

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHESCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ SAAD DAHLEB. BLIDA
FACULTE DES SCIENCES DE L'INGENIEUR
DEPARTEMENT DES ENERGIES
RENOUVELABLES



Mémoire de fin d'étude

Pour l'obtention du Diplôme
De Master en Energies Renouvelables
OPTION : HABITAT BIOCLIMATIQUE

Thème :

Contribution à l'amélioration de l'efficacité énergétique
d'un bâtiment tertiaire

Promoteur :

Dr. DERRADJI Lotfi

Etudiant :

Ouchene Diaa-eddine Abdelkader

Remerciements

Avant tout, je tiens à remercier ALLAH le tout puissant pour m'avoir donné la force et le courage de mener à terme ce modeste travail.

Je remercie infiniment mes parents qui m'ont aidé et soutenu pendant mes études.

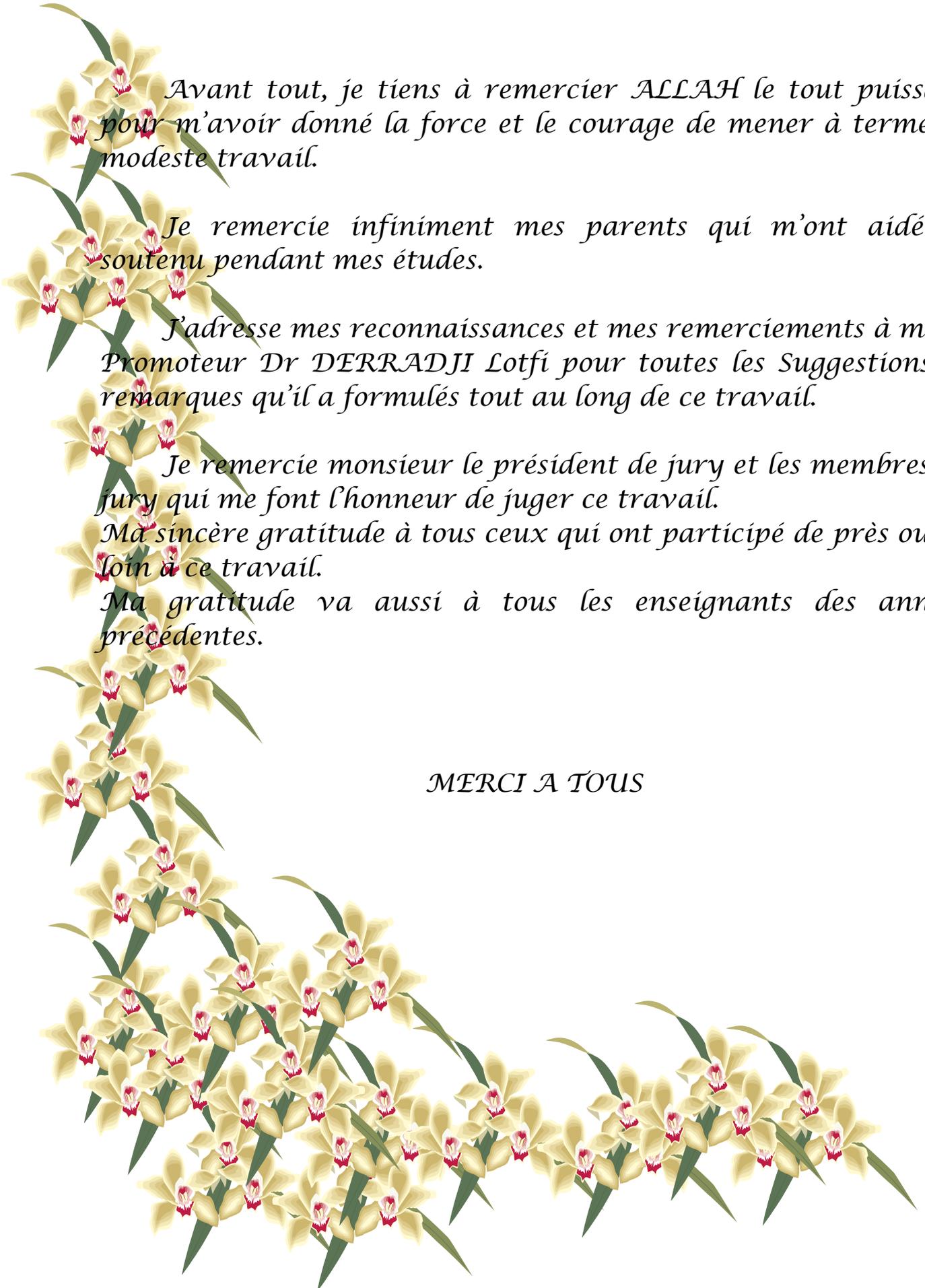
J'adresse mes reconnaissances et mes remerciements à mon Promoteur Dr DERRADJI Lotfi pour toutes les Suggestions et remarques qu'il a formulés tout au long de ce travail.

Je remercie monsieur le président de jury et les membres de jury qui me font l'honneur de juger ce travail.

Ma sincère gratitude à tous ceux qui ont participé de près ou de loin à ce travail.

Ma gratitude va aussi à tous les enseignants des années précédentes.

MERCI A TOUS



Dédicace

Je dédie ce travail :

À mes très chers parents :

Jamais je ne saurais m'exprimé quant aux sacrifices et aux dévouements que vous consacrés à mon éducation et mes études .les mots expressifs soient-ils restent faibles pour énoncer ma gratitude hautement profonde.

Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour vous.

Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être.

À mes chers freres : Youcef, Mokhtar et Abdelhak.

À ma sœur Hiba.

À mes très chers amis : Imem, Zaki ,nounou ,Brahim , Hamid ,Boudji et Imene .

À mon amie Souad

À toutes la promotion d'Energie Renouvelable année 2016-2017 USDB.

À tous mes amis avec lesquels j'ai partagé mes moments de joie et de bonheur.

Que toute personne m'ayant aidé de près ou de loin, trouve ici l'expression de ma reconnaissance.

Par : OUCHENE Diaa-eddine

Résumé

Le but de notre travail, est d'étudier l'effet de l'isolation, ventilation, type de vitrage et occultation sur le comportement thermique d'un bâtiment tertiaire (public) .

