement ainsi que le descriptif des équipements techniques.
- Le bon état des systèmes de chauffage fixes et de climatisation
- La valeur isolante du bien immobilier
- La consommation d'énergie, l'émission de gaz à effet de serre

1.5 Le bâtiment devrait être confortable

Un immeuble doit garantir, sans aucune consommation d'énergie, un confort au moins équivalent à celui de l'extérieur. S'il est bien conçu et construit, il peut offrir un confort beaucoup plus élevé (courbe A dans la figure) un tel bâtiment ne surchauffe pas ou à peine en été et bénéficie de gains solaires pendant les périodes froides, pour écourter la période de chauffage¹².

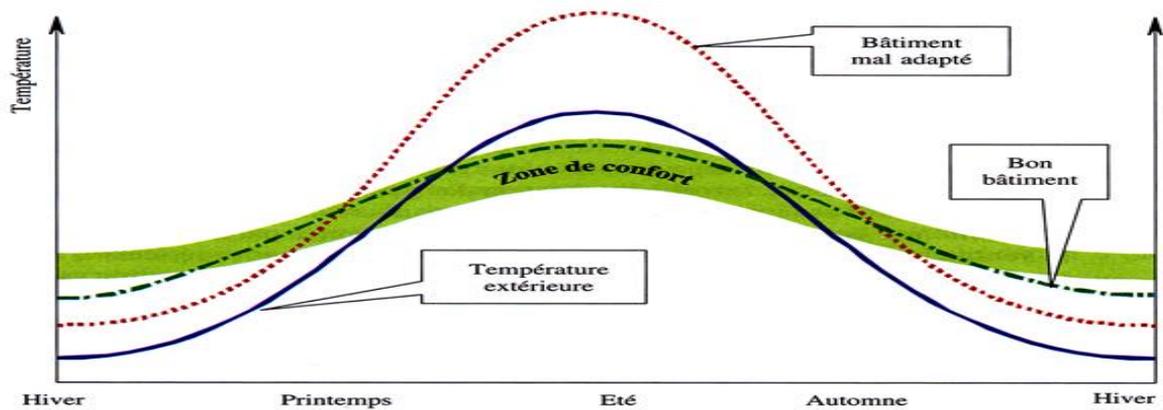


Figure 1.7 : évolution des températures dans des bâtiments au cours de l'année

1.5.1 Le confort thermique

La définition du confort thermique est très complexe, en raison de l'interaction de plusieurs variables environnementales et personnelles. Le maintien de l'équilibre thermique entre le corps humain et son environnement, est l'une des principales exigences pour la sante, le bien-être et le confort ¹³.

Le confort thermique, a été défini comme l'état de satisfaction vis à vis de l'environnement thermique établi par échange thermique entre le corps et son environnement ¹⁴.



Figure 1.8 : les pertes thermiques du corps

1.5.2 Les six paramètres qui influents sur le confort thermique

Le confort thermique est traditionnellement lie à 6 paramètres :

1. Le métabolisme, qui est la production de chaleur interne au corps humain permettant de maintenir celui-ci autour de $36,6\text{ C}^{\circ}$. un métabolisme de travail correspondant à une activité particulière s'ajoute au métabolisme de base du corps au repos.
2. L'habillement, qui représente une résistance thermique aux échanges de chaleur entre la surface de la peau et l'environnement.
3. La température ambiante de l'air T_a
4. La température moyenne des parois T_p

5. L'humidité relative de l'air (HR)
6. La vitesse de l'air, qui influence les échanges de chaleur par convection. Dans le bâtiment, les vitesses de l'air ne dépassent généralement pas 0,2 m/s.

1.5.3 Les facteurs agissant sur le confort thermique

a. la forme et la compacité :

Une habitation confortable ne peut être que de forme simple et compacte. Toutefois, la forme du bâtiment influe sur¹⁵ :

- ✓ le bilan global de l'éclairage énergétique du soleil
- ✓ le taux de déperditions thermique
- ✓ l'écoulement des aux abords des bâtiments

b. l'orientation

- L'orientation d'un bâtiment est déterminée par la direction de ses façades et est influencée par des considérations telles que la vue, les déperditions possibles, l'aération et le climat.
- L'orientation des bâtiments affecte la qualité de l'habitat en régulant deux facteurs climatiques distincts.
- L'orientation des bâtiments peut avoir un impact sur l'ambiance intérieure.
- L'orientation des bâtiments est un élément important à prendre en compte lors de la conception et de la construction d'un bâtiment.
- Le rayonnement solaire et ses effets d'échauffement sur les murs et pièces orientées selon différentes direction
- La ventilation en rapport avec la direction des vents dominants et l'orientation de la construction

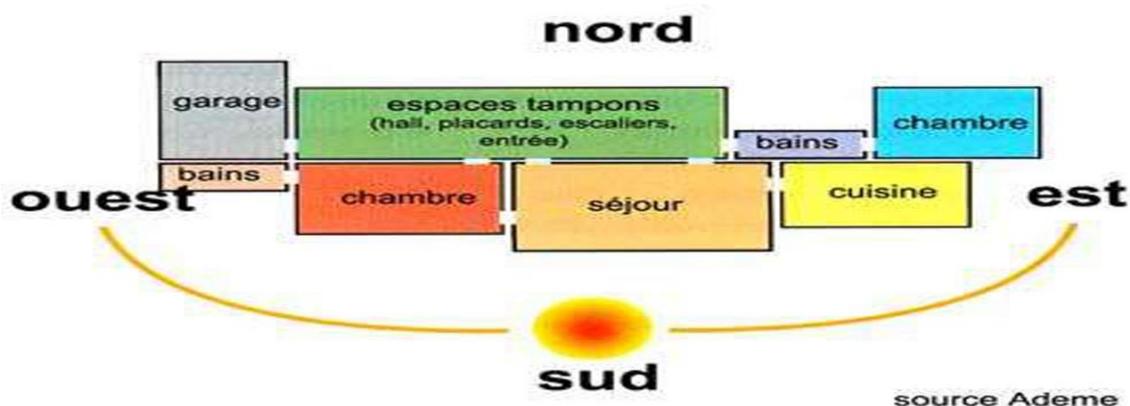


Figure 1.9 : Une orientation préférentielle des pièces d'une maison Source : (ADEM)

c. la ventilation naturelle

- La gestion du confort d'été nécessite une ventilation avec de l'air frais, disponible de jour comme de nuit.
- En hiver, la ventilation peut entraîner des pertes de chaleur par convection.
- Dans les climats chauds, la ventilation nocturne est recommandée pour abaisser les températures intérieures élevées.
- La ventilation a un impact significatif sur les bâtiments et doit être prise en compte pour minimiser les pertes de chaleur.

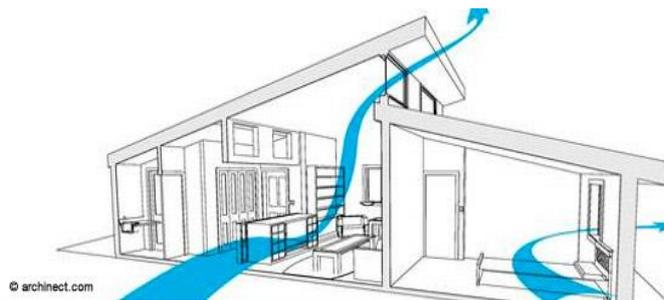


Figure 1.10 : la ventilation naturelle

d. l'effet de serre

- L'effet de serre est causé par une propriété du verre qui rend le rayonnement solaire transparent mais bloque le rayonnement thermique.
- Le rayonnement solaire traverse presque complètement une fenêtre en verre, contribuant ainsi à chauffer la pièce.
- Le rayonnement thermique émis par les objets réchauffe la pièce mais ne peut pas traverser le vitrage.
- Cela explique pourquoi les serres en verre sont utilisées pour cultiver des plantes car elles retiennent la chaleur à l'intérieur.

e. dimensions des ouvertures

- Les parois transparentes, telles que les vitrages, jouent un rôle important dans les échanges thermiques entre l'intérieur et l'extérieur des bâtiments.
- Il est recommandé de faire attention aux dimensions de ces ouvertures en fonction de l'orientation et de la conception du bâtiment.
- Les parois transparentes peuvent contribuer aux apports thermiques, mais aussi aux déperditions thermiques.
- Il est donc essentiel de prendre en compte ces facteurs lors de la conception d'une habitation.

f. la couleur

- La teinte des couleurs influence le comportement thermique des murs extérieurs.
- Les températures superficielles varient en fonction de la couleur des murs.
- Le choix judicieux des matériaux et de leur couleur est important pour le rendement énergétique de l'habitat.
- Il est nécessaire de prendre en compte la couleur des matériaux lors de la construction ou de la réhabilitation thermique.



Figure 1.11 : psychologie de la couleur dans l'habitat

g. protections solaires et vent dominant

➤ **Les protections permanentes :**

- Les dispositifs de protections solaires ont pour objectif de minimiser la surchauffe et de contrôler l'éblouissement lumineux.
- Ils peuvent être intégrés structurellement à l'architecture, tels que des stores, des persiennes ou des volets.
- Les protections solaires peuvent également être liées à l'environnement, comme la végétation, le relief ou les masques provoqués par des bâtiments voisins.

Deux types de protections permanentes sont à considérer :

Auvents, avancées architecturales, etc. : constitue d'une avancée horizontale au-dessus de l'ouverture : auvent, débord de toit, brise de soleil. Ou verticale : décrochement de façade, saillie de refends, écran à lames verticales. L'occultation est quasiment constante (toute l'année en orientation sud) ¹⁶

Vitrages solaires ou films autocollants sur les vitrages : ils limitent les gains solaires en hiver et en été et réduisent la luminosité naturelle à l'intérieur.

1.5.4 Les enjeux du confort thermique

- les économies
- la qualité de l'air
- La pérennité du bâti

1.6 Isolation thermique

- **La bonne conception d'un bâtiment pour économiser l'énergie**¹⁷

Pour atteindre les performances exigées par la nouvelle réglementation RT2012 ou par l'ancien label BBC, le bâtiment doit être particulièrement bien conçu. Il y a un certain nombre de facteurs clés, plus ou moins prioritaires à prendre en compte. La Figure 9 nous présente ces Facteurs.

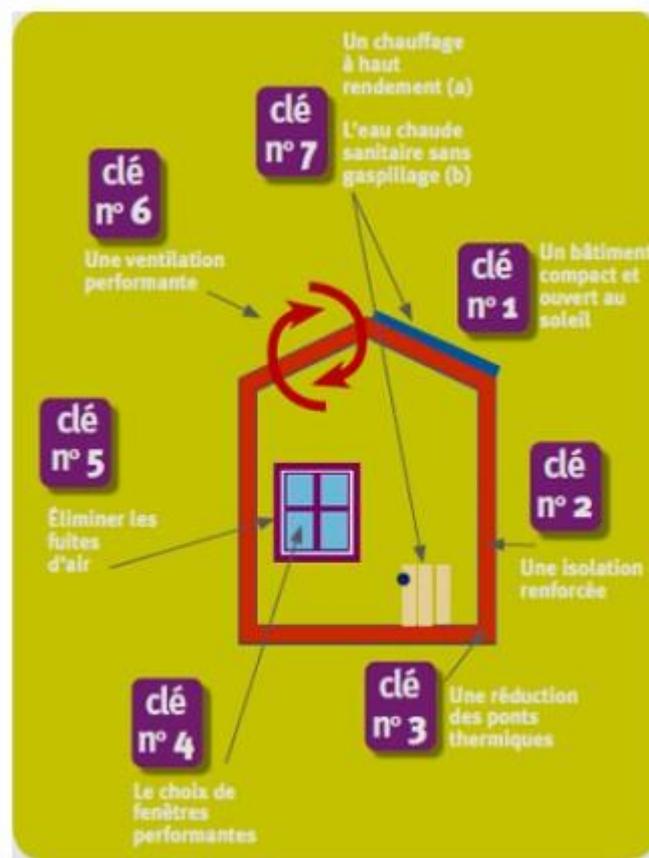


Figure 1.12 : Facteurs clés pour la conception d'un bâtiment BBC (source : Région Alsace)

Clé n°1 : Le bâtiment doit être compact et ouvert au soleil. En effet, en concevant dès le départ le bâtiment intelligemment, il est facile d'économiser de l'énergie, sans avoir d'importants surcouts. Il suffit de bien orienter le bâtiment, de placer suffisamment d'ouvertures pour avoir accès à l'éclairage naturel, de placer ces ouvertures aux bons endroits pour limiter les apports de chaleur solaire...

Clé n°2 : Une isolation renforcée. Pour limiter les pertes thermiques, il est indispensable de bien isoler le bâtiment. Pour cela, il faut une épaisseur d'isolant conséquente, et surtout isoler absolument partout.

Clé n°3 : Une réduction des ponts thermiques. Il arrive qu'il y ait des ruptures de continuité dans l'isolation du bâtiment. C'est ce que l'on appelle un pont thermique. Ces ponts thermiques permettent alors d'importantes « fuites » de chaleur. Ces pertes peuvent représenter jusqu'à 15% des pertes de chaleur du bâtiment. Il est donc important d'éliminer ces pertes.

Clé n°4 : Le choix de fenêtres performantes. Les pertes thermiques se font également au niveau des vitrages. En effet, le verre est un très mauvais isolant thermique. Pour cela, il faut privilégier les doubles ou triples vitrages qui, de par leur épaisseur plus importantes et le gaz qu'ils emprisonnent limitent les pertes thermiques et garantissent en plus un bien meilleure isolation phonique.

Clé n°5 : Eliminer les fuites d'air. Une parfaite étanchéité à l'air de l'enveloppe et des réseaux est indispensable. En effet, cela limite les fuites de chaleur par les pertes d'air et permet une meilleure pérennité du bâtiment. Des débits de fuites maximaux sont fixés par la réglementation RT2012, et un essai spécifique, le « blower door » ou la « porte soufflante » permet de mesurer ces débits.

Clé n°6 : Une ventilation performante. Quand un bâtiment est bien isolé et bien étanche, il est important d'avoir une bonne ventilation pour assurer un renouvellement d'air à l'intérieur du bâtiment. Cette ventilation est source de pertes thermiques. Mais des systèmes comme la ventilation double flux permettent de limiter fortement ces pertes de chaleur.

Clé n°7 : Un chauffage à haut rendement et une eau sanitaire sans gaspillage. C'est seulement après avoir bien conçu le bâtiment, l'enveloppe et choisi la ventilation qu'il faut déterminer le moyen de chauffage à utiliser. En effet, quand le bâtiment est bien conçu, ces besoins sont alors minimes. Plusieurs solutions sont possibles : gaz, bois, géothermie, pompe à chaleur...

Pour le confort thermique, il faut absolument une isolation thermique.

En hiver, l'isolation donne une bonne sensation de confort tout en limitant sa note de chauffage.

En été, le confort sera obtenu en associant les atouts de cette isolation a une forte inertie thermique de la maison ainsi la température intérieure sera maintenue stable et la plus fraîche possible sans recours à la climatisation. En effet, d'après (A. De HERDE et A. Evrard 2005)³¹, Une maison chauffe perd sans cesse une partie de sa chaleur, les grandes fuites de chaleur sont causées par les surfaces: toiture, murs et vitrages. Ces points sensibles d'un logement peuvent générer jusqu'à 60% de pertes de chaleur, les joints entre les murs produisent aussi la chaleur dite (ponts thermiques), ceux-ci peuvent contribuer 5 à 25% aux pertes de chaleur.

Les déperditions thermiques peuvent être surfaciques par transmission à travers les parois opaques et vitrage, linéiques à travers tous les angles de l'habitat et ponts thermiques ou aussi des déperditions par renouvellement d'air ³². Ainsi que avant de penser chauffage on optimise toutes les sources de chaleur et évite qu'elle ne s'échappent

1.6.1 L'isolation thermique des bâtiments : les techniques

❖ Type d'isolation :

Le choix de la technique d'isolation dépend de la main d'œuvre qualifiée, du cout réalisation, de la zone climatique ainsi que le besoin du confort de l'occupant. Elle se fait soit :

a. Isolation à l'intérieur :

De l'enveloppe du bâti par des closions de doublage maçonnées recouvertes d'un enduit en plâtre, ou par un complexe colle constitué de matériaux isolants collés à une plaque de plâtre... ce type d'isolation réduit la surface habitable et augmente les déperditions linéiques à travers les ponts thermiques³.

b. Isolation à l'extérieur :

De l'enveloppe : l'isolation extérieure dite aussi mur "mur manteau" est généralement appliquée pour la réhabilitation des immeubles de grandes dimensions et dans des sites occupés. Le système d'isolation comprend un isolant appliqué directement sur le mur et une peau extérieure qui protège l'isolant et la paroi des variations climatiques. Elle augmente l'inertie thermique de l'enveloppe et réduit les déperditions à travers les liaisons³.

❖ Autres techniques de réhabilitation thermique³ :

1. Les fenêtres :

Leur amélioration thermique permet une économie d'énergie de l'ordre de 10 à 15 %. Parmi les techniques utilisées, on trouve :

Le survitrage : il s'agit de rapporter un second vitrage sur les ouvrants d'une fenêtre existante.

Le double vitrage : ce vitrage isolant est constitué de deux feuilles de verre ménageant entre eux une lame d'air déshydratée de 6 à 12 mm d'épaisseur.

Le vitrage à isolation renforcée VIR : il est constitué généralement de deux lames de verre enfermant un gaz inerte « argon » dont la surface extérieure de la vitre intérieure est revêtue d'un film peu émissif réfléchissant le rayonnement infrarouge.

La double fenêtre : cette opération consiste à placer une deuxième fenêtre soit en avant ou en arrière de la fenêtre existante (selon sa position par rapport au mur)

2. La surface vitrée :

Les vitrages dans une construction sont une nécessité, source d'agrément, de confort et de lumière. Ils sont souvent la source d'un déficit thermique important lorsqu'ils sont faits sans tenir en compte de la quantité de chaleur qu'ils peuvent recevoir du soleil. Pour cela leur dimensionnement est défini en fonction de l'orientation, de la surface du plancher et la latitude du site.

Pour le cas méditerranéen (latitude N⁰36), la profondeur de la pièce ne doit pas dépasser deux fois et demi la hauteur de la fenêtre comptée à partir du plancher ; de même, la surface de la fenêtre égale le 1/5 de la surface du plancher pour que le soleil puisse pénétrer dans toute la surface habitable. Cette règle pratique conduit ainsi à un niveau d'éclairage satisfaisant dans le volume occupé et correspond aux recommandations des éclairagistes.

1.7 Efficacité énergétique ; une problématique mondiale¹⁸

C'est le rapport énergétique entre la quantité d'énergie délivrée et la quantité d'énergie absorbée ; moins de perte il y a et meilleure efficacité énergétique, elle est ainsi liée à la maximalisation du rendement. L'augmentation de l'efficacité énergétique permet ainsi de réduire les consommations d'énergie, service rendu égal. En découle la diminution des

coûts écologiques, économiques et sociaux liés à la production et à la consommation d'énergie. Dont l'objectif est de « faire mieux avec moins »

1.7.1 Changement climatique

1.7.2 Gaz à effet de serre

1.7.3 Le réchauffement planétaire

1.7.4 cadre mondial¹⁸

Plusieurs secteurs représentent la source des émissions de gaz à effet de serre, notamment, on retrouve dans la figure ici-bas la répartition de la consommation d'énergie totale finale à son image finale ou on voit que la plus grande partie de l'énergie est consommée par le cadre thermique avec 51% de consommation finale, parmi laquelle seulement 10,1% font partie des énergies renouvelables (REN21, 2020).

Le chauffage et la climatisation représente 77% de la demande énergétique mondiale en 2017 dans les bâtiments. Ce pourcentage augmente depuis 2010 de 0,6% par an, une augmentation assez lente. Bien que le pourcentage de l'énergie utilisée pour la climatisation qui est de 6% augmente très rapidement, à raison de 4% par an. Concernant l'électricité, le pourcentage augmente chaque année de 2% (23% en 2017) (REN21, 2020). Globalement, l'énergie nécessaire pour le chauffage et la climatisation dépend fortement des combustibles fossiles. En 2018, la part des énergies renouvelables dans les besoins de chauffage et de climatisation était de 10,1% contre 8% en 2017. Cette hausse était due en grande partie au développement de l'électricité renouvelable ainsi que du solaire thermique (REN21, 2020).

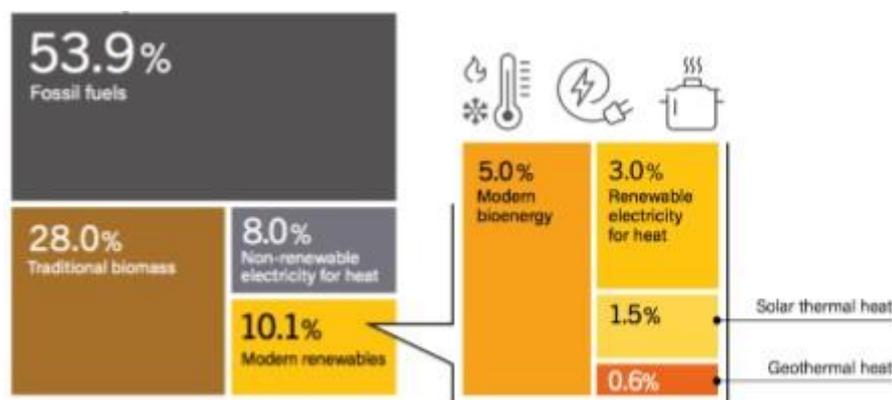


Figure 1.13 : Répartition du pourcentage de l'utilisation de chaque énergie renouvelable et non renouvelable, dans le bâtiment (REN21, 2020)

On remarque que les énergies fossiles occupent le plus grand pourcentage parmi l'utilisation de la totalité des énergies qui est un pourcentage non négligeable. 46.1% de l'utilisation des énergies sont réparties sur différents types d'énergie renouvelable.

1.7.5 Cadre algérien¹⁸

Actuellement, le secteur des hydrocarbures se retrouve sous plusieurs crises ; le changement climatique, l'exploitation de gaz de schistes, la déstabilisation des prix du pétrole pour laquelle l'économie de l'Algérie est dans une situation difficile. À côté de cela, il

n'est pas possible de négliger le caractère des hydrocarbures, polluant, et ne correspondant pas aux démarches du développement durable, alors que les besoins énergétiques en Algérie, aujourd'hui sont généralement satisfaits par différents hydrocarbures. Dans ce cadre, une solution s'impose ; recourir aux démarches de développement durable, pour atteindre l'efficacité énergétique, et ce grâce aux énergies renouvelables (TAGREROUT & ATMANIA, 2021).

L'Algérie est un pays qui connaît une augmentation considérable de la consommation d'énergie en cette dernière décennie.

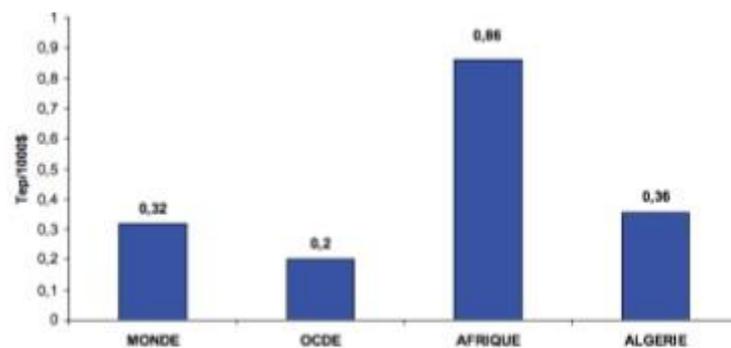


Figure 1.14 : État des Intensités Énergétiques en 2005 (APRUE, Consommation Énergétique Finale de l'Algérie, 2007)

Le secteur du bâtiment en Algérie représente 37% de la consommation d'énergie finale. Les perspectives du développement du secteur tertiaire risquent d'engendrer un accroissement fort de la consommation d'énergie. De plus, le climat en Algérie est connu pour être très vulnérable et sensible au changement climatique, d'où la nécessité de penser aux meilleurs moyens d'isoler les constructions tout en maîtrisant la consommation énergétique, qui constitue le défi des prochaines décennies. Un programme nommé « Eco-Bât » soutenu par l'APRUE vient répondre à cette problématique, et a pour objectif de réduire la consommation énergétique due au chauffage et à la climatisation. En d'autres termes intégrer les mesures d'efficacité énergétique dans le secteur du bâtiment. (APRUE, 2019)

Voici quelques points tirés du programme « Eco-Bât » :

- « L'amélioration de l'enveloppe du bâtiment et l'isolation des toitures ainsi que l'utilisation de la menuiserie performante
- La limitation des transferts de chaleur entre l'intérieur du bâtiment et l'environnement extérieur
- La mobilisation des acteurs du bâtiment autour de la problématique de l'isolation thermique
- La formation d'une main d'œuvre qualifiée
- La création d'un marché durable et compétitif des matériaux et équipements contribuant à l'isolation thermique
- La réduction des émissions de CO₂ » (APRUE, 2019)

Chaque année, le comité intersectoriel de la maîtrise de l'Énergie « CIME » détermine la consistance du programme, en considérant le programme de construction et les matériaux isolants disponible sur le marché (APRUE, 2019).

1.8 La réglementation thermique en Algérie¹⁸

L'Algérie a mis en place une plateforme juridique dans le but de rationaliser l'utilisation de l'énergie dans le bâtiment. Cette plateforme comporte des lois, des décrets, des arrêtés et des documents techniques réglementaires (DTR) portant des indications sur la promotion des énergies renouvelables, l'adaptation de ventilation naturel, la considération des améliorations apporté au domaine de la thermique... etc. (Ansar & Djebaili, 2017).

Le dernier DTR publié en 2017 a définis les réglementations à propos de la conception thermique (climatisation et chauffage) des bâtiments, consistant à limiter les déperditions énergétiques en hiver et les apports énergétiques en été. Cela permettra d'économiser l'énergie nécessaire pour garantir un meilleur confort.

Actuellement, ce fond juridique ne concerne que les constructions neuf et non pas l'existant (Ansar & Djebaili, 2017).

1.9 Les phénomènes (conduction, convection, et rayonnement)

1.9.1 La conduction :

1.9.2 La convection

Plus l'air est immobile moins il y a de convection.

1.9.3 Le rayonnement

Plus l'émissivité du matériau est faible moins il y aura de transfert par rayonnement.

1.9.4 Le flux thermique ϕ

Le flux de chaleur ϕ (phi) est la quantité d'énergie ou de chaleur passant au travers de 1 m² de paroi pendant une seconde lorsqu'il existe un écart de température entre ses 2 faces. Il s'exprime en W/m².

$$\Phi = \lambda \times \frac{\Delta T}{e}$$

1.9.5 La conductivité thermique λ

- La conductivité thermique est une mesure de l'aptitude d'un matériau à se laisser traverser par la chaleur.

- Elle est exprimée en W/ (m.K) et représente la quantité d'énergie traversant 1 m² de matériau d'un mètre d'épaisseur pour une différence de 1 degré de température.

- La conductivité thermique est une caractéristique constante des matériaux homogènes.

- Les matériaux avec une conductivité thermique plus faible sont plus isolants.

1.9.6 La résistance thermique (R=1/K) ou coefficient de conductance (K)

La résistance thermique est le rapport de l'épaisseur d'un matériau à sa conductivité thermique (e/λ). Elle s'exprime en mètre carré et en degré Celsius par watts (m^2C/W). Plus R élevée, meilleure est la performance d'isolation, ce qui diminue les déperditions en hiver et les apports thermique en été (transfert de chaleur par les parois et vitrages) ¹².

Dans un mur constitué de plusieurs couches de matériaux d'épaisseur thermique différente, la relation donnant la relation de résistance thermique se présente comme suit :

$$\frac{1}{Ki} = \sum_{i=1}^n \frac{ei}{\lambda i} + \frac{1}{hi} + \frac{1}{he}$$

1.10 Les déperditions thermiques

Pour calculer des déperditions thermiques, on doit calculer :

- Les déperditions par les parois liées aux différents types du mur et les toitures.
- Les déperditions linéiques qui dépendent des modes de construction du bâtiment.
- Les déperditions par les vitrages.
- Les déperditions par les différentes ouvertures.
- Les déperditions par renouvellement d'air qui est fonction des débits d'air extrait.

1.10.1 déperditions surfaciques par transmission :

L'ensemble de ces déperditions se font par conduction à l'intérieure des parois ou vitrage, par convection et rayonnement sur les surfaces internes et externes aux parois. La formule reliant ces pertes est donnée comme suit :

$$Dc = \sum Ki Si \Delta Ti$$

1.10.2 déperditions linéiques :

La relation nous permettant de calculer les déperditions linéiques est comme suit :

$$DL = \sum Ki Li \Delta Ti$$

1.10.3 les déperditions par renouvellement d'air

On distingue deux cas de pertes par renouvellement d'air : celles dues au débit d'infiltration et à celui de ventilation spécifique. Tous les deux doivent être pris en compte. Ainsi les déperditions par renouvellement d'air s'expriment comme suit :

$$Dr = \sum 0,34 qe \Delta Ti$$

Ou

$$q_e = q_i + q_v$$

Et pour les infiltrations de la cote des locaux non chauffés :

$$q_i = \sum m A_m e_m + \sum f . l_f . e_i$$

Les valeurs (m, f et e) sont données par des tableaux normalisés suivant les règles Th-G.

1.11 Les propriétés thermiques des matériaux

a. l'inertie thermique d'un bâtiment :

La notion d'inertie thermique dans plupart du temps, est définie comme étant la vitesse avec laquelle le bâtiment réagit aux perturbations extérieures. Elle mesure sa capacité à stocker la chaleur, en différer la restitution et à atténuer l'effet des surchauffes dues aux apports solaires. Dans les matériaux de construction couramment utilisés, l'inertie thermique d'un bâtiment se juge en première approximation par la masse interne du matériau mis en œuvre.

b. la diffusivité thermique

C'est le rapport de la conductivité thermique λ en W/(m.K) sur la capacité calorifique volumique, elle détermine la vitesse avec laquelle la chaleur propage dans un matériau :

$$\alpha = \lambda / \rho C$$

Avec ρ la masse volumique en Kg/m³ et C la capacité calorifique en (J/(Kg.K)). La capacité calorifique volumique est le produit ρC exprimé en (J/m³.K)¹⁹.

Plus la diffusivité est grande, plus le matériau s'échauffe ou se refroidit rapidement. Tandis que plus elle est faible, plus le front de chaleur mettra du temps à traverser l'épaisseur du matériau.

c. l'effusivité thermique :

L'effusivité est la capacité d'un matériau à absorber l'énergie et la restituer, elle dépend de la conductivité thermique et de la capacité calorifique et s'exprime en (W/Co.m²)^{1/2}²⁰.

En générale, pour réduire l'amplitude d'un flux thermique, les parois d'enveloppe devront présenter une faible diffusivité et une forte effusivité.

1.12 Les ponts thermiques

Les ponts thermiques désignent les parties de l'enveloppe d'un bâtiment qui induisent d'importantes fuites de chaleur vers l'extérieur.

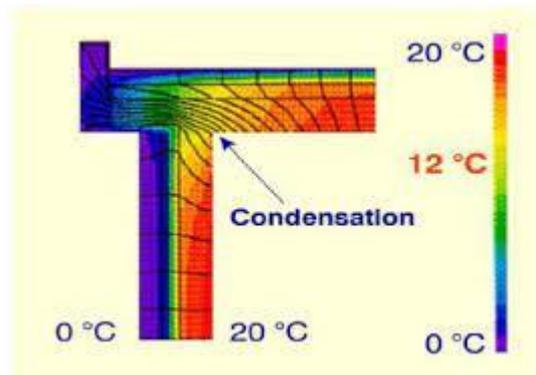


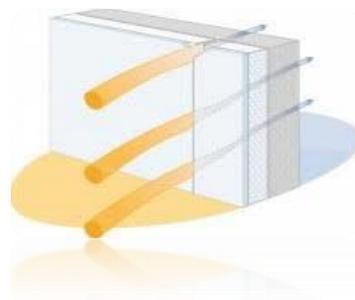
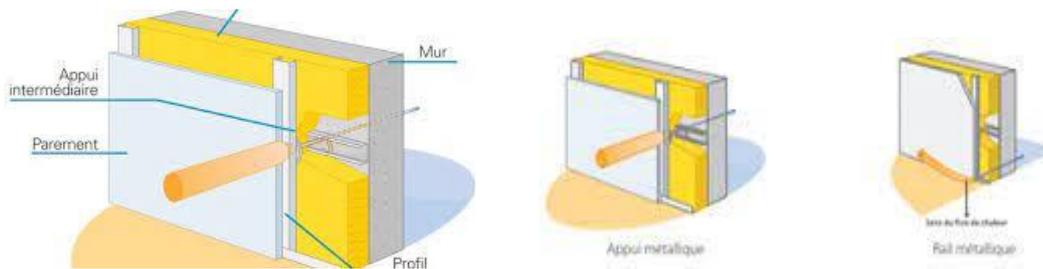
Figure 1.15 : l'influence des ponts thermique dans l'habitat

1.12.1 les ponts thermiques intègres :

Les ponts thermiques intégrés peuvent être :

- ponctuelles- notes χ . Exemple : appui métallique dans un doublage sur ossature ;
- linéiques- notes ψ . Exemple : fourrure métallique dans un doublage sur ossature.

Ils s'exprime en $W / (m.K)$.



Fixations

Figure 1.16: les ponts thermiques intègres

1.12.2 les ponts thermiques de liaison structurels



Figure 1.17 : *les ponts thermiques de liaisons structurelles*

1.13 Les besoins de l'occupant :

- Le rôle principal d'un édifice est de protéger ses occupants contre les conditions climatiques extérieures rigoureuses.
- Un bâtiment confortable garantit un air intérieur agréable et peu dépendant des conditions extérieures, ainsi qu'une gestion optimale de l'énergie.
- Les exigences actuelles pour les bâtiments incluent le confort thermique, la qualité de l'air, l'éclairage, la protection acoustique et la consommation d'énergie.
- Les besoins des occupants doivent être prioritaires par rapport aux exigences énergétiques lors de la construction d'un bâtiment.

1.14 Méthodes d'évaluation du confort thermique²¹

a. Evaluation du confort thermique par des enquêtes in situ

- Les enquêtes in situ utilisent des mesures physiques de l'ambiance et les réponses de sensation thermique des occupants pour évaluer le confort thermique dans des situations réelles de la vie quotidienne.
- Les méthodes d'enquêtes varient en fonction de leurs objectifs, certains cherchant à déterminer les conditions de confort thermique dans différents types de bâtiments et climats, d'autres étudiant l'influence d'un élément particulier sur le confort thermique.
- Certaines enquêtes visent à développer de nouvelles lois pour le confort thermique.
- Les enquêtes in situ sont essentielles pour comprendre le degré de confort thermique dans les lieux de vie et de travail habituels des usagers.

b. Les outils graphiques d'évaluation de confort thermique

- **Diagramme de givoni**

Le premier auteur de ce diagramme est Baruch Givoni qui l'a utilisé en climat semi-aride où l'inertie thermique est requise en hiver comme en été, en se basant sur les études antérieures d'Olgay concernant les indices de confort⁴¹.

Le diagramme bioclimatique est construit sur un diagramme psychrométrique (appelé aussi diagramme de l'air humide). Sur ce diagramme sont représentées⁴² :

- la zone de confort hygrothermique tracée pour une activité sédentaire, une vitesse d'air minimale (en général 0,1 m/s) et les tenues vestimentaires moyennes d'hiver et d'été.
- l'extension de la zone de confort hygrothermique due à la ventilation par augmentation de la vitesse d'air de 0,1 à 1,5m/s.
- la zone des conditions hygrothermiques compensables par l'inertie thermique associée à la protection solaire et à l'utilisation d'enduits clairs.
- la zone des conditions hygrothermiques compensables par l'inertie thermique associée à la protection solaire et à l'utilisation d'enduits clairs que l'on cumule avec une ventilation nocturne.
- la zone des conditions hygrothermiques compensables par l'utilisation de systèmes passifs de refroidissement par évaporation.
- la zone des conditions hygrothermiques qui nécessitent l'humidification de l'air;
- la zone des conditions hygrothermiques compensables par une conception solaire passive du bâtiment.