La particularité de la plus part des bâtiments tertiaires si qu'ils ont une grande proportion de surfaces vitrées sur leurs façades, elle dépasse les 45% dans notre cas étudié (Bloc A₁ du CNL). Pour le tertiaire, les apports internes dus aux équipements bureautiques, occupants et de l'éclairage sont important pendant la journée.

A ce propos, des simulations ont été effectuées à l'aide du logiciel de simulation du comportement thermique 'Designbuilder'. Ce projet vise l'introduction des solutions énergétiques dans le bâtiment afin d'améliorer le confort thermique et de réduire la consommation d'énergie.

Abstract

The purpose of our work, is to study the effect of insulation, ventilation, glazing and occultation on the thermal behavior of a (public) tertiary building.

The characteristic of the majority of the tertiary buildings have a large proportion of glazed surfaces on their facades, it exceeds 45% in our studied case (Block A₁ CNL). For the tertiary sector, the internal contributions of office automation, the occupation of the premises and the lighting are important during the day.

In this connection, simulations were carried out using the 'Designbuilder' thermal behavior simulation software. This project aims at the introduction of energy solutions in the building in order to improve the thermal comfort and reduce the energy consumed.

ملخص

الغرض من هذا العمل هو دراسة تأثير العزل الحراري, التهوية, نوعية الزجاج و الستائر على السلوك الحراري لمبنى عمومي .

الخصوصية التي تتميز بها أغلب البنايات العمومية (قطاع الخدمات) هي نسبة المساحات الزجاجية الكبيرة التي تغطي واجهتها, حيث تتجاوز 45% في المشروع المدروس من طرفنا. إن الحرارة الناتجة عن الأجهزة المكتبية, عدد الأشخاص الذين يشغلون المبنى و الإضاءة تكون مرتفعة نهارا.

وفي هذا الصدد, أجريت المحاكاة عن طريق برنامج محاكاة السلوك الحراري « DesignBuilder ». ويهدف هذا المشروع إلى إدخال مختلف الحلول الطاقوية في المبنى بغرض تحسين الراحة الحرارية و تخفيض إستهلاك الطاقة.

Sommaire

Remerciements	
Dédicaces	
Résumé	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
I- Introduction générale :	1
CHAPITRE 1 : ETAT DE L'ART ET RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE	
1. Introduction :	4
2. La notion de confort thermique :	4
2.1. Les paramètres affectant le confort thermique :	4
2.2. Indices pour l'évaluation du confort thermique :	6
3. Bilan thermique des bâtiments :	7
3.1. Les phénomènes physique on jeu :	7
3.2. La conductivité thermique λ et la résistance thermique d'un matériau R:	8
3.3. La résistance superficielle d'une paroi : R_{se} et R_{si} :	8
3.4. Les ponts thermiques:	9
3.5. La déperdition thermique dans une paroi U_p :	9
3.6. Le vitrage :	10
4. L'isolation thermique :	11
5. Les enjeux de l'isolation thermique des bâtiments :	13
5.1. L'enjeu énergétique :	13
5.2. L'enjeu climatique:	15
6. L'efficacité énergétique des bâtiments:	16
6.1. Types d'efficacité énergétique :	17
6.2. Bâtiment basse consommation énergétique :	17
II-Etat de l'ART :	18
CHAPITRE 2 : PRESENTATION DU PROJET	
1. Introduction :	22
2. Données du site :	22
2.1. Situation par rapport à la région :	22
2.2. Données climatiques du site:	22
3. Description du projet :	25
4. Composition des parois à l'état initial sans isolation thermique :	25

4.1. Toiture terrasse :	25
4.2. Mur extérieur :	26
4.3. Vitrage simple :	27

CHAPITRE 3 : MODELISATION

1. Introduction :	29
2. DesignBuilder :	29
2.1. Définition :	29
2.2. Les utilisations courantes du logiciel :	30
3. Simulation du projet :	30
4. Bilan énergétique :	37
4.1. Définition :	37
4.2. L'importance du bilan énergétique :	37

CHAPITRE 4 : RESULTATS ET DISCUSSIONS

1. Introduction :	39
2. Interprétation des résultats :	39
2.1. Evolution de la température des 3 étages (RDC, 6 ^{eme} et 12 ^{eme}) et du Bâtiment (bloc A ₁) sans isolation :	39
2.2. Les facteurs causant la surchauffe en été :	41
b- Isolation extérieure:	46
2.4. Comparaison d'évolution de la température intérieure du Bâtiment dans les trois cas étudiés (sans isolation, avec isolation intermédiaire et isolation extérieur) :	48
3. Comparaison entre les besoins (chauffage et climatisation) avec et sans isolation :	53
3.1. En chauffage :	53
3.2. En climatisation :	54
3.3. Total de l'année :	55
4- estimation de la réduction des émissions des gaz effet de serre :	56
4.1. Les gaz à « effet de serre » :	56
4.2. Le gaz naturel	56
4.3. Les formules utilisées dans les calculs :	57
4.4. Calcul de réduction de l'émission du CO ₂ :	58
5. Conclusion :	59
Conclusion générale	62

Liste des figures :

Chapitre 1

Figure 1.1: Valeurs exprimées en Clo des tenues vestimentaires	6
Figure 1.2: Gains thermiques internes d'un espace.....	7
Figure 1.3: Thermographies d'un coin dans un bureau montrant des ponts thermiques.....	10
Figure 1.4: Principales valeurs qui permettent de caractériser les performances thermiques d'une paroi	11
Figure 1.5: Les types d'isolations	12
Figure 1.6: Consommation énergétique final de l'Algérie par secteur	15
Figure 1.7: Evolution de la consommation énergétique par secteur 2000-2013	15
Figure 1.8: La répartition de consommation énergétique du secteur tertiaire Par branche d'activité.....	16
Figure 1.9: Taux d'émission du CO ₂ par les différents secteurs	16
Figure 1.10: Simulation de consommation d'énergie en 2020 entre les scénarios laissé – faire et volontariste chiffre de l'APRUE	17
Figure 1.11: Les labels énergétiques des bâtiments.....	19

Chapitre 2

Figure 2.1: Communes limitrophes de Bab Ezzouar.....	23
Figure 2.2: Localisation du nouveau siège de la (CNL).....	23
Figure 2.3: Températures journalières maximales et minimales durant l'année.....	24
Figure 2.4: Rayonnement diffus et global durant l'année sur site du projet.....	25
Figure 2.5: Précipitation durant l'année sur site du projet.....	25
Figure 2.6: Nouveau siège administratif de la Caisse Nationale du Logement (CNL) format 3D.....	26
Figure 2.7: Mur extérieur sans isolation.....	28

Chapitre 3

Figure 3.1 : Interface du logiciel DesignBuilder.....	30
Figure 3.2 : Création du Bloc A1 du CNL avec le logiciel.....	31
Figure 3.3 : Plan de masse de RDC avec une présentation des locaux non chauffée.....	32
Figure 3.4 : Plan de masse de 6 ^{ème} étage avec une présentation des locaux non chauffée...	33
Figure 3.5 : Plan de masse de 12 ^{ème} étage avec une présentation des locaux non chauffés.....	34

Figure 3.6. Vue de côté West.....	35
Figure 3.7. Vue de côté sud.....	35
Figure 3.8. Vue coté est.....	35
Figure 3.9.Vue côté Nord.....	35
Figure 3.10 :Définitions des caractéristiques des murs, planchers et plafonds.....	36
Figure 3.11 : Introduire les paramètres d'activité.....	37

Chapitre 4

Figure 4.1: Evolution de la température intérieure des 3 étages (RDC, 6 ^{eme} et 12 ^{eme}) pour la dernière semaine du Janvier.....	42
Figure 4.2: Evolution de la température intérieure des 3 étages (RDC, 6eme et 12eme) pour la dernière semaine du Janvier.....	43
Figure 4.3: Apport solaires vitrage extérieure du bâtiment pour une seule journée d'été... 44	44
Figure 4.4: Position du soleil dans le ciel.....	45
Figure 4.5: Apports et déperditions du bâtiment pour une seule journée d'été.....	45
Figure 4.6: L'occultation utilisée dans le Bloc A1.....	46
Figure 4.7: L'effet du double vitrage et l'occultation sur les Apports solaires.....	46
Figure 4.8: L'effet de la ventilation naturelle sur les apports et les déperditions.....	47
Figure 4.9: Vue 3D de mur extérieur avec isolation intermédiaire.....	48
Figure 4.10: Isolation de la maçonnerie en brique.....	49
Figure 4.11: Le panneau Aquapanel.....	49
Figure 4.12: Evolution de la température intérieure du RDC pour les trois cas étudiés.....	51
Figure 4.13: Evolution de la température intérieure du 6 ^{eme} étage pour les trois cas étudiés.....	52
Figure 4.14: Evolution de la température intérieure du dernier étage pour les trois cas étudiés.....	53
Figure 4.15: Evolution de la température intérieure du RDC pour les trois cas étudiés.....	53
Figure 4.16: Evolution de la température intérieure du 6 ^{eme} étage pour les trois cas étudiés.....	54
Figure 4.17: Evolution de la température intérieure du dernier étage pour les trois cas étudiés.....	55
Figure 4.18. Les besoins mensuels en chauffage avec isolation et sans isolation du Bâtiment.....	56
Figure 4.19. Les besoins mensuels en climatisation avec et sans isolation du Bâtiment.....	57
Figure 4.20. Les besoins annuelles en climatisation avec et sans isolation du Bâtiment.....	58

Liste des tableaux :

Chapitre 1

Tableau 1.1 : Les avantages et les inconvénients d'une isolation par l'extérieur.....	13
Tableau 1.2 : Les avantages et les inconvénients d'une isolation par l'intérieure.....	13
Tableau 1.3 : Les avantages et les inconvénients d'une isolation intermédiaire (Par remplissage de la coulisse).....	13

Chapitre 2

Tableau 2.1 : Caractéristiques de la toiture terrasse.....	26
Tableau 2.2 : Caractéristiques du Mur extérieur en voile.....	27
Tableau 2.3 : Caractéristiques du mur extérieur sans isolation thermique.....	27
Tableau 2.4. Coefficients du bilan thermique du simple vitrage.....	28

Chapitre 3

Tableau 3.1. Les paramètres de l'activité.....	36
Tableau 3.2 : Taux d'occupation ou fonctionnement de différentes activités.....	37

Chapitre 4

Tableau 4.1. Coefficients du bilan thermique du double vitrage moyennement réfléchissant.....	46
Tableau 4.2 : Caractéristiques du mur extérieur en voile avec isolation intermédiaire.....	48
Tableau 4.3 : Caractéristiques du mur extérieur en maçonnerie avec isolation intermédiaire.....	49
Tableau 4.4 : Synthèse des caractéristiques principales des plaques AQUAPANEL.....	50
Tableau 4.5 : Caractéristiques du Mur extérieur en voile avec isolation extérieure.....	50
Tableau 4.6 : Caractéristiques du mur extérieur en maçonnerie avec isolation extérieure..	50
Tableau 4.7. Les paramètres utilisés dans les calculs.....	60

Nomenclature

A : Surface (m^2)

Ta : Température ambiante de l'air ($^{\circ}C$)

Tp : Température des parois ($^{\circ}C$)

R : résistance thermique [$m^2.K/W$]

U : Coefficient de transmission thermique [$W/m^2.K$]

V_h : le volume habitable ; [m^3]

λ : conductivité thermique [$W/m.K$]

C.O.P : le coefficient de performance

Acronymes

DTR : Document technique réglementaire.

Introdu ction

général

e

Introduction générale :

Au XXe siècle, la consommation d'énergie a été multipliée par près de 20. Depuis la révolution industrielle, les grandes énergies fossiles (le charbon d'abord, puis le pétrole et le gaz naturel) sont devenues nécessaires au bon fonctionnement de l'économie mondiale. Les énergies fossiles sont toujours dominantes, loin devant les énergies renouvelables.