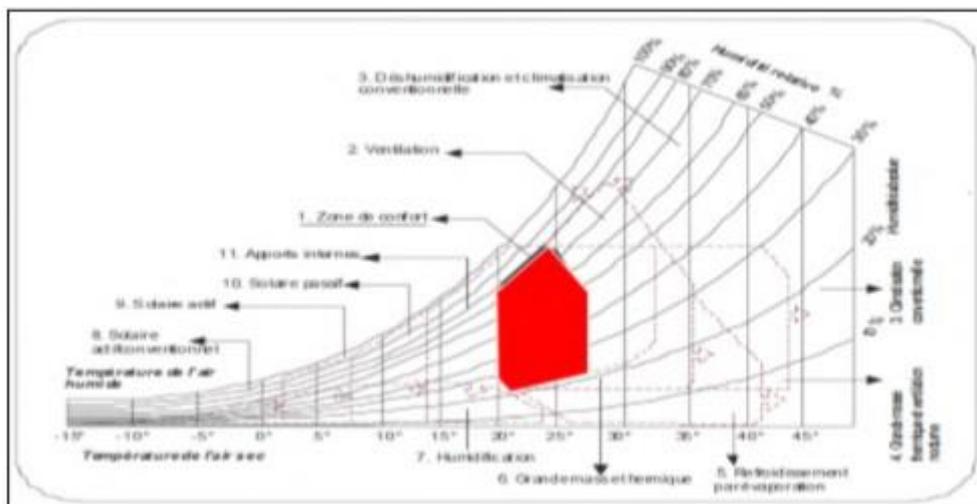


Figure 1.18 : Zone de confort selon le diagramme bioclimatique de Givoni, MAZARI M, 2012²¹

La zone de confort se situe entre les températures 20 et 26°C, c'est à dire qu'il considère que toutes les personnes, quel que soit la latitude à laquelle ils se trouvent, réagissent de la même manière au confort. Dans leur forme actuelle, ces diagrammes sont surtout indicatifs d'un type de solutions à adopter.

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

- **Tables de Mahoney**

Carl Mahoney a développé une méthode de traitement des données climatiques, constituée d'une suite de six tableaux de référence d'architecture utilisées comme guide pour obtenir des bâtiments confortables, adapté aux conditions climatiques. Les besoins en confort sont groupés en six indicateurs²¹:

H1 : la ventilation indispensable (climat chaud et humide).

H2 : la ventilation souhaitée (climat chaud et sec).

H3 : la protection de la pluie nécessaire (climat tropical et tempéré).

A1 : l'inertie thermique (climat à grand écart diurne de température).

A2 : dormir dehors (climat chaud en été).

A3 : protection du froid

C'est une autre méthode pour déterminer les recommandations nécessaires à la réalisation du confort thermique dans le bâtiment.

Conclusion

Dans ce chapitre bibliographie qui a nous permis de voir les différents études et concepts de bâtiments, et présente une étude bibliographie sur quelque modelés proposes dans la littérature, et comprendre et de clarifier le travail qui nous reste à faire.

L'importance de l'étude bibliographique est notable, car elle apporte les connaissances du contexte nécessaires pour le développement de la suite du projet.

Ce chapitre a été dédié à l'établissement d'un état de l'art sur le confort thermique, l'efficacité énergétique et la réglementation thermique.

- Le confort thermique est une notion complexe et multidisciplinaire qui peut avoir un impact sur l'efficacité énergétique des constructions.
- L'environnement thermique est caractérisé par plusieurs variables physiques qui interagissent avec l'activité et la vêtue du corps humain pour déterminer son état thermique.
- Il existe plusieurs méthodes pour évaluer le niveau de confort dans les bâtiments, dont les enquêtes in situ et le bilan thermique.
- Il est important de tirer parti des conditions climatiques favorables tout en se protégeant des conditions indésirables afin de réduire la consommation d'énergie, garantir le bien-être des occupants et contribuer au développement durable.

Etat de l'art

Mémoires consultées

1^{er} mémoire : Amélioration du confort thermique a la bibliothèque.

L'auteur: BOUBACAR DIAITE ; JUIN 1982 / OPTIONS : Génie mécanique)

L'Objectif : trouver une solution intermédiaire acceptable qui va consister en la réduction de la charge de refroidissement c'est-à-dire le taux de chaleur qui entre dans la bibliothèque.

2^{eme} mémoire : étude de l'efficacité énergétique d'un bâtiment d'habitation à l'aide d'un logiciel de simulation

L'auteur : Mr. Bouras Abderrahmane la revue : université Constantine ; faculté des sciences de l'ingénierie ; département de génie climatique l'année 2013

Objectif : l'étude de l'impact des mesures d'efficacité énergétique passive sur les besoins énergétiques thermiques d'un bâtiment résidentielle da la ville de Constantine pour l'optimiser, afin de le rendre le plus performant

Méthodologie : une étude numérique par la simulation thermique à l'aide du logiciel de simulation TRSYS a été faite sur un bâtiment de 80 m² de surface, un volume de 240 m³ l'entrée oriente vers le sud elle se trouve à 635 m d'altitude, d'un climat tempéré chaud la température moyenne est de 15.5 c^o

Résultats : les besoins énergétique annuelle 20240 KWh (9180 KWh chauffage, 11060 KWh climatisation) performance énergétique 253 KWh/m²/an

Fenêtre : double vitrage peu émissif, ils apport un gain de 5,46%, or que le triple vitrage apporte un gain de 4, 97%

L'usage de la botte de paille comme matériau de construction attient un gain énergétique jusqu'à 25,52% or que l'usage du parpaing peut engendrer une baisse de performance pas moins de 22,13%

3^{eme} mémoire : évaluation et amélioration énergétiques de bâtiments dans le cadre du programme national d'efficacité énergétique :

L'auteur : Sofiane Rahmouni en 2020

L'objectif : le présent travail a pour objectif l'étude de l'impact des mesures d'efficacité énergétique sur les besoins énergétiques thermiques d'un bâtiment tertiaire conditionne par des données météorologiques de trois villes algériennes ; Alger, Batna, et Ouargla qui représente respectivement trois zones climatiques ; zone méditerranéenne, zone semi-aride et zone désertique, afin d'améliorer leur performance énergétique et déduire leurs émissions de gaz à effet de serre, en adaptant les mesures les plus appropriées pour chaque zone. Cela, permettra aux autorités algériennes de réaliser des bâtiments durables, adaptés au programme et a la stratégie nationale.

Résultats : il a été constaté que la sélection spécifique de mesures optimales varie en fonction des conditions climatiques.

Les résultats combines des mesures proposées dans cette étude ont révèle que la consommation d'énergie finale ainsi que les émissions de CO₂ pouvaient être réduites d'environ 41%, 31% et 26% respectivement pour Ouargla, Batna et Alger par rapport aux pratiques actuel de construction en vigueur en Algérie.

En outre, il pourra réduire le cout de l'énergie jusqu'à 22% pour Alger, 28% pur Batna, et 39% pour Ouargla.

Ces résultats seraient plus efficaces si la « double brique creuse » existante en maçonnerie était remplacée par de meilleures alternatives telles que la brique en terre stabilisée, le béton cellulaire et par l'emploi des matériaux naturels respectueux de l'environnement,

Ces résultats peuvent servir comme une référence de recherche dans trois zones climatiques pour l'application de programme national d'efficacité énergétique adopté par l'APRUE à l'horizon 2030.

2.1 Introduction :

Dans ce chapitre on va présenter la situation géographique, les caractéristiques climatiques de la ville de Blida. Les compositions des parois de la bibliothèque.

2.2 Présentation la ville de Blida :

La wilaya de Blida se situe dans la partie nord du pays, dans la zone géographique du tel central.

Elle est limitée :

Au nord : Tipaza et la wilaya d'Alger

L'est : les wilayas de boumerdes et de bouira

A l'ouest : ain defla

Au sud : Médéa

Elle est composée de : 53.26 km² de superficie



Figure 2.1 : localisation de la ville de Blida

2.3 Données climatiques de la ville de Blida :

Latitude 36° 28` 60`` nord, 2° 49` 60`` est ; Zone et Altitude = 256 m

Climat de Blida : climat méditerranéen caractérisé par une alternance de saison sèche et chaude di mois de Mai jusqu`au mois de Septembre et d`une saison humide et fraiche qui s`étale du mois d`Octobre jusqu`au mois d`Avril.

Selon les **DTR** la classification de la ville a les données suivantes : Zone=== B

2.4 Détail de ressource solaire :

Les données d`irradiation sont obtenues par le logiciel meteonorm7

Tableau2.1 : données d`irradiation solaire de la ville de Blida

mois	Ta	G_Gh	G_Bn	G_Dh	Rh	Sd	FF
	[°C]	[W/m2]	[W/m2]	[W/m2]	[%]		[m/s]
Jan.	11.0	99	124	48	72		3.6
Fév.	12.0	121	124	62	70		3.6
Mars.	13.3	169	139	86	70		4.1
Avr.	15.4	205	152	108	68		3.6
Mai.	19.1	259	209	117	66		3.6
Juin	23.4	318	321	95	61		4.1
Juill.	27.4	298	267	111	56		4.1
Aout.	27.8	273	257	97	58		3.6
Sept.	24.7	217	219	84	63		3.1
Oct.	20.1	167	196	63	67		3.6
Nov.	15.2	113	137	52	70		3.6
Déc.	11.7	86	124	37	73		3.1
Année	18.4	194	189	80	66		3.6

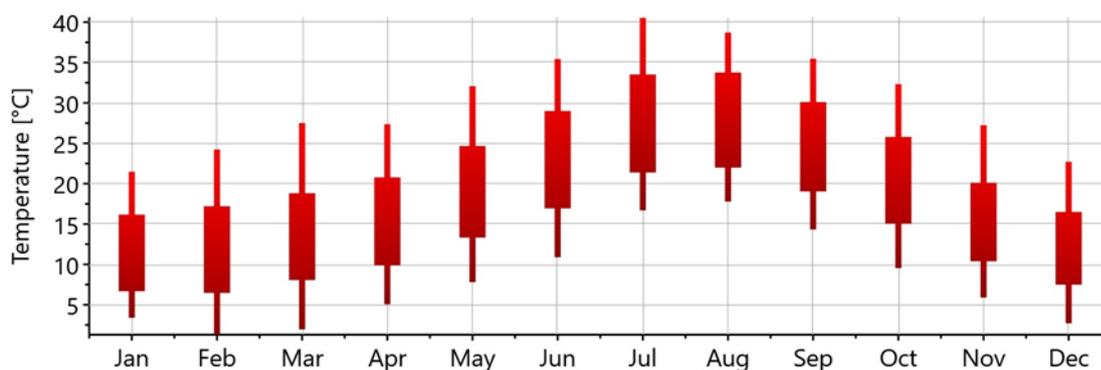


Figure 2.2 : diagramme de variation de température annuelle

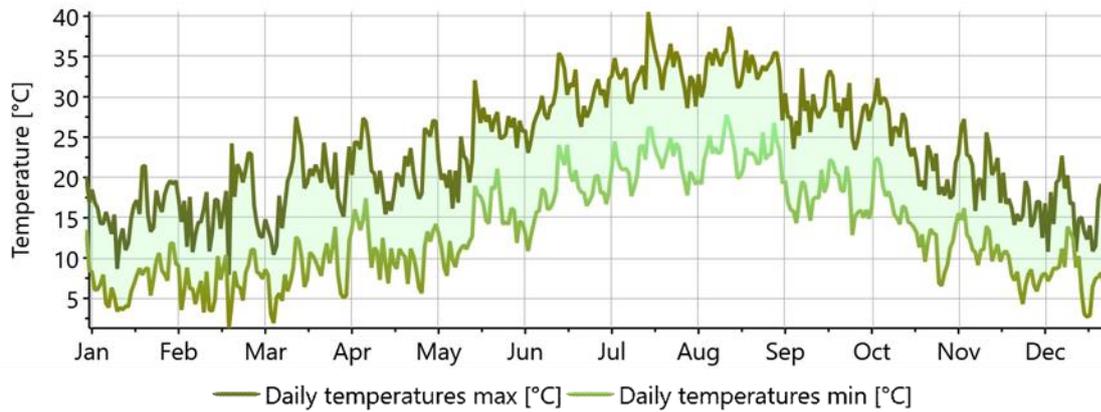


Figure 2.3 : diagramme de variation de température journalière durant l'année

Durée d'ensoleillement à BLIDA :

On remarque que la durée d'ensoleillement à Blida la plus élevée est au mois de juillet avec une durée de presque 12 heures et la petite durée est en mois de janvier et décembre avec une valeur de 6 heures.

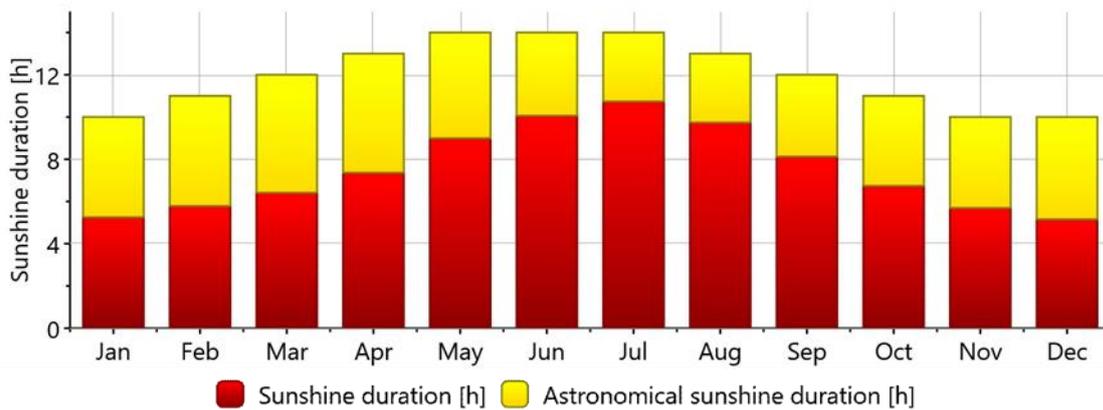


Figure 2.4 : diagramme de durée d'insolation

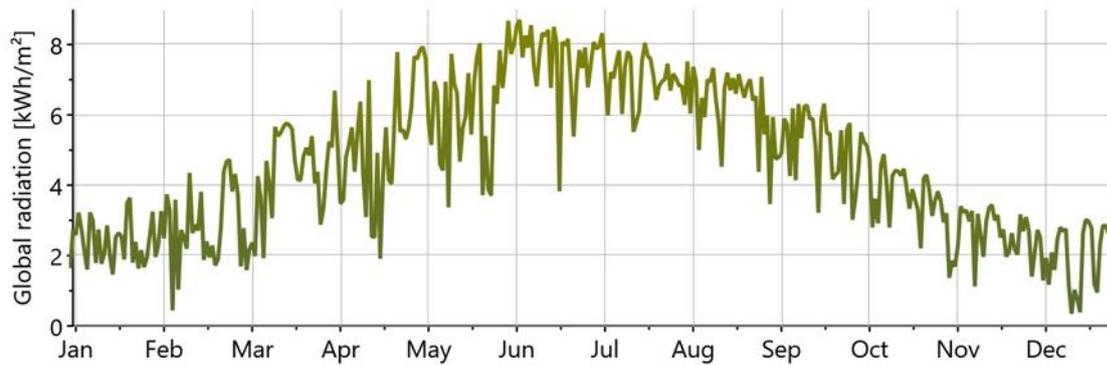
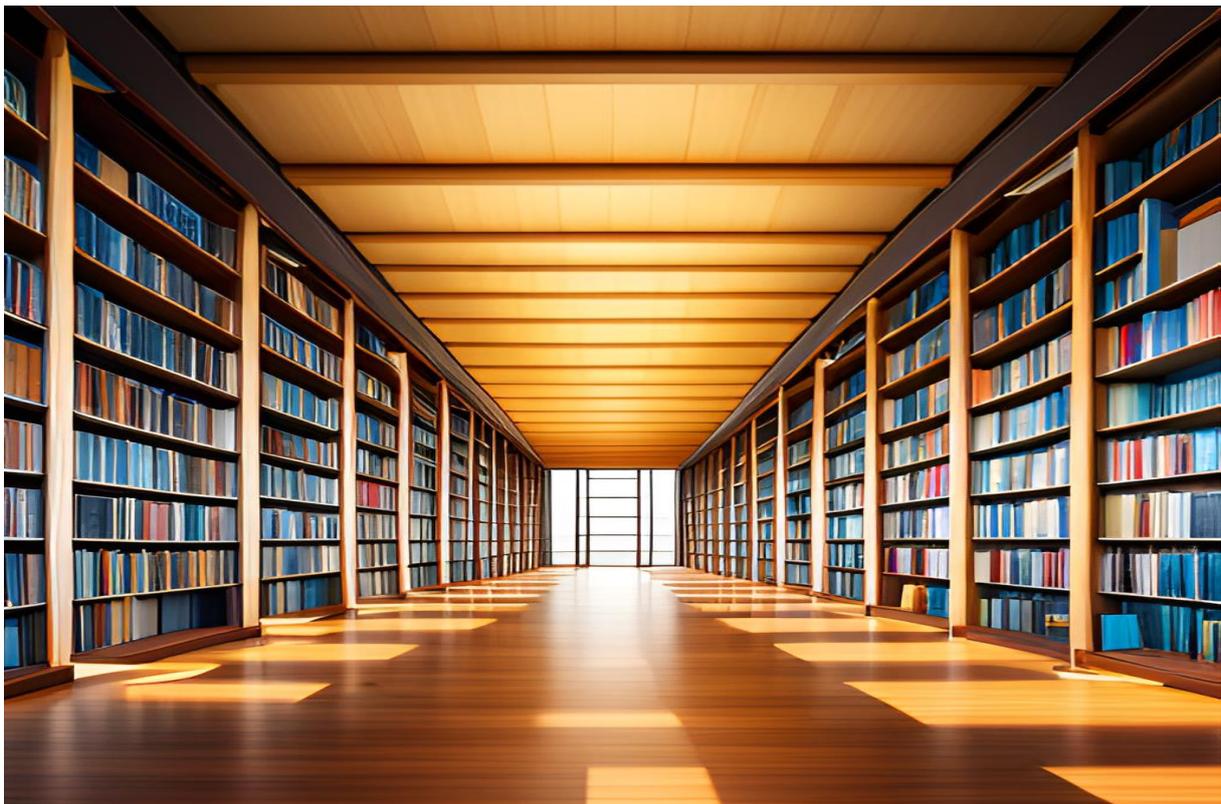


Figure 2.5 : diagramme de rayonnement globale journalier

2.5 Présentation du projet

Le projet, situé dans la cote de Blida, fait partie d'un bâtiment scientifique, culturelle qui accueillera chaque jour près de 50 personnes durant 05 jours par semaine pendant toute l'année.