Depuis quelques années, une autre contrainte extérieure doit être prise en compte : le réchauffement climatique. Désormais, le couple énergie-environnement est indissociable. L'équation de Johannesburg, posée lors du sommet du développement durable en 2002, résume la nouvelle problématique mondiale : « plus d'énergie et moins de pollution » pour assurer à la fois le développement économique des pays les plus pauvres et le maintien de celui des pays riches, tout en protégeant l'environnement.

Le secteur du bâtiment est le plus grand consommateur d'énergie primaire parmi tous les secteurs économiques, il représente 31% suivis par l'industrie qui représente 29% de la consommation total d'énergie dans le monde [1]. Il est responsable aussi à 19% des émissions de gaz à effet de serre [2,3].

La réduction de la consommation énergétique devient le défi du 21^{ème} siècle, car la construction et la maintenance de bâtiments à consommation énergétique minimale nécessite le développement d'outils performants d'assistance à leurs réalisations.

En Algérie, le secteur du bâtiment est le deuxième consommateur d'énergie après l'industrie [4,5]. Les besoins énergétiques dans ce secteur sont satisfaits presque exclusivement par les hydrocarbures, notamment le gaz naturel, l'énergie la plus disponible, mais la consommation n'a cessé de progresser.

L'architecture bioclimatique prend de nombreux paramètres en compte. Une attention tout particulière sera portée à l'orientation du bâtiment (afin d'exploiter l'énergie et la lumière du soleil), au choix du terrain (climat, topographie, zones de bruit, ressources naturelles, ...) et à la construction (l'isolation thermique, surfaces vitrées, protections solaires, compacité, matériaux, ...).

Cette recherche qui s'intéresse à l'étude des aspects qualitatifs et quantitatifs du confort thermique en architecture, s'inscrit dans le cadre de la détermination de la notion du confort, dont la finalité du travail est d'arriver à améliorer sa méthode d'évaluation, par l'analyse des différents paramètres intervenants quantitativement et qualitativement.

La réalisation de projets de bâtiments publics en Algérie ne correspond pas malheureusement aux conditions réglementaires sur le volet thermique et énergétique, c'est dans

cette optique que vient s'inscrire notre travail, en mettant en relief l'étude des bilans thermiques hivernal et estival et de l'impact de l'isolation thermique (Intermédiaire, extérieur) sur le confort et la consommation énergétique du nouveau siège administratif de la Caisse Nationale du Logement (CNL) situé à Bab Ezzouar, Alger.

Le choix d'une démarche de conception bioclimatique favorise les économies d'énergies et permet de réduire les dépenses de chauffage et de climatisation, tout en bénéficiant d'un cadre de vie très agréable.

Notre travail a pour objectif de comprendre le comportement thermique du bâtiment isolé thermiquement en période d'été et en période d'hiver pour ensuite comparer ses performances énergétiques, qui se traduisent par le confort thermique et la consommation énergétique pour le chauffage et la climatisation, avec une isolation intermédiaire, extérieur et sans isolation thermique. Les résultats de la simulation vont permettre d'évaluer les gains énergétiques apportés par l'introduction des solutions d'efficacité énergétique, de comprendre le comportement thermique de l'enveloppe du Bloc A1 et d'étudier l'impact des mesures d'efficacité énergétique adoptés dans le Bloc sur le confort thermique de l'ambiance intérieure, sur la réduction de la consommation de chauffage et de climatisation et sur la réduction des émissions de gaz à effet de serre.

Ce travail est composé essentiellement de 4 chapitres :

Le premier chapitre comporte une étude bibliographique et l'état de l'art ainsi que les recommandations nécessaires pour notre cas d'étude.

Dans le second chapitre, nous feront la présentation du site géographique dans lequel est installé le projet et une description générale du nouveau siège administratif du la caisse Nationale du logement (CNL) situé à Bab Ezzouar.

Le troisième chapitre est réservé à une présentation du logiciel utilisé (DesignBuilder) et les différentes étapes suivies lors de la simulation.

Le quatrième chapitre, présente l'interprétation des résultats obtenus à partir de la simulation.

A la fin de ce travail, on terminera par une conclusion générale.

CHAPITRE I :

*ETAT DE L'ART ET RECHERCHE
BIBLIOGRAPHIQUE*

1. Introduction :

Le secteur du bâtiment est à l'origine d'une grande partie de la consommation énergétique, ainsi que des rejets de gaz à effet de serre. Les périodes d'occupation des bâtiments tertiaires étant régulières et connues, et le confort thermique doit être maintenu durant ces phases d'occupation.

2. La notion de confort thermique :

Le confort thermique est défini comme "un état de satisfaction du corps vis-à-vis de l'environnement thermique".[6]

Toutefois, il en précise les dimensions en le définissant comme étant 'un état agréable d'harmonie physiologique, psychologique et physique entre un être humain et l'environnement'.

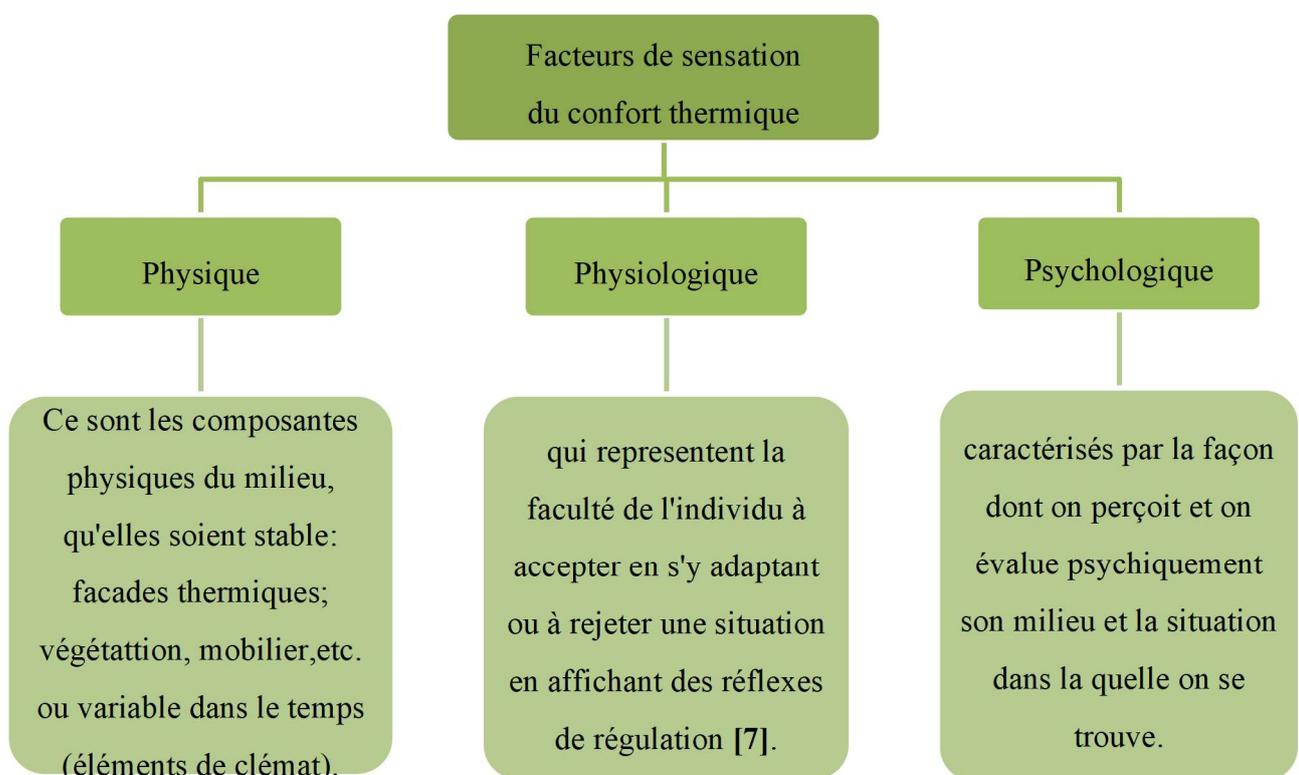


Schéma 1.1 : Facteurs de sensation du confort thermique

2.1. Les paramètres affectant le confort thermique :

Comme il a été expliqué auparavant, le confort thermique est une sensation résultant de l'équilibre ou du déséquilibre des échanges de chaleurs entre le corps humain et son environnement.

On peut ainsi distinguer deux types de facteurs influant sur le confort thermique : les facteurs personnels décrivant les propriétés thermiques du corps humain et les facteurs environnementaux décrivant les propriétés thermiques de l'environnement [8].

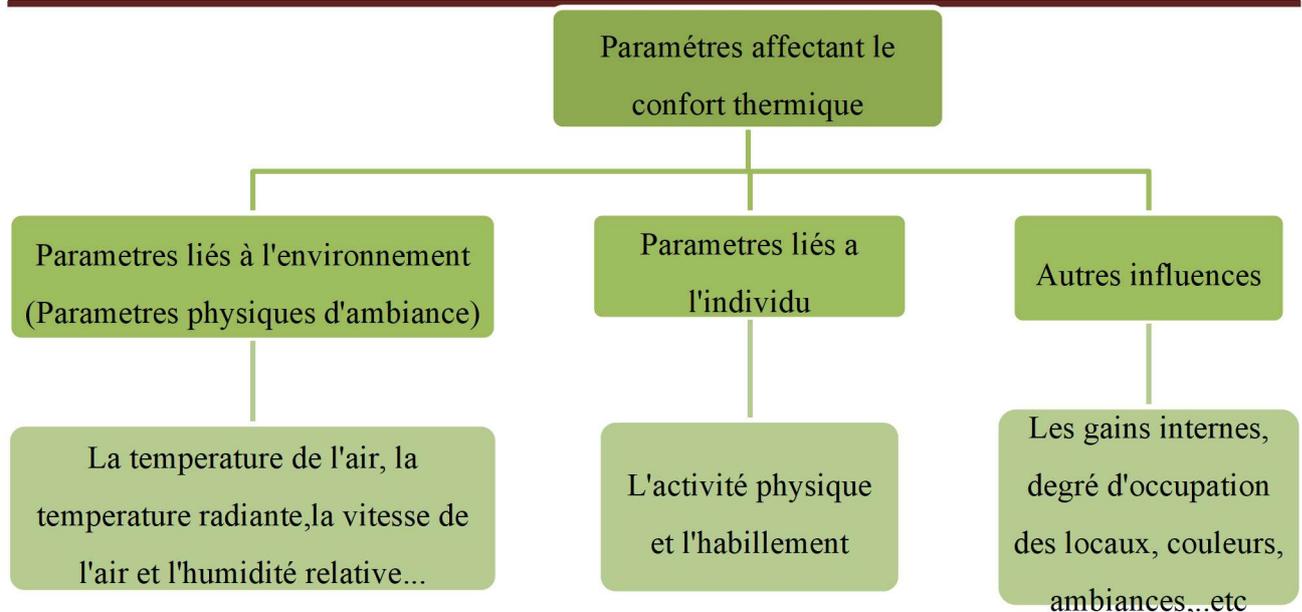


Schéma 1.2 : Paramètres affectant le confort thermique

Le confort thermique dépend de 7 paramètres majeurs, Physiologique, comportementaux et environnementaux :

- a- **Le métabolisme** : est un facteur personnel. À partir de la combustion des aliments, l'organisme humain produit l'énergie nécessaire à l'activité musculaire, au fonctionnement des différents organes et au maintien de la vie cellulaire [9,10].
- b- **L'habillement**, qui représente une résistance thermique aux échanges de chaleur entre la surface de la peau et l'environnement. Le vêtement est classé selon sa valeur d'isolement. L'unité habituellement utilisée pour sa mesure est le "clo". L'échelle des clo est conçue afin qu'une personne nue ait une valeur de 0,0 et quelqu'un qui porte un costume typique a une valeur de 1,0. [9,11]