2.5.1 Heures de fonctionnement:

Dans une année nous avons 52 semaines, on suppose :

- 1- nombre de jours de travail : 05 jours/semaine ;
- 2- week-end : 02 jours/ semaine ;
- 3- les heures de travail de 8h à 12h et de 13h à 16h = 7h / jour

2.6 Description du bâtiment

Mon choix c`est ce bâtiment ; qui se situe en 1 niveau ; et se compose de une salle de lecture, salle d`informatique, et une salle d`archive, avec des sanitaires.

2.6.1 Présentation de plan

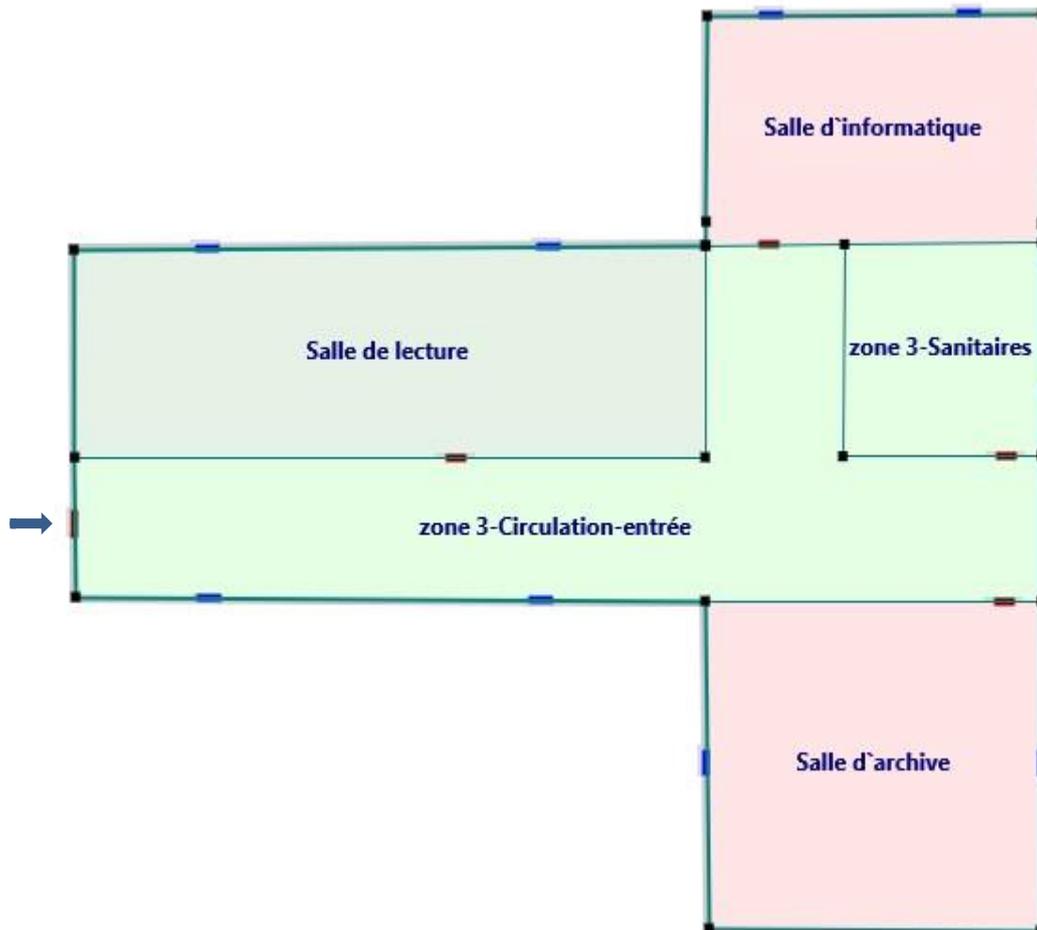


Figure 2.6 : plan de différentes zones de la bibliothèque sous modèleur

2.6.2 Caractéristiques du cas d'études :

Tableau 2.2 : les composants des différentes parois

Les matériaux sont cités de l'extérieur à l'intérieur

	Composition	Epaisseur (cm)	λ (W/m.C°)	$R=e/\lambda$ (m ² .C°/W)	$1/h_e$ $1/h_i$ (m ² .C°/W)	R_g (m ² .C°/W)	U (W/m ² .C°)
Mur extérieur « double murette »	Mortier ciment	0.5	1.15	0.004	0.17	0.75	1.33
	Brique creuse	10	0.476	0.21			
	Brique creuse	10	0.071	0.14			
	Lame d'air	10	0.476	0.21			
	Brique creuse	0.5	1.15	0.004			
	Brique creuse	0.5	0.35	0.014			
	Mortier ciment Enduit plâtre						
Mur extérieur façade	Verre plat	2	1.16	0.02	0.17	0.19	5.26
Plancher bas	Béton lourd	20	1.75	0.11	0.34	0.49	2.04
	Mortier	4	1.15	0.03			
	Carrelage	1	1.70	0.01			
Paroi de séparation	Placoplatre BA13	1.3	0.325	0.04	0.22	0.45	2.22
	Lame d'air	1.2	0.080	0.15			
	Placoplatre BA13	1.3	0.325	0.04			
Toiture terrasse	Béton lourd	20	1.75	0.11	0.22	0.33	3

2.6.3 types d'ouvertures :

Porte intérieure en bois

Porte extérieure en métal avec simple vitrage

Vide sanitaire.

2.7 Conclusion

Pour comparer les différents changements de températures dans les différents espaces et déterminer les besoins en chauffage ainsi qu'en climatisation, et leur comportement vis-à-vis de la différentielle d'infiltration, une simulation thermique dynamique est recommandée (STD).

3.1 Étude thermique de l'exemple à l'aide d'un logiciel :

On a utilisé la simulation thermique dynamique (STD) avec logiciel pléiades+ comfie ce qui permet de faire vivre virtuellement le bâtiment sur une année entière afin d'étudier son comportement prévisionnel pour des résultats proches de la réalité.

Cette étude va être basée sur le changement des paramètres ou bien les solutions passives proposées afin d'avoir le cas le plus favorable.

3.2 Présentation du logiciel :

Pléiade est un logiciel complet pour l'Eco conception des bâtiments et des quartiers. A partir d'une saisie graphique ou d'une maquette numérique, différents types de calculs sont accessibles : simulation thermique énergétique dynamique, vérification réglementaire, dimensionnement des équipements, qualité de l'air intérieur ou analyse statistique. Au-delà des aspects énergétiques, l'analyse du cycle de vie évalue les impacts du bâtiment sur l'environnement.

Meteonorm7 le pack stations méteonorme comporte plus de 220 stations météo complémentaires (France métropolitaine, Belgique, suisse, Luxembourg et pays du Maghreb) pour la simulation thermique dynamique, il nous donne accès a des données météorologiques pour divers applications pour n'importe quel endroit dans le monde. Et génère des fichiers de données météorologiques horaires au format TRY, requis par COMFIE, soit à partir de données mensuelles, soit à partir de données horaires disponibles.

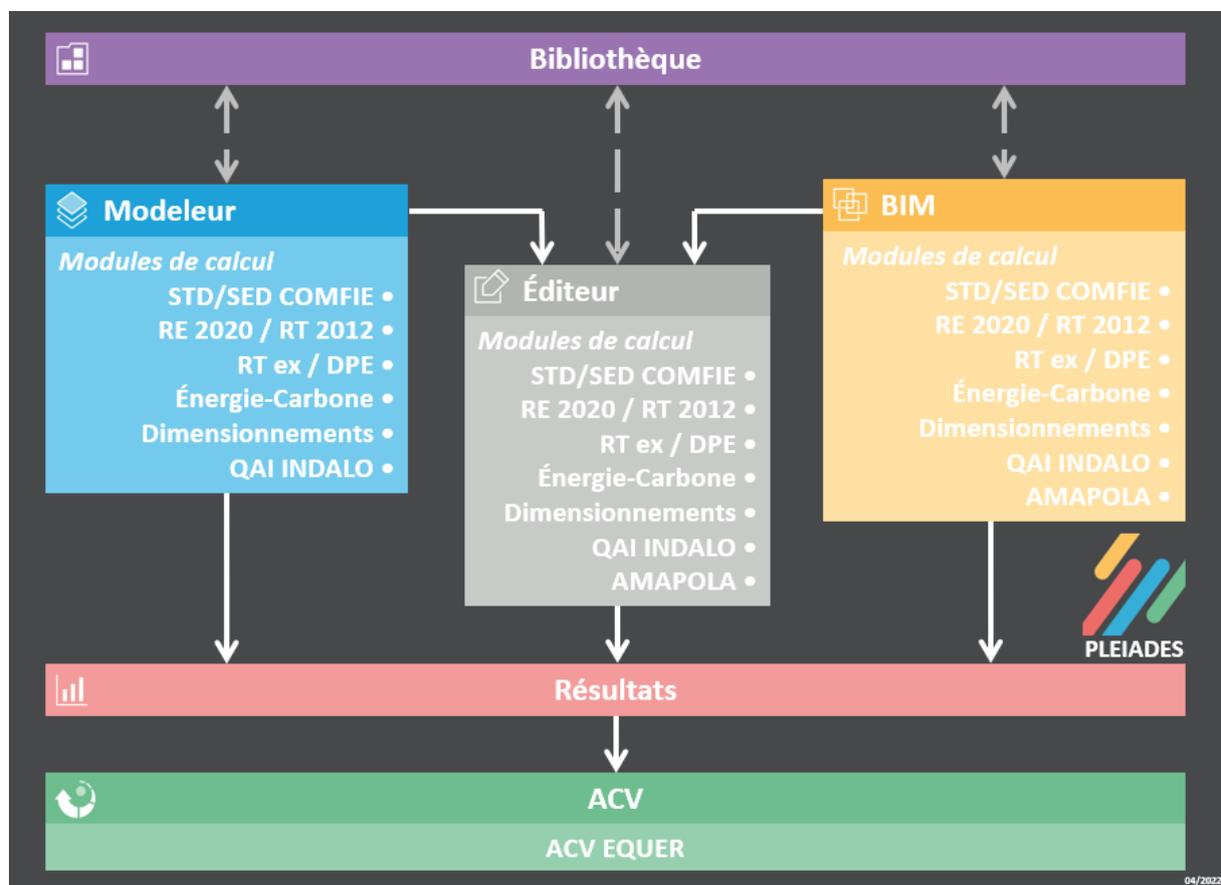


Figure 3.1 : façade du logiciel pléiade

Les modules de plieade :



plieades bibliotheque : la base de donnees des elements constitutifs du batiment accessible depuis les autres composants de plieade. Materiaux, menuiseries, equipements, elle comporte aussi des elements pour decire l'usage (scenarios) et l'environnement proche du batiment.



Pléiade modeleur : la saisie graphique rapide et fiable du bâtiment à partir de plans au format DWG ou image ou d'une maquette numérique (Revit, gbXML ou IFC).

Il permet de lancer les différents calculs et de visualiser certains résultats.



Pléiade éditeur : l'interface d'Edition avancée du modèle de bâtiment. Il permet de lancer les différents calculs



Pléiade 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 personnalisables.



Pléiade ACV : l'analyse du cycle de vie des bâtiments et des quartiers avec le moteur EQUER, mais aussi l'évaluation des impacts environnementaux selon le référentiel énergie-carbone.

3.3 Processus d'application des logiciels :

3.3.1 Sous logiciel meteonorm7 :

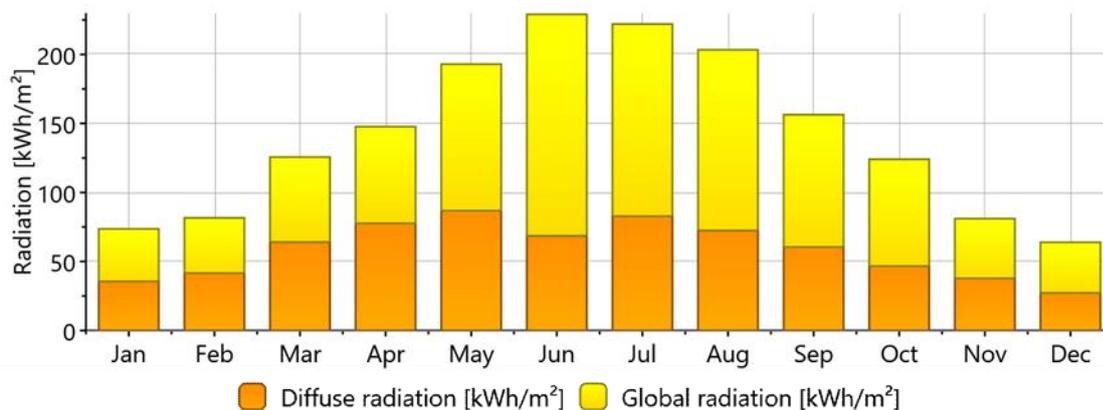


Figure 3.2 : diagramme de rayonnement global et diffus

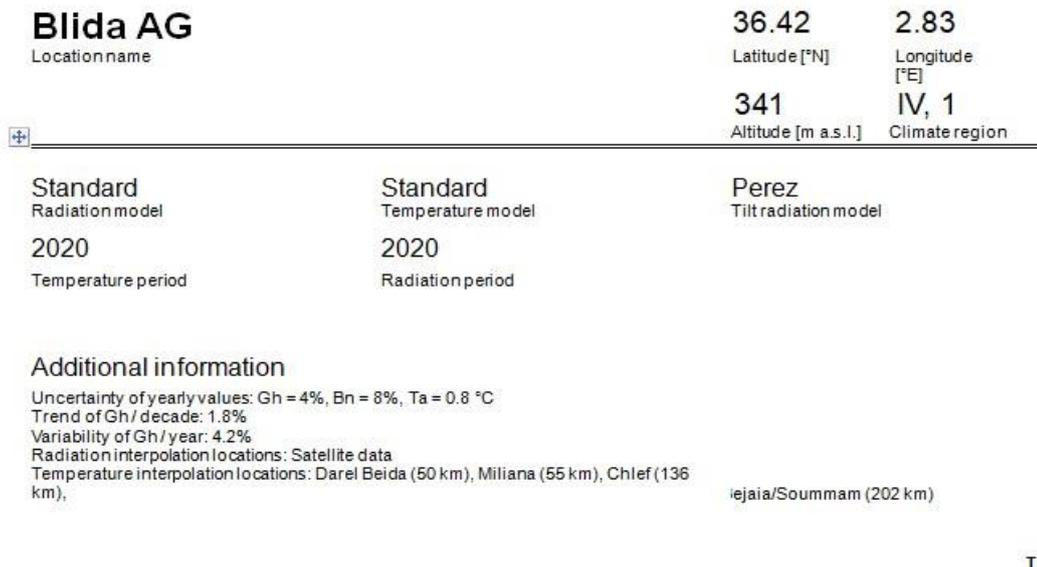


Figure 3.3 : façade meteonorm7 après la définition du site

3.4 : sous pléiades :

➤ compositions des éléments constructifs :

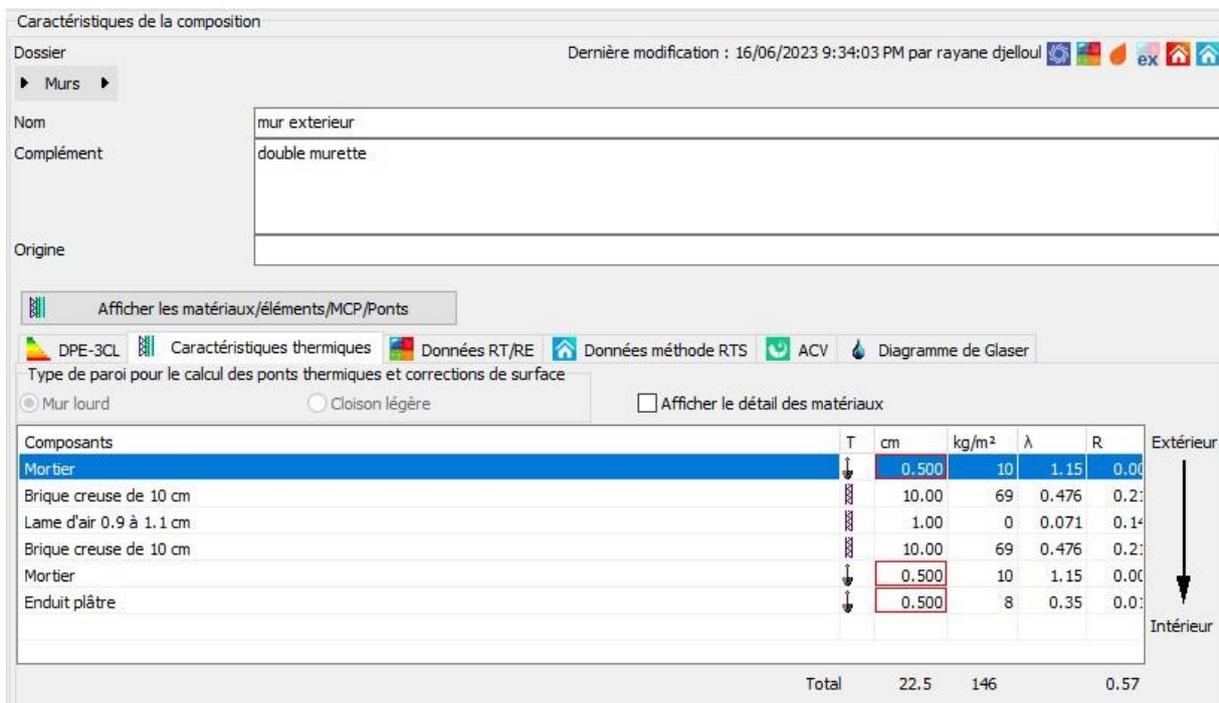


Figure 3.4: composition des murs extérieurs (double murette)