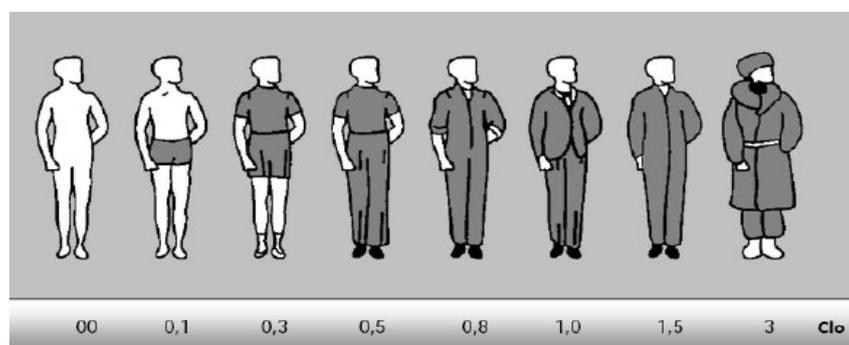


Figure 1.1: valeurs exprimées en Clo des tenues vestimentaires [11]

CHAPITRE I : ETAT DE L'ART ET RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

- c- **La température ambiante de l'air T_a** : La température de l'air, ou température ambiante (T_a), est un paramètre essentiel du confort thermique. Elle intervient dans l'évaluation du bilan thermique de l'individu au niveau des échanges convectifs, conductifs et respiratoires. L'intervalle de confort va généralement de 18 à 25 C° [9].
- d- **La température moyenne des parois T_p (température radiante)** : La température des parois est un indicateur important du confort intérieur d'un local. Car c'est cette dernière qui donne une idée sur la nature de l'isolation ou de l'inertie thermique d'une paroi.
- e- **L'humidité relative de l'air (HR)** : L'humidité couplée à la température ambiante donne déjà une idée du confort d'ambiance interne. Selon Liébard A., entre 30% et 70%, l'humidité relative influence peu la sensation de confort thermique [12].
- f- **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 [9,12].
- g- **Gains thermiques internes** : Les apports internes comprennent toute quantité de chaleur générée dans l'espace par des sources internes autres que le système de chauffage. Ces gains de chaleur dépendent du type de bâtiment, du nombre des utilisateurs et de son usage. Ces apports sont variables selon le comportement des occupants, et qu'ils constituent un facteur d'aggravation de l'inconfort chaud. Seuls, une bonne ventilation et un comportement adéquat de l'occupant peuvent réduire ces apports [9].

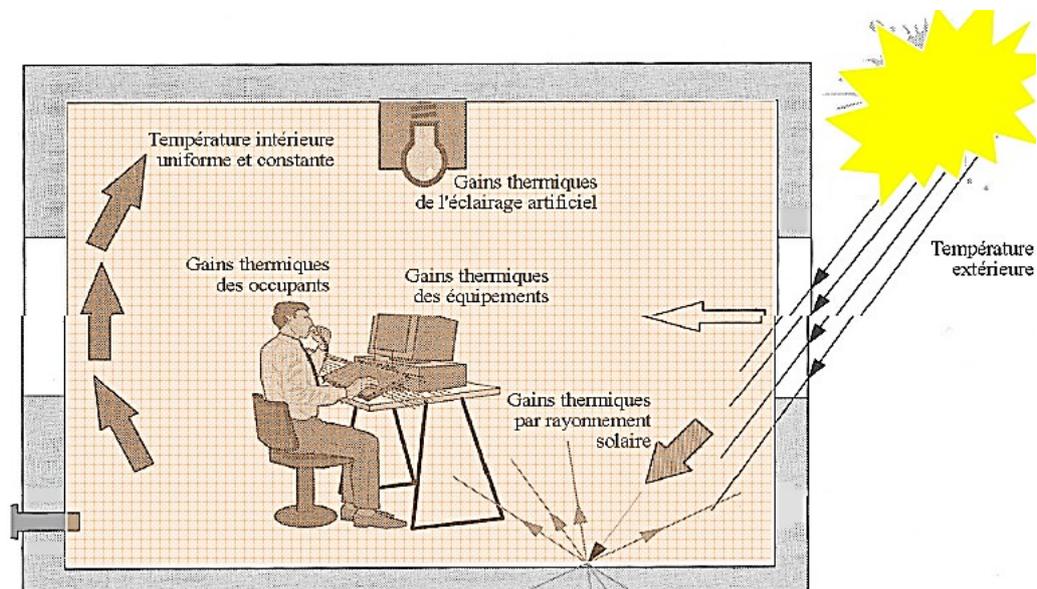


Figure 1.2: Gains thermiques internes d'un espace

2.2. Indices pour l'évaluation du confort thermique :

L'évaluation du confort thermique dans les espaces est un paramètre capital dans toute conception architecturale. De nombreux travaux de recherche, réalisés à l'intérieur des bâtiments ou dans des conditions expérimentales parfaitement contrôlées en laboratoire, ont recensé les

CHAPITRE I : ETAT DE L'ART ET RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

principales causes d'inconfort et ont permis d'établir un certain nombre d'indices, nommés «indices de confort thermique ».

2.2.1. Les indices PMV et PPD :

À partir d'études réalisées en laboratoire sous des conditions stables, c'est-à-dire sans que l'individu ne change ni de vêtements, ni d'activité physique, Fanger a développé les indicateurs de confort thermique ; le PMV (Vote Moyen Prévisible) et le PPD (Pourcentage Prévisible D'insatisfaits). Le premier prédit la sensation thermique moyenne d'un large groupe d'individus et le second, le pourcentage d'occupants insatisfaits de l'environnement thermique.

2.2.2. La température de l'air ambiant (T_a):

Elle représente l'indice le plus utilisé pour le contrôle des ambiances en intérieur du fait de la simplicité de sa mesure. Ce paramètre ne présente pas de grosses difficultés de mesure et d'évaluation, mais revêt un caractère toutefois limité pour la caractérisation complète du confort.

2.2.3. La température opérative (T_{op}) :

La température opérative, T_{op} , est un indice de confort thermique intégrant deux paramètres physiques, la température de l'air ambiant et la température moyenne radiante. Avec des vitesses de l'air inférieures à 0,2 m/s, la température opérative est égale avec une bonne approximation, à la moyenne arithmétique des températures citées [13] , et pouvant être écrite de la façon suivante .

$$T_{op} = (T_a + T_p) / 2 \dots\dots\dots(1.1)$$

Pour des activités sédentaires ou légères exercées par des personnes portant une tenue vestimentaire estivale normale, la température opérative limite de confort est de 27°C pour un environnement avec 55% d'humidité relative , elle peut, par contre, être augmentée jusqu'à 29°C , si la vitesse de l'air est au-dessus de 0,2 m/s [14].