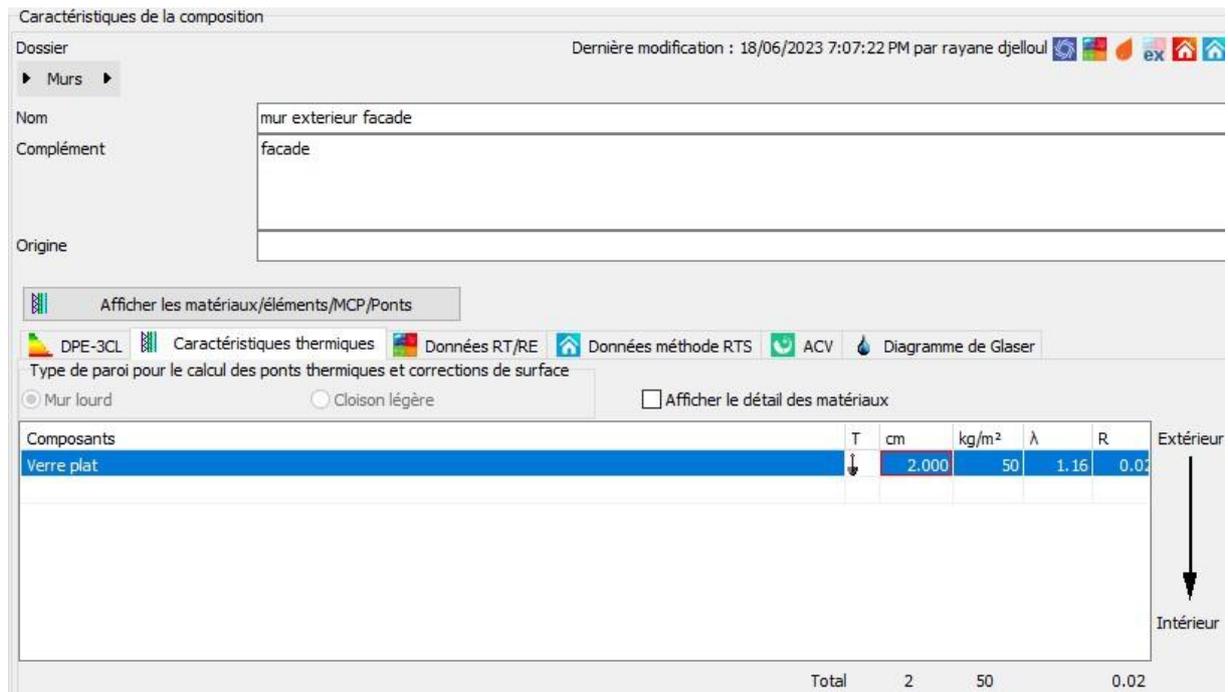


Figure 3.5 : compositions des murs extérieurs (façade vitrage)

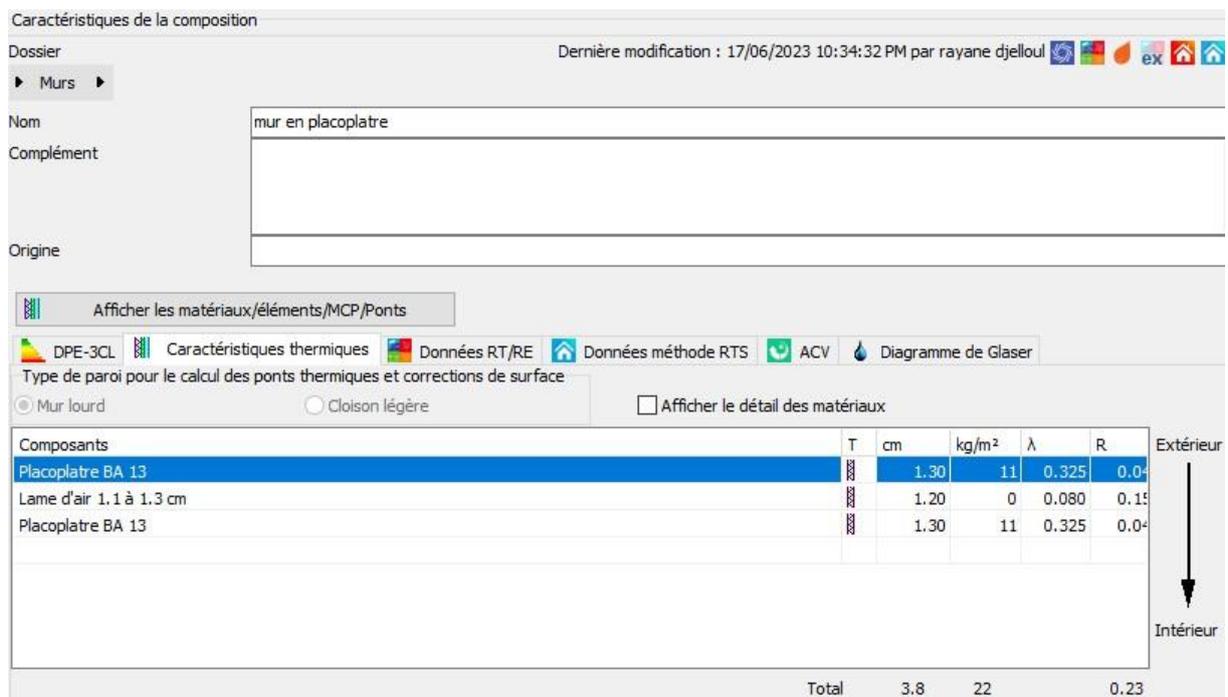


Figure 3.6 : composition des murs de séparation intérieure

➤ **insertion des ouvrants :**

- 1- porte en bois extérieur / intérieur
- 2- les fenêtres

Porte Fenêtre nb vitrage(s)

DPE-3CL Global ↑ Géométrie Données RT/RE ACV INDALO

Valeurs connues Valeurs calculées Sans correction d'intégration dans le projet

Hauteur m Largeur m

Sans protection
 Uw vertical W/(m².K) Uw horizontal W/(m².K) Tl global

Facteur solaire (Sw) Vitrage spécial

	Sw-C	Sw1-C	Sw2-C	Sw3-C	Sw-E	Sw1-E	Sw2-E	Sw3-E	Tl diffus
Hiver	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Eté	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Avec protection
 Sélection

Porte Fenêtre

DPE-3CL Global ↑ Géométrie Données RT/RE ACV INDALO

Valeurs connues Valeurs calculées

Hauteur m Largeur m

Sans protection
 Uw vertical W/(m².K) Uw horizontal W/(m².K)

Facteur solaire (Sw)

	Sw-C	Sw1-C	Sw2-C	Sw3-C	Sw-E	Sw1-E	Sw2-E	Sw3-E
Hiver	0	0	0	0	0	0	0	0
Eté	0	0	0	0	0	0	0	0

Ouverture Sélection

Détalonnage cm Seulement si intérieur

Porte Fenêtre

DPE-3CL Global ↑ Géométrie Données RT/RE ACV INDALO

Valeurs connues Valeurs calculées

Hauteur m Largeur m

Sans protection
 Uw vertical W/(m².K) Uw horizontal W/(m².K)

Facteur solaire (Sw)

	Sw-C	Sw1-C	Sw2-C	Sw3-C	Sw-E	Sw1-E	Sw2-E	Sw3-E
Hiver	0	0	0	0	0	0	0	0
Eté	0	0	0	0	0	0	0	0

Ouverture Sélection

Détalonnage cm Seulement si intérieur

Porte Fenêtre nb vitrage(s)

DPE-3CL Global ↑ Géométrie Données RT/RE ACV INDALO

Valeurs connues Valeurs calculées Sans correction d'intégration dans le projet

Hauteur m Largeur m

Sans protection
 Uw vertical W/(m².K) Uw horizontal W/(m².K) Tl global

Facteur solaire (Sw) Vitrage spécial

	Sw-C	Sw1-C	Sw2-C	Sw3-C	Sw-E	Sw1-E	Sw2-E	Sw3-E	Tl diffus
Hiver	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Eté	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Avec protection
 Sélection

Figure 3.7: insertion des ouvertures portes et fenestres

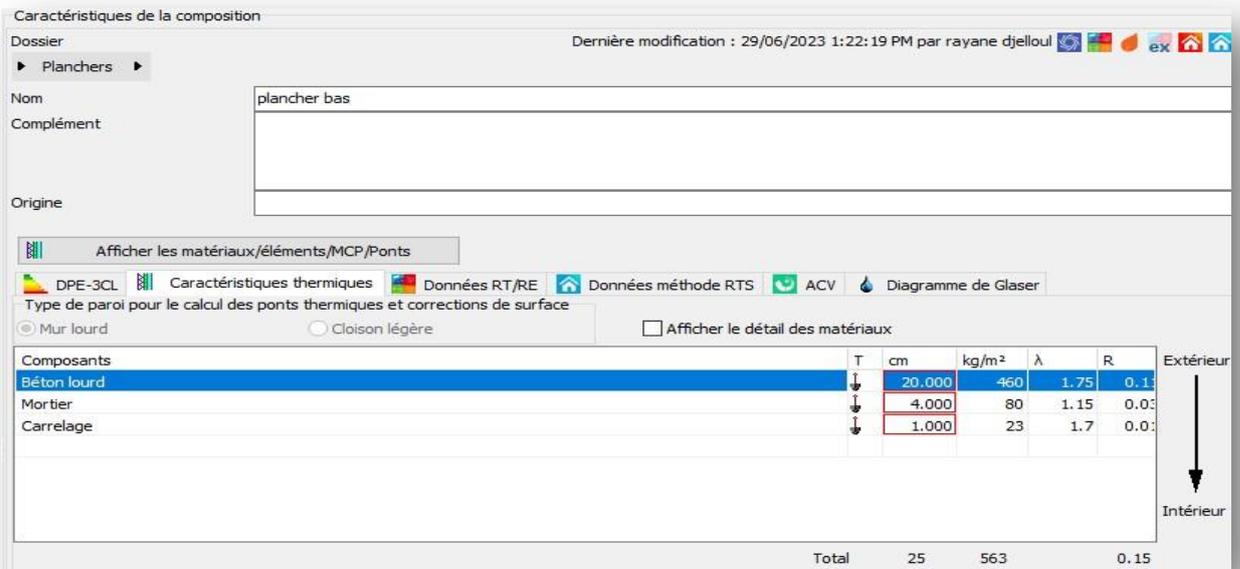
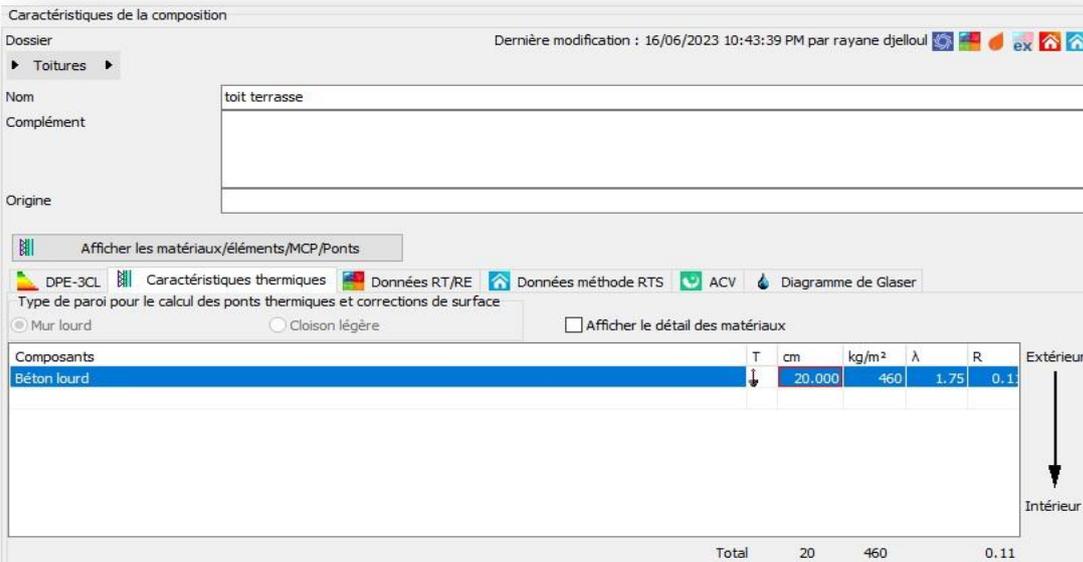


Figure 3.8 : composition de plancher haut /bas

3.5 Sous modeleur :

- Identification de la station météorologique :

Cette étape permet d'utiliser les paramètres météorologiques du site d'étude

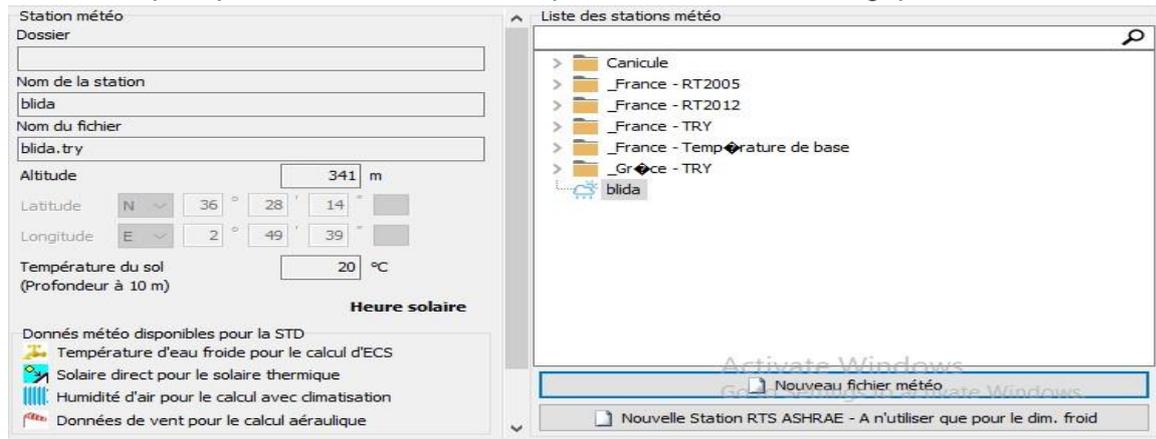


Figure 3.9 : identification de la station météorologique sous modeleur

➤ Définition des paramètres constructifs sous modeleur

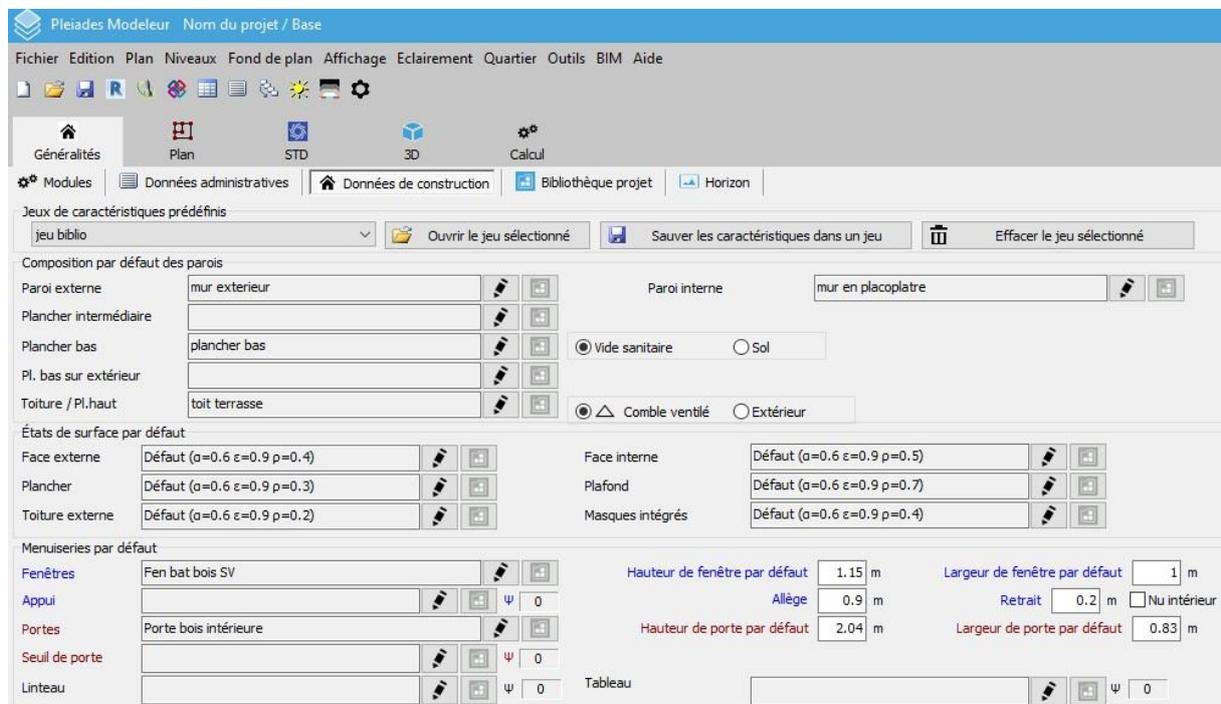


Figure 3.10: insertions des éléments constructifs sous modeleur

3.6 Modélisation des zones d'étude :

➤ Dessin du plan sous modeleur :

- ✓ Caractéristiques des murs
- ✓ Caractéristiques des ouvrants
- ✓ Identification des pièces
- ✓ Identification des zones selon le confort :
 - **Zone 1** : salle de lecture et d'archive
 - **Zone 2** : salle d'informatique
 - **Zone 3** : les couloirs, les sanitaires
- ✓ Identification du nord.