3. Bilan thermique des bâtiments :

3.1. Les phénomènes physique on jeu :

Lorsque deux éléments sont à des températures différentes, un échange de chaleur s'établit jusqu'à ce que les températures des deux éléments soient identiques. La chaleur va toujours du corps chaud vers le corps froid.

Dans le domaine du bâtiment, les échanges de chaleur se font principalement selon 3 modes de transmission : la conduction, la convection et le rayonnement.

- **La conduction** : C'est la transmission d'énergie de proche en proche dans la partie solide d'un matériau. La chaleur se propage avec plus ou moins de facilité suivant la nature, les caractéristiques (résistances thermiques...) et la géométrie du matériau. Pour éliminer la conduction, il faut éliminer la matière. Le vide ne conduit pas la chaleur [15,16].
- **La convection** : Ce mécanisme de transfert de chaleur est propre aux fluides (gaz ou liquide). Au contact d'un élément chaud le fluide, de l'air par exemple, se met en mouvement et se déplace vers l'élément froid au contact duquel il perd sa chaleur créant ainsi un mouvement vertical qui accélère les échanges thermiques entre les 2 éléments. Pour éliminer la convection, il faut immobiliser ou supprimer les fluides. Il n'y a de convection possible ni dans le vide, ni dans un fluide immobilisé [15,16].
- **Le rayonnement** : C'est le transfert de chaleur d'un élément à un autre par onde électromagnétique sans contact direct. Ce type de transfert ne nécessite pas de support matériel il peut se produire même dans le vide. Pour éliminer le rayonnement, il faut des écrans opaques au rayonnement, ou des surfaces non émissives (donc réfléchissantes) au rayonnement thermique [15,16].

3.2. La conductivité thermique λ et la résistance thermique d'un matériau R:

La conductivité thermique λ est la quantité d'énergie traversant 1m^2 de matériau d'un mètre d'épaisseur et, pour une différence de 1 degré de température. C'est une caractéristique constante intrinsèque aux matériaux homogènes. Elle s'exprime en $\text{W}/(\text{m.K})$.

Avec : W : Watt ; m : mètre et K : Kelvin.

La résistance thermique R d'un matériau caractérise sa capacité à ralentir le transfert de chaleur réalisé par conduction. Elle s'exprime en $\text{m}^2.\text{K}/\text{W}$ Elle est calculée avec la formule suivante : $R = e / \lambda$

Avec R : résistance thermique en $\text{m}^2.\text{K}/\text{W}$

e : Epaisseur du matériau en mètre

λ : Conductivité thermique du matériau en $\text{W}/(\text{m.K})$

3.3. La résistance superficielle d'une paroi : R_{se} et R_{si} :

La résistance superficielle d'une paroi caractérise la part des échanges thermiques qui se réalise à la surface des parois par convection et rayonnement. Elle dépend du sens du flux de chaleur et de l'orientation de la paroi ; R_{si} pour les échanges sur la surface de paroi interne et R_{se} pour les échanges sur la surface de paroi externe. Elle s'exprime en $\text{m}^2.\text{K}/\text{W}$.

CHAPITRE I : ETAT DE L'ART ET RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

Dans la pratique Pour des parois planes, les valeurs de résistances thermiques superficielles sont données dans le document technique réglementaire [17].

3.4. Les ponts thermiques:

Il existe deux types de ponts thermiques :

- **Les ponts thermiques intégrés** rassemblent les ponts thermiques créés dans la paroi par des éléments tels que les ossatures métalliques, appuis et autres accessoires. Ils se trouvent au niveau de la surface d'une paroi à chaque interruption ou dégradation de l'isolation thermique.
- **les ponts thermiques des liaisons** se trouvent à la jonction de deux parois de l'enveloppe du bâtiment.

Les ponts thermiques peuvent être ponctuels (noté Khi χ) linéique (noté Psi ψ) .

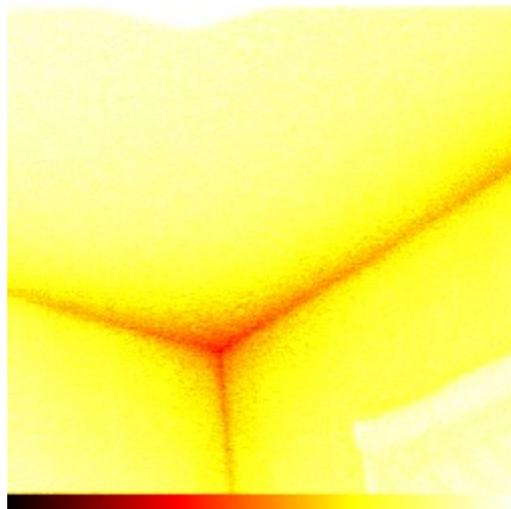


Figure 1.3: Thermographies d'un coin dans un bureau montrant des ponts thermiques [15].

3.5. La déperdition thermique dans une paroi U_p :

Le coefficient de transmission thermique U_p traduit la quantité de chaleur s'échappant au travers d'une paroi, incluant des ponts thermiques intégrés, de $1m^2$ pour un différentiel de 1 degré. il s'exprime en $W/(m^2.K)$.

Le coefficient de transmission thermique d'une paroi U_p se calcule en additionnant le coefficient de transmission thermique de la paroi homogène U_c et les fuites thermiques dues aux ponts thermiques intégrés (ponctuels χ ou linéiques ψ) rapportés à l'aire de la paroi.

$$U_p = U_c + \frac{\sum \psi_i L_i + \sum \chi_j}{A} \dots\dots\dots(1.2)$$

$$\text{et } U_c = \frac{1}{\sum R_{paroi} + \sum R_s} \dots\dots\dots(1.3)$$

Avec :

ψ_i : Coefficient linéique du pont thermique structurel i, en W/(m.K).

L_i : Longueur du pont thermique intégré i, en m.

χ_j : Coefficient ponctuel du pont thermique intégré j, en W/K.

A : Surface totale de la paroi, en m².