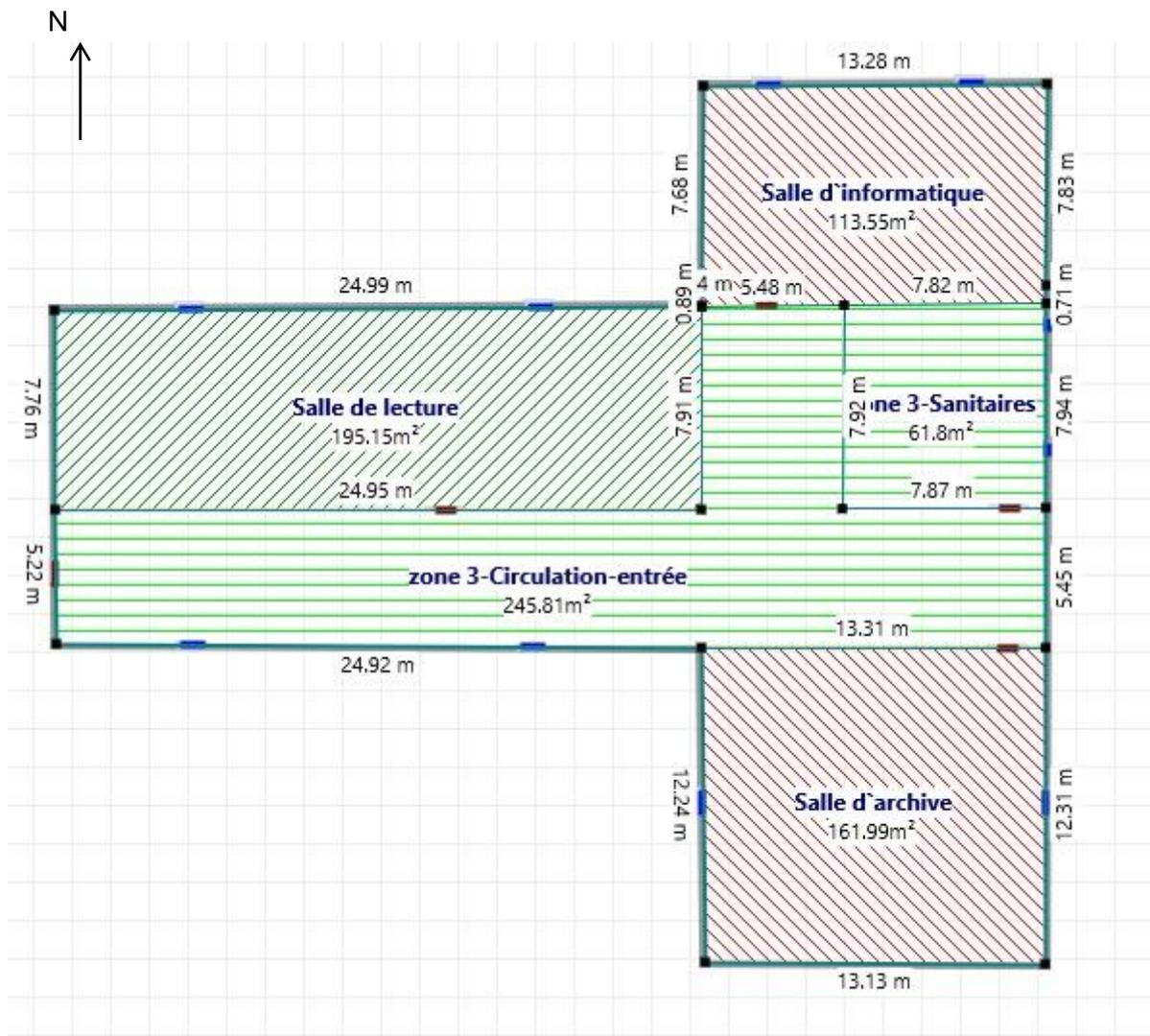
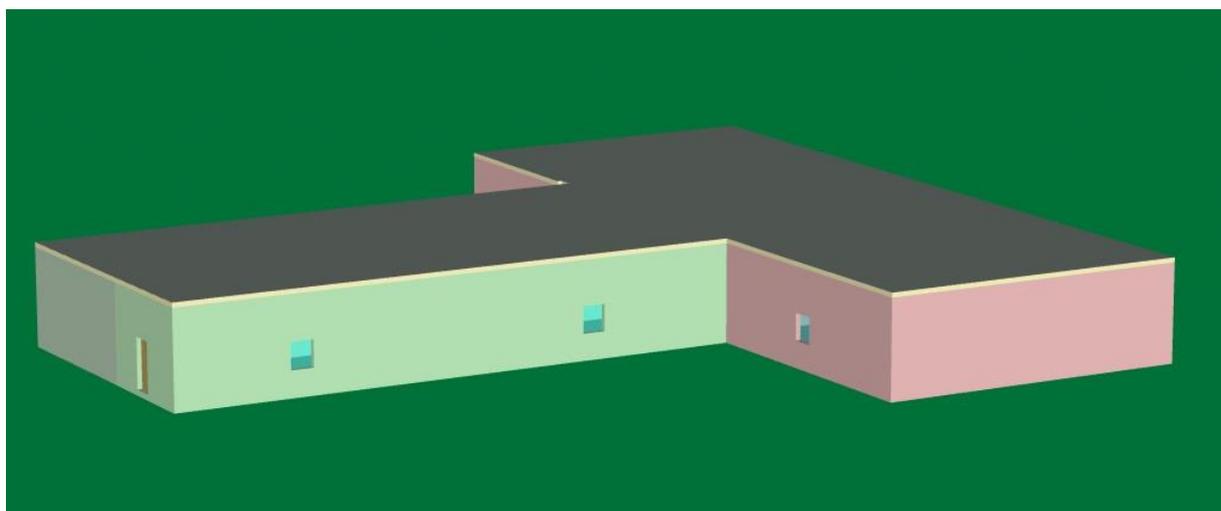


Figure 3.11 : plan du cas étudiant



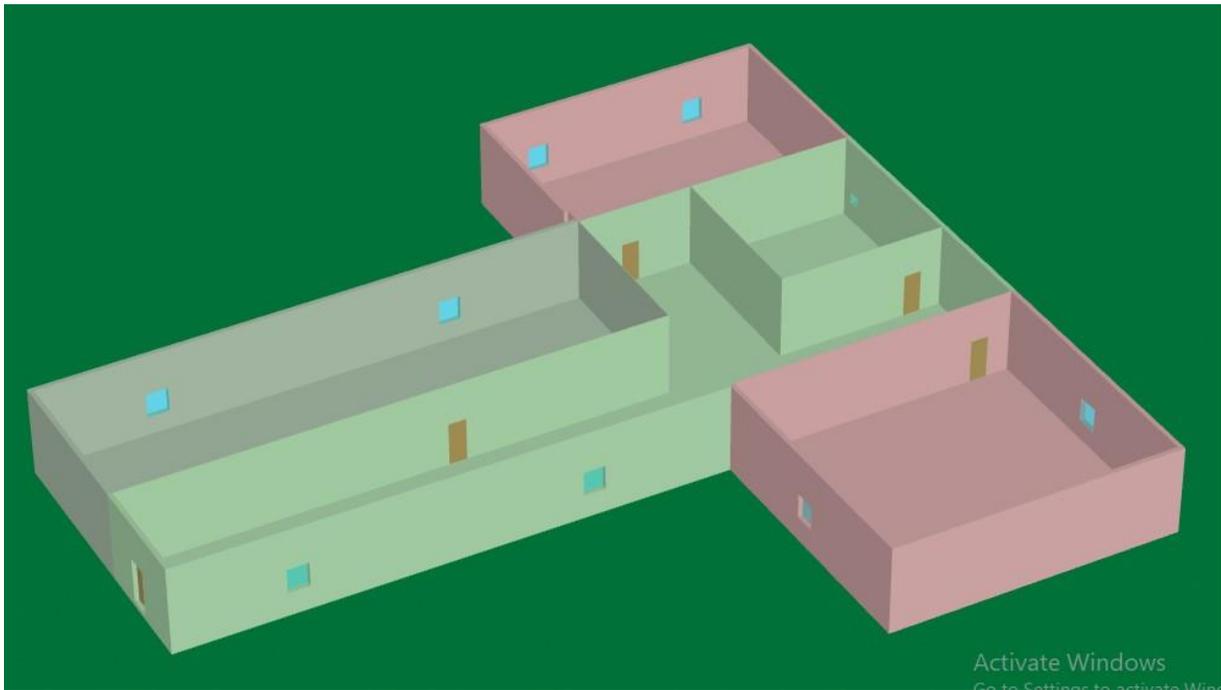


Figure 3.12 : volumétrie sur modeleur en 3D

3.7 : exporter vers pléiades :

➤ **Sous pléiade :**

Dans le cadre de cette étude des scénarios de fonctionnement vont être utilisés afin d'identifier les besoins en chauffage, ainsi que l'évolution des températures.

➤ **Définition des scénarios de fonctionnement :**

- Scenario d'occupation
- Scenario de consigne de thermostat
- Scenario de ventilation
- Scenario de puissance dissipée

Scénario d'occupation :

Le scénario d'occupation : permet de déterminer le nombre d'utilisateurs des différents espaces ainsi que le taux de fréquentation de l'espace par heure, le but de ce scénario est de déterminer les apports internes produits par les occupants des espaces étudiés.

Pour notre simulation, nous avons décidé d'effectuer des scénarios d'occupation différents pour chaque zone selon l'occupation de l'espace par heure nombre d'occupants :

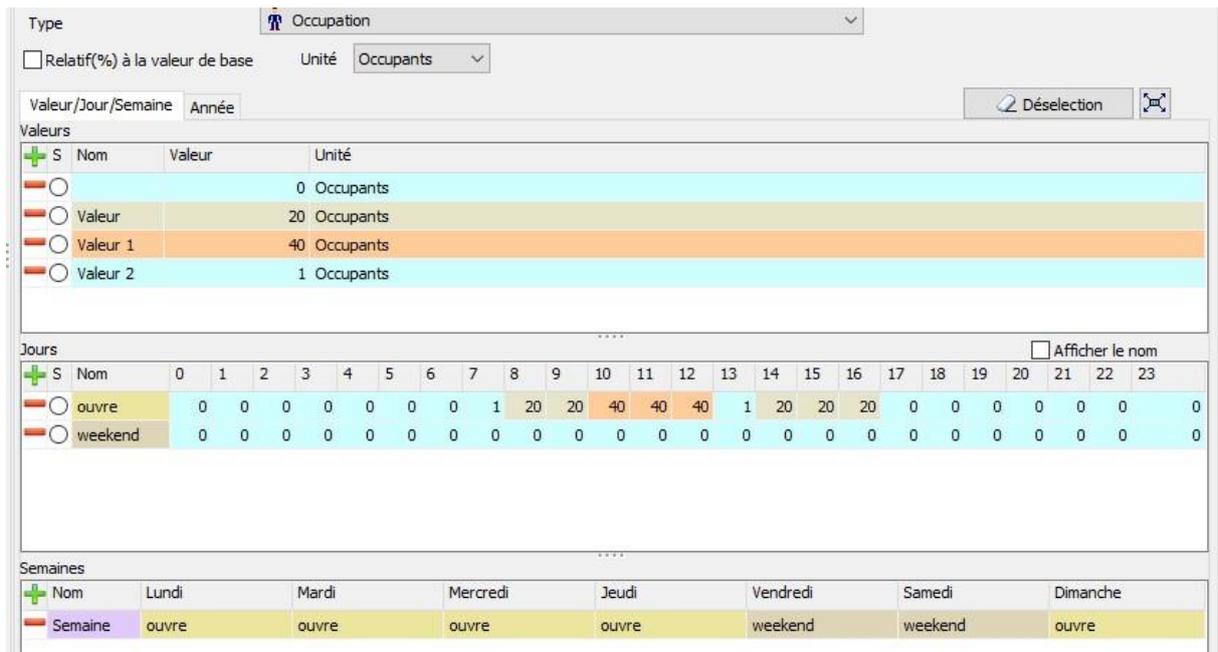


Figure 3.13 : Scenario d'occupation de la zone 1

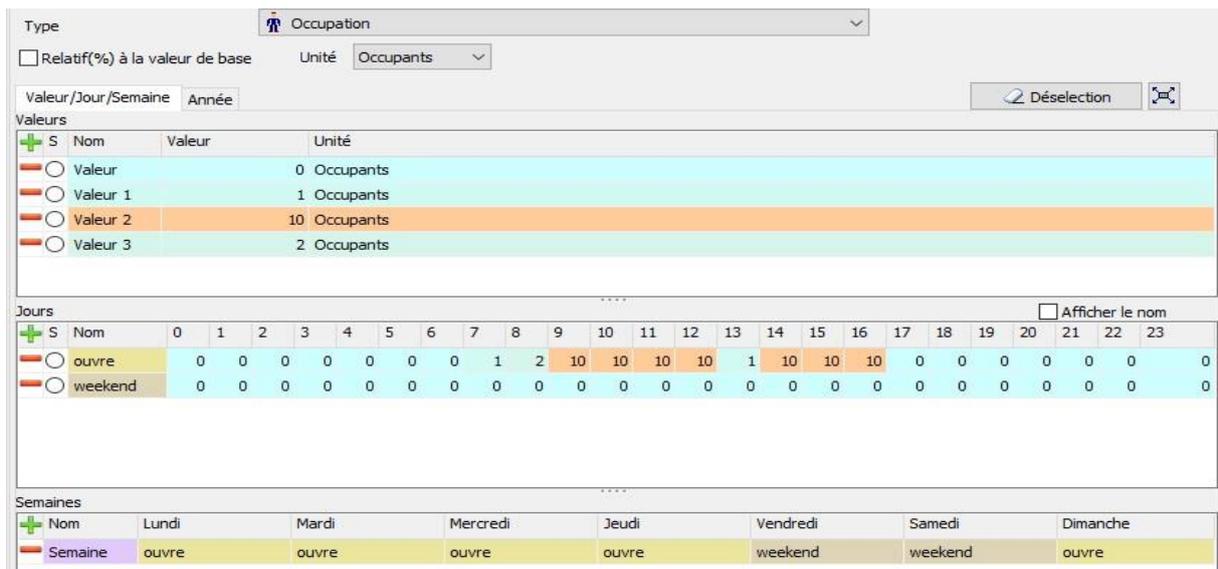


Figure 3.14 : scenario d'occupant de la zone 2 sous 24 h

Scenario de consigne de thermostat :

Afin de déterminer les besoins en chauffage et climatisation, on doit intégrer la consigne de thermostat, la zone de confort est fixée à 20° en hiver et 27° en été.

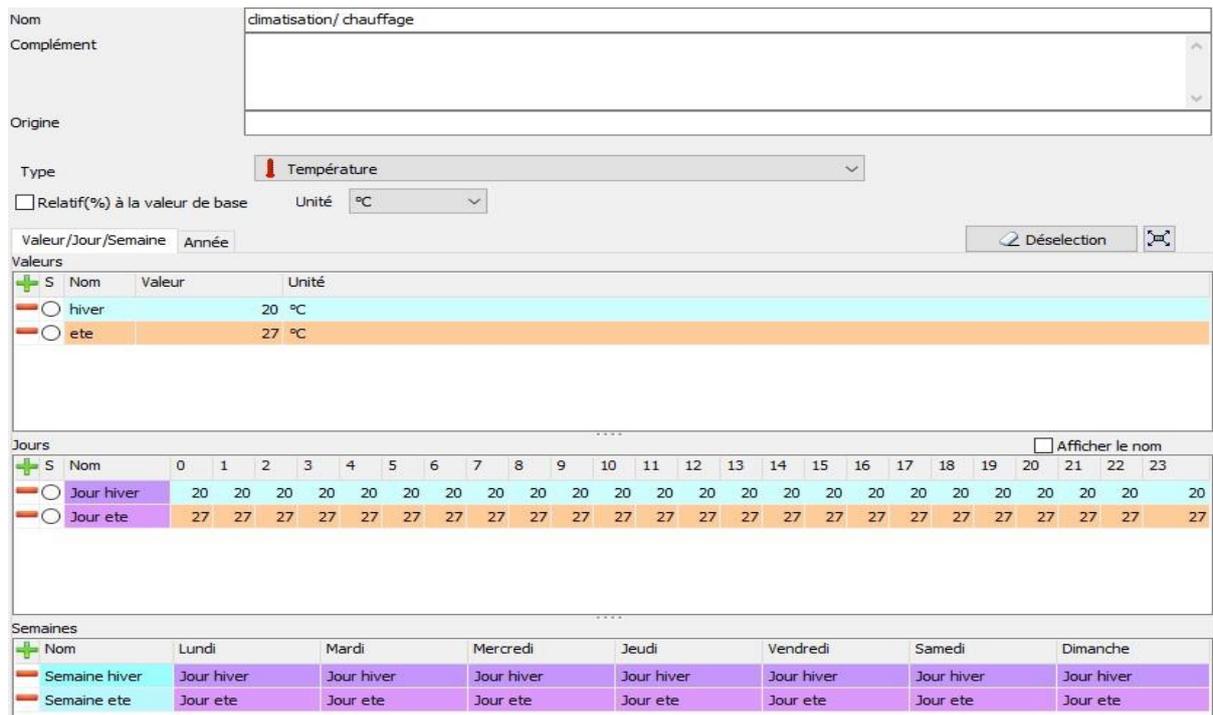


Figure 3.15 : scénario de consigne de thermostat de chauffage et climatisation

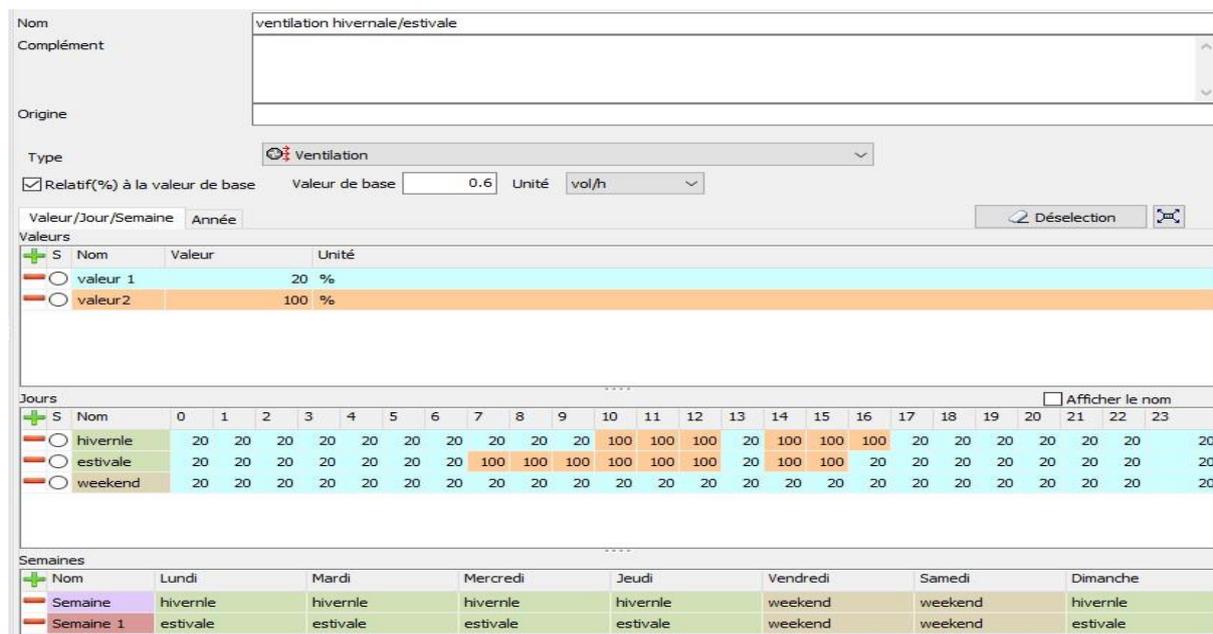


Figure 3.16 : scénario de ventilation estivale et hivernale

Scenario de puissance dissipée:

Ce scenario permet de déterminer la chaleur émise par les appareils électriques pour la simulation thermique dynamique et toujours dans le but d'identifier les apports internes.

Appareils électrique :

	Puissance en Watts	Nombre
Lamps	33	45
Les ordinateurs	150	10
Les imprimantes	800	2

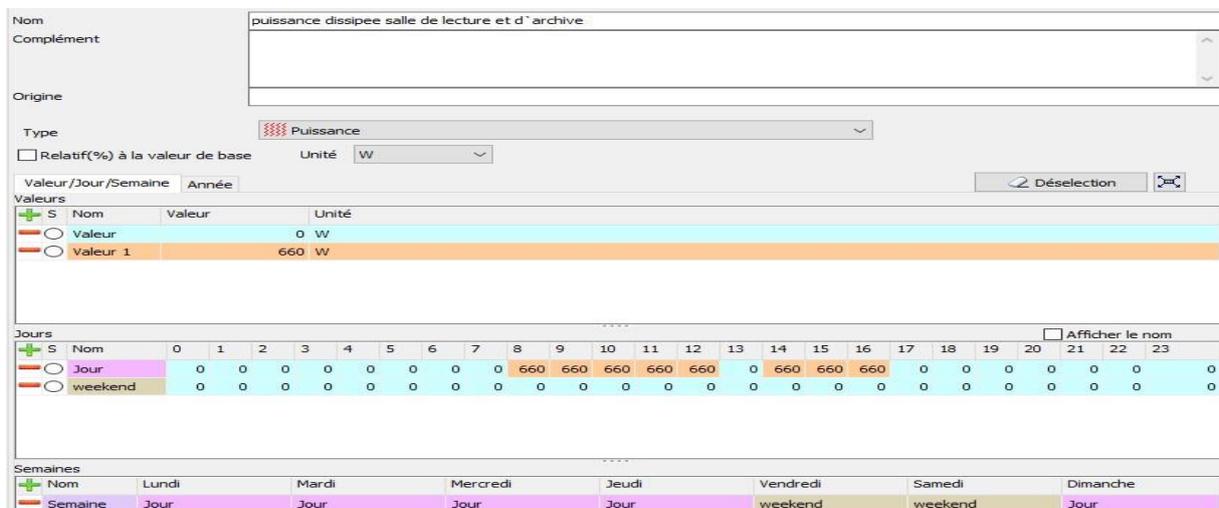


Figure 3.17 : scenario puissance dissipée de la zone 1

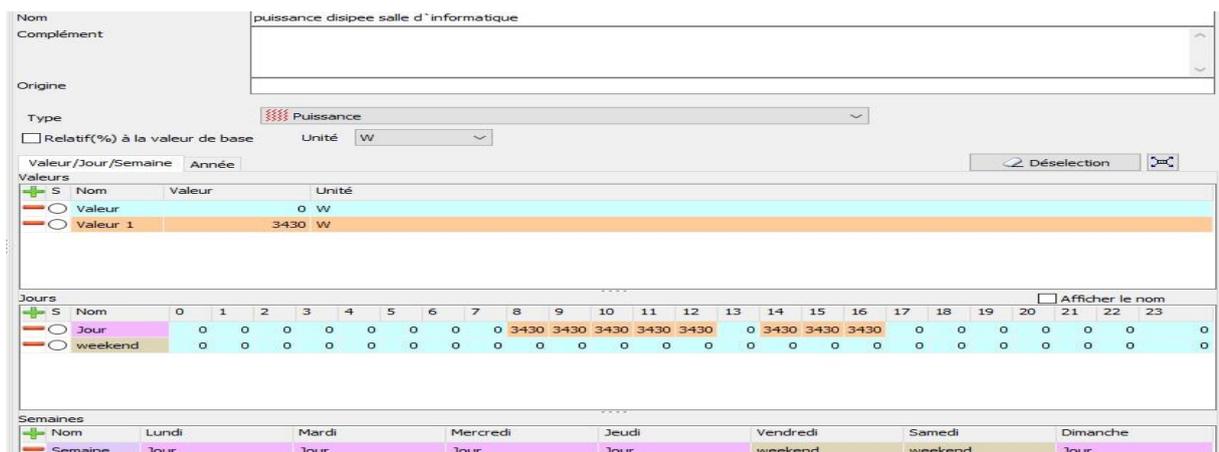


Figure 3.18 : scenario puissance dissipée de la zone 2

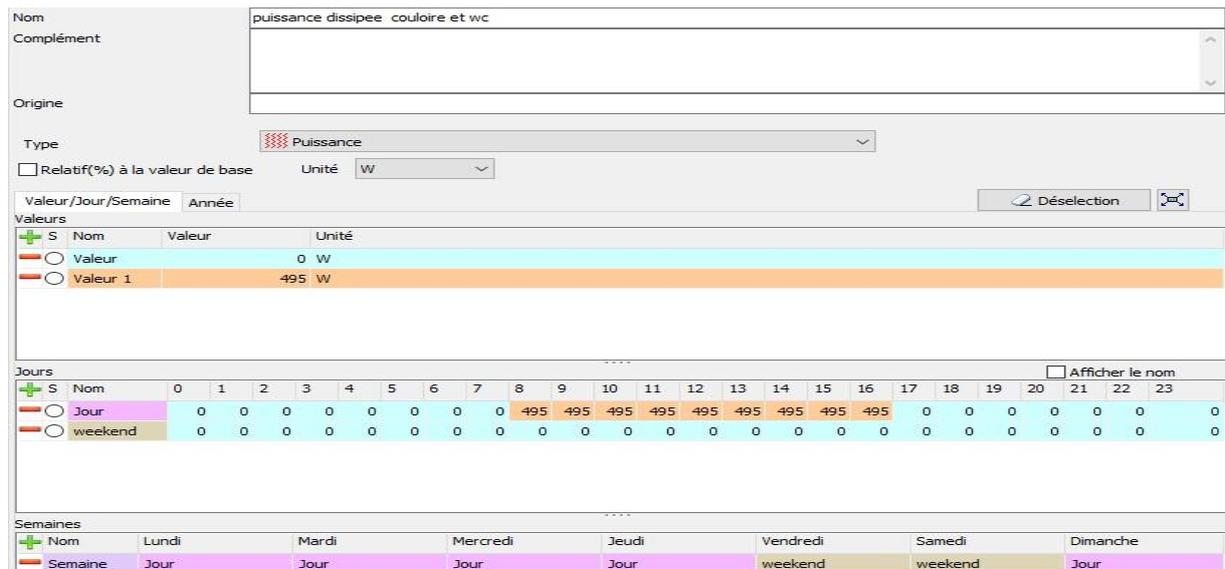


Figure 3.19 : scénario puissance dissipée des zones 3

Intégration des scénarios :

On doit intégrer les scénarios selon le fonctionnement de chaque zone thermique.

3.8 Lancement de la simulation :



Figure 3.20 : lancement de la simulation

On a obtenu les résultats qui sont présentes dans le chapitre suivant :

4.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous présentons les résultats obtenus après simulation ainsi que les discussions.

4.2 Simulation sans consigne de thermostat en hiver et en été

Dans cette étape de modélisation, deux simulations ont été faites dans le but d'un diagnostic d'une bibliothèque à partir duquel on évalue l'évolution de température dans les différentes zones.

4.2.1 Scenarios de fonctionnement intégrés :

Scenario d'occupation

Scenario de ventilation

Scenario de puissance dissipée.

4.2.2 Résultats de simulation :

Zones	Besoins Ch.	Besoins Ch.	Besoins Clim.	Besoins Clim.	Puiss. Chauff.	Puiss. Clim.	T° Min	T° Moyenne	T° Max
	kWh	kWh/m ²	kWh	kWh/m ²	W	W	°C	°C	°C
Total	0	0	0	0	0	0	5.7	21.6	42.7
Zone 1	0	0	0	0	0	0	5.7	21.3	40.8
Zone 2	0	0	0	0	0	0	6.5	22.4	42.7
Zone 3	0	0	0	0	0	0	6.3	21.7	40.9

Figure 4.1: résultat de simulation estivale/hivernale sans consigne thermostat

Synthèse :

Pour toute l'année, dans la zone 01 : salle de lecture et d'archive. La température maximale peut atteindre jusqu'à 40.8° et diminue jusqu'à 5.7°(température minimale), alors on aura une température moyenne de 21.3°, au niveau de la zone 02 : la salle d'informatique nous avons une moyenne de 22.4° avec une température minimale de 6.5° et une température maximale de 42.7°. Et au niveau de la zone 03 : les couloirs et les sanitaires nous avons une moyenne de 21.7° avec une température minimale de 6.3° et une température maximale de 40.9°.

Visualisation graphique :

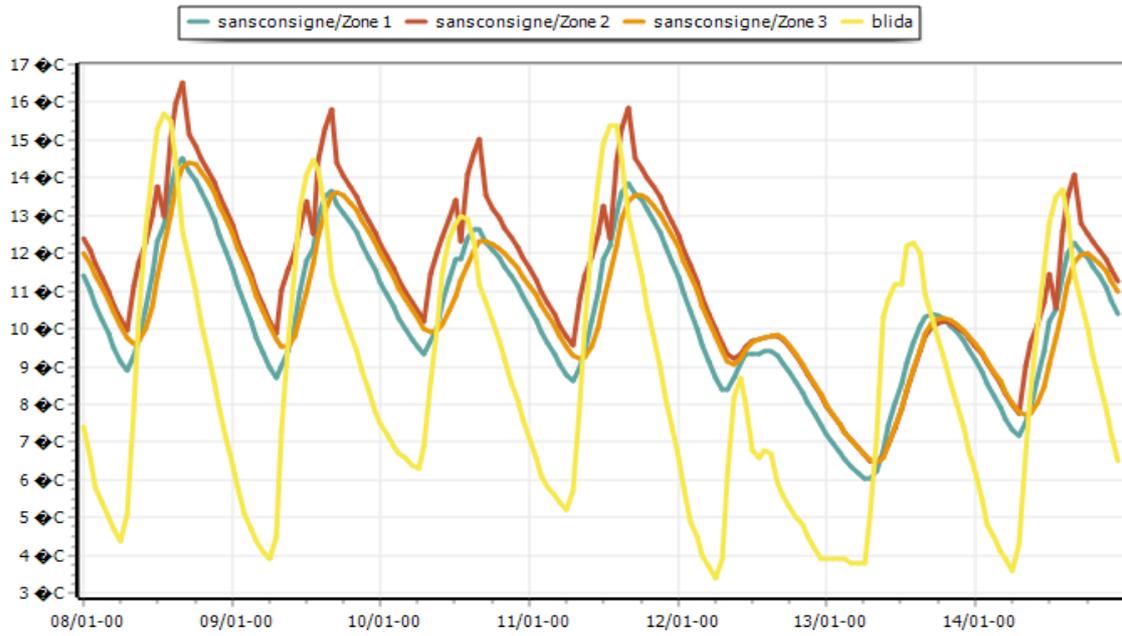


Figure 4.2 : graphe de température des trois zones sans thermostat a la semaine la plus froide

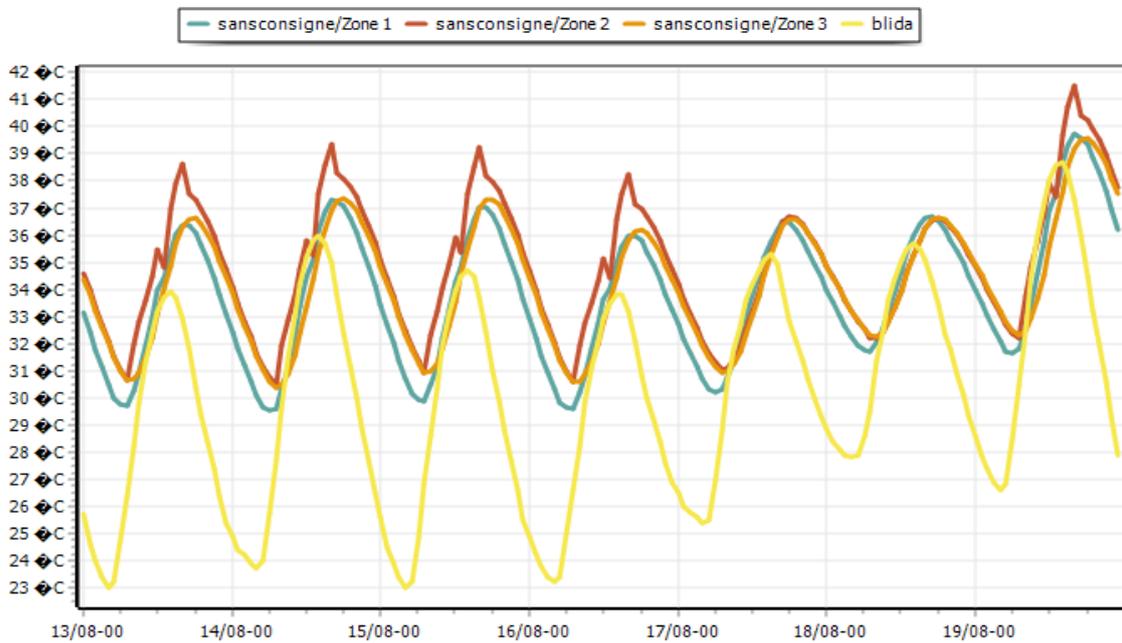


Figure 4.3 : graphe de température des trois zones sans thermostat a la semaine la plus chaude

Synthèse :

Selon les graphes présentes, on remarque que la température à l'intérieur est plus élevée que la température extérieure et ce, à cause de la façade en vitrage qui provoque le phénomène d'effet de serre, ainsi que les chutes de température sous deux formes (court et long) qui sont influencées par l'inertie des matériaux et de la ventilation.

4.3 Simulation avec consigne de thermostat en hiver et en été :

La simulation avec consigne thermostat chauffage et de climatisation nous permet de déterminer les besoins en chauffage et en climatisation ainsi que la puissance afin d'atteindre la zone de confort propose lors de l'intégration du scenario de thermostat.

4.3.1 Scenarios de fonctionnement intègres :

Scenario d'occupation

Scenario de ventilation

Scenario de puissance dissipée

Scenario de la consigne de thermostat chauffage et de climatisation

4.3.2 Résultats de simulation :

Voici ci-dessous les résultats obtenus après lancement de simulation avec plieades+comfie

Zones	Besoins Ch.	Besoins Ch.	Besoins Clim.	Besoins Clim.	Puiss. Chauff.	Puiss. Clim.	T° Min	T° Moyenne	T° Max
	kWh	kWh/m ²	kWh	kWh/m ²	W	W	°C	°C	°C
Total	93 718	199	46 488	99	74 296	80 828	8,6	22,4	38,6
Zone 1	76 027	213	34 581	97	58 647	60 246	10,4	22,6	33,6
Zone 2	17 691	156	11 907	105	15 649	20 582	11,5	23,1	35,7
Zone 3	0	0	0	0	0	0	8,6	21,9	38,6

Figure 4.4 : résultat de simulation en hiver et été des besoins et puissances avec consigne thermostat

Résultats et discussions :

D'après les résultats obtenus après l'intégration de la consigne de thermostat et pour atteindre la zone de confort les besoins en chauffage et en climatisation et la puissance sont comme suit :

Les besoins en chauffage :

- La zone 01 : est de 76027 KWh/ 357,14m² ➔ 212,87 KWh/m²
- La zone 02 : est de 17691 KWh/113,55m² ➔ 155,79 KWh/m²
- La zone 03 : est de 0KWh/307,61m² ➔ 0KWh/m²

La puissance de chauffage :

- La zone 01 est de 58647 W
- La zone 02 est de 15649 W
- La zone 03 est de 0 W

Les besoins en climatisation :

- La zone 01 : est de 34581 KWh/357,14m² → 96,82KWh/m²
- La zone 02 : est de 11907 KWh/113,55m² → 104,86 KWh/m²
- La zone 03 : est de 0 KWh/307,61m² → 0 KWh/m²

La puissance de climatisation :

- La zone 01 est de 60246 W
- La zone 02 est de 20582 W
- La zone 03 est de 0 W

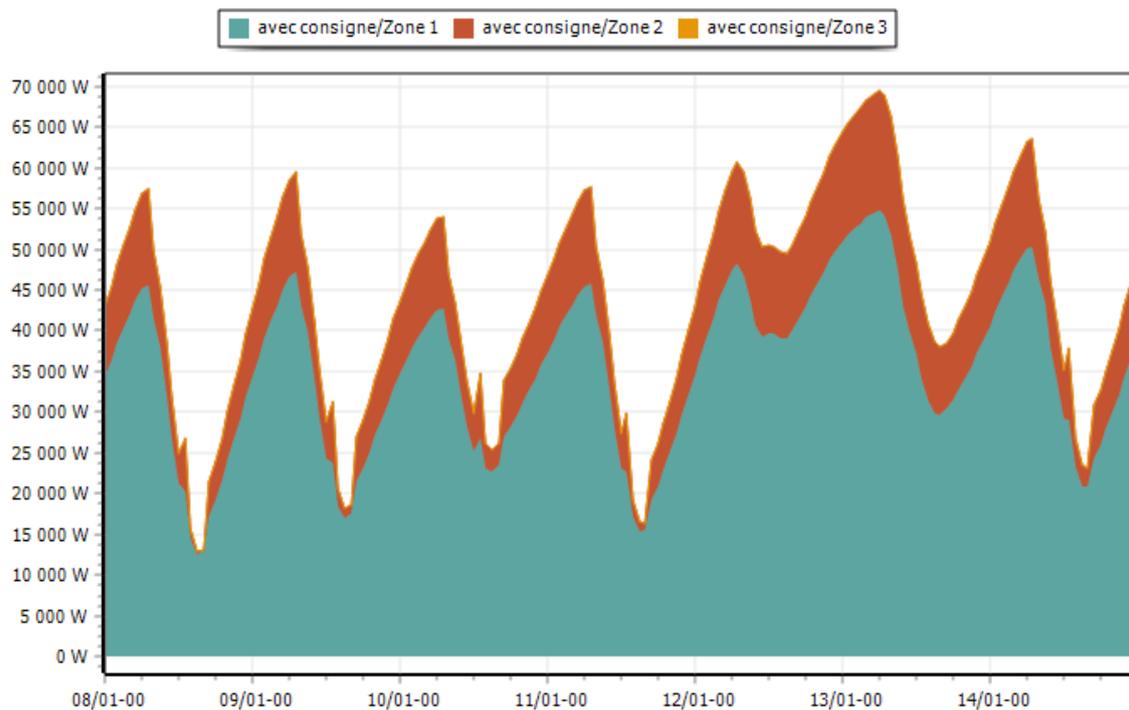


Figure4.5 : puissance de chauffage dans les trois zones avec consigne

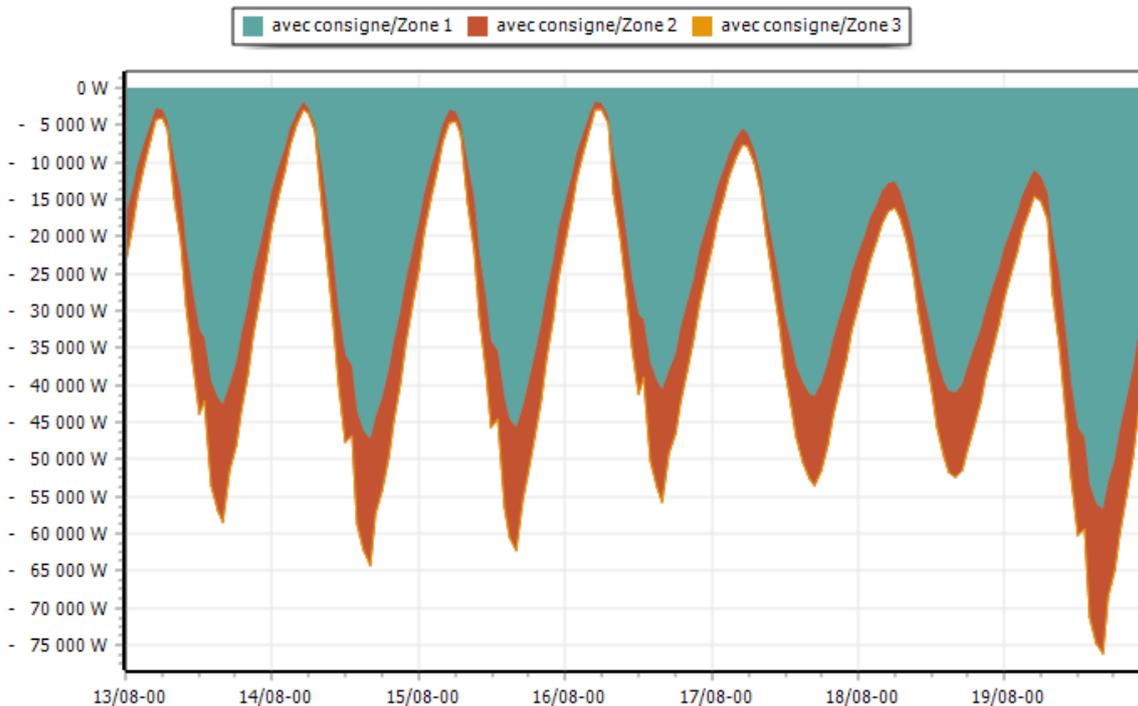


Figure 4.6 : puissance de climatisation dans les trois zones avec consigne

Synthèse :

Selon les deux dernières figures, on remarque que les besoins en chauffage ainsi que de la climatisation de la zone 02 sont beaucoup plus grands que pour les deux autres zones. Cela est dû aux nombres d'occupants et les gains des appareils installer à l'intérieur.

Constatations :

- La puissance de chauffage dans la zone 02 est plus grande que celle des zones 03 et 01 au même titre que la puissance de climatisation.
- La bibliothèque, présente un besoin assez important dans le chauffage et la climatisation en tenant compte de l'intermittence de l'utilisation des espaces durant la journée et durant l'année. Nous avons noté une différence dans les besoins dans les différentes parties du projet ce qui explique la différence dans le besoin en chauffage de la zone 01 avec la zone 02 et 03 au même titre que pour la climatisation.
- Nous avons aussi un surchauffe dans certaines pièces due à la façade en vitrage ce qui cause l'effet de serre.

4.4 Propositions de solutions :

Dans le but de réduire la consommation d'énergie et pour des raisons d'intégration architecturale, on a opté pour l'intégration d'un scénario d'occultation pour la façade nord « vitrage » et aussi un système des volets.

L'étude paramétrique :

Grace à notre précédente simulation, nous avons proposé deux paramètres qui peuvent influences sur la consommation d`énergie dans la bibliothèque.

4.4.1 Système des volets



Figure 4.7 : modelé de volet occultant

Les occultations permettent d`économiser l`énergie et d`améliorer la zone de confort tout en limitant les apports solaires en été et bénéficier des gains de chaleur en hiver. Volets, stores, brise-vue.... Le choix est vaste pour se protéger du soleil, du froid et/ ou des regards.

On a créé un scénario d`occultation en été et en hiver avec notre logiciel, comme il est présente dans la figures suivante :

Nom: Volets roulants PVC (e <= 12 mm) 1
 Complément:
 Origine: NRT2000
 Type: Occultation
 Relatif(%) à la valeur de base Unité: %
 Résistance thermique additionnelle: 0.19 m².K/W Appliquer également à la partie opaque de la paroi

Valeur/Jour/Semaine Année [Déselection] [↔]

Valeurs

S	Nom	Valeur	Unité
<input type="radio"/>	Fermé	100	%
<input type="radio"/>	Valeur	50	%
<input type="radio"/>	Valeur 1	95	%

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 type="radio"/>	Jour ete	100	100	100	100	100	100	100	100	95	95	95	95	95	95	95	95	100	100	100	100	100	100	100	100
<input type="radio"/>	Jour hiver	100	100	100	100	100	100	100	50	50	50	50	50	50	50	50	50	100	100	100	100	100	100	100	100

Semaines

Nom	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
<input type="radio"/> Semaine ete	Jour ete						
<input type="radio"/> Semaine hiver	Jour hiver						

Figure 4.8 : scénario d`occultation estivale /hivernale

Indissociables d`un vitrage performant, les dispositifs d`occultation des baies vitrées regroupent un très grand nombre de produits : stores textiles ou a lames (intérieurs, extérieurs), volets roulants, coulissants, battants, brise-soleil de toutes sortes et de toutes matières (métal, terre cuite, béton...) ou encore films de protection. Selon les produits, les occultations ont une ou plusieurs fonctions. Elles peuvent notamment limiter les apports de

chaleur ou de lumière en été, conserver la chaleur du bâtiment pendant la nuit en hiver, protéger l'intimité en occultant l'intérieur de la pièce tout en laissant passer la lumière du jour, ou encore renforcer la sécurité par des dispositifs spécifiques retardant ou empêchant les effractions.

Résultats :

Après l'intégration de notre scénario d'occultation estivale et hivernale pour limiter les apports solaires en été et afin d'en profiter en hiver, on a obtenu les résultats suivants :

Zones	Besoins Ch.	Besoins Ch.	Besoins Clim.	Besoins Clim.	Puiss. Chauff.	Puiss. Clim.	T° Min	T° Moyenne	T° Max
	kWh	kWh/m ²	kWh	kWh/m ²	W	W	°C	°C	°C
Total	93 718	199	46 488	99	74 296	80 828	8,6	22,4	38,6
Zone 1	76 027	213	34 581	97	58 647	60 246	10,4	22,6	33,6
Zone 2	17 691	156	11 907	105	15 649	20 582	11,5	23,1	35,7
Zone 3	0	0	0	0	0	0	8,6	21,9	38,6

Figure4.9 : Les besoins avec consigne sans occultation

Zones	Besoins Ch.	Besoins Ch.	Besoins Clim.	Besoins Clim.	Puiss. Chauff.	Puiss. Clim.	T° Min	T° Moyenne	T° Max
	kWh	kWh/m ²	kWh	kWh/m ²	W	W	°C	°C	°C
Total	93 718	199	46 488	99	74 296	80 828	8,6	22,4	38,6
Zone 1	76 026	213	34 581	97	58 647	60 246	10,4	22,6	33,6
Zone 2	17 691	156	11 907	105	15 649	20 582	11,5	23,1	35,7
Zone 3	0	0	0	0	0	0	8,6	21,9	38,6

Figure 4.10 : Les besoins avec consigne avec occultation

Synthèse :

D'après les résultats obtenus, on a pu optimiser les besoins en chauffage dans la zone 01 de 76027KWh à 76026KWh après notre intégration de nouveau scénario d'occultation.

4.4.2 Façade mur extérieur non vitrée :

Avec le changement de notre façade nord avec une simple paroi extérieur qui se compose de :

Caractéristiques de la composition

Dossier Dernière modification : 16/06/2023 9:34:03 PM par rayane djelloul

Murs

Nom mur extérieur

Complément double murette

Origine

Afficher les matériaux/éléments/MCP/Ponts

DPE-3CL Caractéristiques thermiques Données RT/RE Données méthode RTS ACV Diagramme de Glaser

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

Mur lourd Cloison légère Afficher le détail des matériaux

Composants	T	cm	kg/m ²	λ	R	
Mortier	↓	0.500	10	1.15	0.00	Extérieur ↓ Intérieur
Brique creuse de 10 cm	↕	10.00	69	0.476	0.21	
Lame d'air 0.9 à 1.1 cm	↕	1.00	0	0.071	0.14	
Brique creuse de 10 cm	↕	10.00	69	0.476	0.21	
Mortier	↓	0.500	10	1.15	0.00	
Enduit plâtre	↓	0.500	8	0.35	0.03	
Total		22.5	146		0.57	

Figure 4.11 : composition de la paroi extérieure

On obtient les résultats suivants :

Zones	Besoins Ch.	Besoins Ch.	Besoins Clim.	Besoins Clim.	Puiss. Chauff.	Puiss. Clim.	T° Min	T° Moyenne	T° Max
	kWh	kWh/m ²	kWh	kWh/m ²	W	W	°C	°C	°C
Total	84 926	180	43 609	93	67 566	74 859	8,6	22,4	38,6
Zone 1	67 229	188	31 707	89	51 918	54 281	10,9	22,7	33,3
Zone 2	17 697	156	11 902	105	15 649	20 578	11,5	23,1	35,7
Zone 3	0	0	0	0	0	0	8,6	21,9	38,6

Figure 4.12 : les besoins énergétiques avec paroi non vitrée

Synthèse :

- D'après les résultats obtenus, on a optimisé les besoins en chauffage et en climatisation après notre intégration d'une nouvelle façade non vitrée.
- D'après la comparaison dans les besoins énergétiques avant et après l'amélioration du bâtiment, on remarque une baisse assez importante dans les besoins en chauffage et en climatisation ce qui implique une réduction de consommation d'énergie.

4.5 Conclusion :

Grâce à notre proposition de différents systèmes : volet d'occultation estivale, ainsi que le changement de la façade nord vitrée avec un simple mur extérieur, on a pu couvrir certains pourcentage des besoins en climatisation et en chauffage ce qui nous fait une énorme économie d'énergie consommée par ce bâtiment.

Conclusion générale :

Notre travail s'est inscrit dans l'efficacité énergétique du bâtiment sous le titre d'une Réhabilitation thermique : Pour une bibliothèque à haute performance énergétique et proposition de solution pour la réduction de la consommation d'énergie.

A travers notre étude, nous avons essayé d'intégrer des systèmes passifs dans le bâtiment afin que ceux-ci soient rentables aux besoins énergétiques du bibliothèque durant toute l'année tout en réduisant la consommation de l'énergie fossile.

Dans la première étape, notre étude a commencé par la présentation des plans d'études du bâtiment de type tertiaire (composants des parois, ses résistances thermiques, les occupants) et la définition de notre site de Blida afin déduire les caractéristiques météorologiques de la ville.

Dans la deuxième étape de notre étude, nous avons étudié le comportement thermique du bâtiment à travers les différentes zones après notre simulation thermique dynamique dans lequel on a trouvé des besoins énergétiques assez importants.

Dans la troisième étape de notre étude, nous avons constaté une intégration des deux systèmes proposes ci-dessous :

-une occultation estivale pour limiter les apports solaires ce qui nous a économisée les besoins en chauffage.

-changement de la façade nord en paroi non vitrée ce qui nous a fait économiser des besoins en climatisation et en chauffage.

D'après les résultats obtenus, on a déduit qu'après l'intégration de ses systèmes, on peut améliorer le taux de couverture et par conséquent réduire la consommation en énergie.

Notre étude a permis d'atteindre les objectifs suivants :

- ✓ L'utilisation des parois vitrée est déconseillée dans l'Algérie à cause de le surchauffe.
- ✓ Les orientations l'Est et Sud-Est sont privilégiées pour les bureaux et les salles.

La lumière y est présente le matin et disparaissant en après-midi. Elles restent donc fraîches l'après-midi et le soir.

Bibliographie

[1]: Abdou. S-investigation sur l'intégration climatique de l'habitat traditionnel en région aride et semi-aride d'Algérie-cas de Constantine et Ouargla, université de Constantine 2003-2004 page 2

[2]: mémoire de master en architecture option « architecture et durabilité architecturale » thème : l'impact de l'isolation thermique sur les performances thermiques et énergétiques des bâtiments résidentiels cas de MAKOMAES à Oum El Bouaghi par : TALBI WISSAME et ZAMOULI RADJA .page 1

[3]. la réhabilitation thermique, une opportunité pour le développement durable en Algérie par NASSIMA KADRI et Abderrahmane MOKHTARI. Page 179

[4]. Ministère de l'Energie et des Mines, « Consommation Energétique Finale de l'Algérie chiffre clé année 2005 », in APRUE données et indicateurs, [en ligne], 2007, téléchargé sur le site : <http://www.aprue.org.dz/documents/consommationenergetique.pdf> le 17/05/2009

[5]: ruell, François. Le standard. (Maison passive) en Belgique : potentialités et obstacle 2008

[6]: Mémoire de fin d'études : "Construction durable au 21ème siècle, mythe ou réalité ? Approche critique : transition, low tech, résilience." Auteur : Bongartz, Julien Promoteur(s) : Henz, Olivier Faculté : Faculté d'Architecture Diplôme : Master en architecture, à finalité spécialisée en art de bâtir et urbanisme Année académique : 2018-2019 URI/URL : <http://hdl.handle.net/2268.2/6916>

[7]: la conception bioclimatique des bâtiments, extrait du portail algérien des ENERGIES RENOUVELABLES, date de mise en ligne : jeudi 25 avril 2013, p 4

[8]: SEDIRE RABAB « production de l'eau chaude sanitaire et système de chauffage pour un hôpital spécialisé anti cancer », projet fin d'étude en vue d'obtention de diplôme de master en génie mécanique. Option : AERH (2014/2015). Univ Blida

[9]: <https://www.qualitel.org/particuliers/equipements-et-materiaux-maison/ventilation/ventilation-naturelle/>

[10]: <https://www.qualitel.org/particuliers/equipements-et-materiaux-maison/ventilation/vmc-simple-flux/>

[11]: <https://www.qualitel.org/particuliers/equipements-et-materiaux-maison/ventilation/vmc-simple-flux/>

[12]: Mémoire de master en énergies renouvelables option « énergie renouvelable et habitat bioclimatique », thème : »diagnostic d'un bâtiment et propositions de solutions pour la réduction de la consommation d'énergie ». Page 5

Présente par : Meziane Brahim en 2016/2017

[13]: Ahmed Ouameur Fouad, Morphologie urbaine et confort thermique dans les espaces publics : Etude comparative entre trois tissus urbains de la ville de Québec, Mémoire de maitre ès Sciences (M.Sc) Université Laval Québec, (2007).

[14] : Alain Liebard, Traite d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques, édition le MONITEUR. (2005)

[15] :A. Chatelet, P, Fernandez, P, Lavigne, "architecture climatique- une contribution au développement durable-tome 2 : concepts et dispositifs, », France, 1998

[16] : Mazari Mohammed, étude et évaluation du confort thermique des bâtiments a caractère public, université Mouloud Maameri, Tizi Ouzou, mémoire de magister, 2012, p45.

[17] : thèse présentée en vue d'obtenir le grade de DOCTEUR en spécialité : Génie Civil, par Laure DUCOULOMBIER,

DOCTORAT DELIVRE PAR L'ECOULE CENTRALE DE LILLE, Titre de la thèse : « Conception d'un nouveau système d'isolation par l'extérieur pour le bâtiment » le 03 novembre 2014, thèse préparée dans le laboratoire de mécanique de Lille UMR CNRS 8107, Ecole Doctorale SPI 072, PRES Université Lille Nord-de -France

[18] : Faculté de Technologie Département d'Architecture, Thème : La rénovation thermique des bâtiments comme moyen pour une efficacité énergétique Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme de Master II en Architecture « Spécialité Architecture », Préparé par : Syrine GHILASSI en 2020/2021

[19]: Mazari M, op ct, P50.

[20]: Idem.

[21]: MEMOIRE DE MASTER, Spécialité : Architecture et urbanisme Option : Ville et Territoire

Thème : Evaluation du confort thermique dans l'habitat colonial à Alger

Cas d'étude : Immeuble de rapport à cour

Réalisé par :

Mr. GHANEM Foudil, Mr. TARIKET Yacine, Melle. SELLIK Khadidja, Melle. SLIMANI Affaf en (2016/2017)