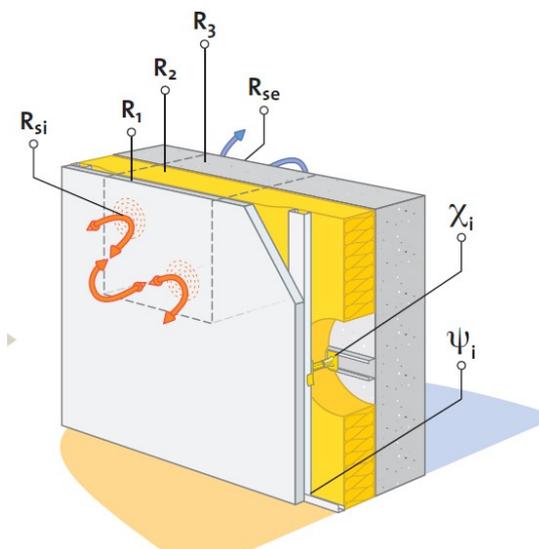


Figure 1.4: principales valeurs qui permettent de caractériser les performances thermiques d'une paroi [16].

3.6. Le vitrage :

Dans un bâtiment, le vitrage joue un rôle de capteur solaire simple et économique. Les innovations technologiques récentes ont permis à la fenêtre de faire des progrès considérables et de devenir l'un des premiers composants d'enveloppe à présenter un bilan thermique annuel positif. Le bilan thermique est la différence entre les gains solaires et les déperditions. Il dépend de plusieurs paramètres dont :

- la performance thermique, caractérisée par le coefficient U_w :

C'est l'unité de mesure du coefficient de conductibilité thermique d'un élément de la construction. Elle indique la quantité de chaleur passant en une heure à travers 1m² d'un élément de construction, avec une différence de température de 1°C entre l'intérieur et l'extérieur. L'unité est le watt par mètre carré et le Kelvin (W/m²K). Plus le chiffre est petit, meilleure est l'isolation –

Valeur U_g :

Les pertes de chaleur seulement au travers du verre isolant sont exprimées par la valeur U_g en W/m²K. Plus le chiffre est petit, meilleure est l'isolation.

Valeur U_f :

Le coefficient thermique uniquement du châssis de la fenêtre est symbolisé par le sigle U_f .

Valeur U_w :

C'est le coefficient thermique global de la fenêtre. Verre U_g + Cadre $U_f = U_w$.

- le facteur solaire S_w , qui indique la proportion de l'énergie solaire qui entre à l'intérieur d'un bâtiment comparée avec l'énergie reçue à l'extérieur d'une paroi vitrée. Il doit être élevé en hiver, pour que le bâtiment puisse bénéficier des apports solaires, et bas en été pour éviter les surchauffes.
- l'orientation des vitrages, l'angle qu'il forme avec le rayonnement solaire et ses possibles protections contre le rayonnement ;
- la durée et l'intensité de l'ensoleillement ;

4. L'isolation thermique :

L'isolation thermique du bâtiment décrit les moyens mis en œuvre pour assurer l'isolation thermique de l'enveloppe d'un bâtiment. Isoler, en limitons les déperditions thermiques du corps par rayonnement et permet d'augmenter ce qu'on appelle le confort thermique.

4.1. Les différents types d'isolation [18, 19,20] :

1-Par l'extérieure

2- par l'intérieur

3- intermédiaire

(Par remplissage de la coulisse)

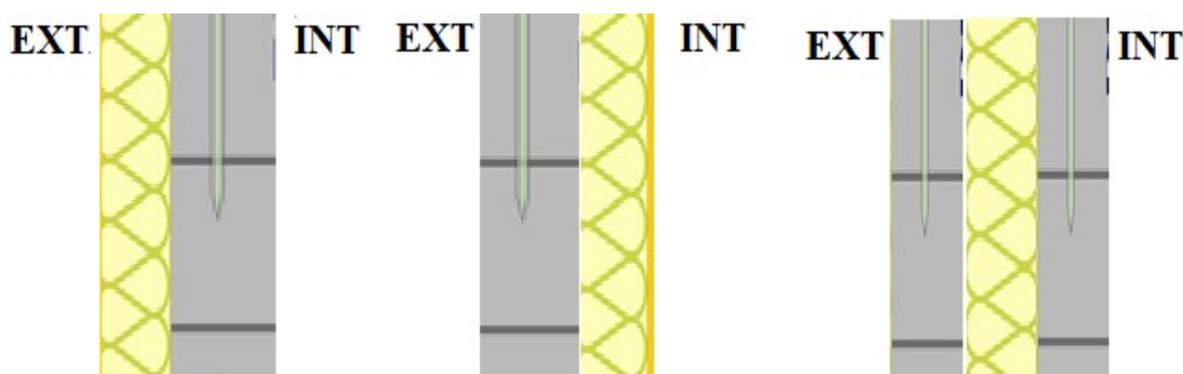


Figure 1.5: Les types d'isolations

CHAPITRE I : ETAT DE L'ART ET RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

- **L'isolation extérieure :**

Dans le tableau suivant nous avons données les avantages et les inconvénients d'une isolation par l'extérieur :

Tableau 1.1 : Les avantages et les inconvénients d'une isolation par l'extérieur

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none">✓ Regroupe les opérations d'isolation et de ravalement ;✓ Traite un grand nombre de ponts thermiques ;✓ Protège les murs des variations climatiques ;✓ Ne modifie pas la surface des pièces ;✓ la surface habitable n'est pas diminuée .	<ul style="list-style-type: none">○ Coût supérieur ;○ Modifie l'aspect extérieur ;○ Technique moins employée.

- **L'isolation intérieure :**

Tableau 1.2 : Les avantages et les inconvénients d'une isolation par l'intérieure

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none">✓ Ne modifie pas l'aspect extérieur de la maison ;✓ Prix réduit ;✓ facile à mettre en œuvre ;✓ grande diversité de choix au niveau des isolants ;✓ pas de permis d'urbanisme à introduire.	<ul style="list-style-type: none">○ Réduit la surface des pièces ;○ Gênes éventuelles lors de l'ouverture et de la fermeture ;○ des portes et fenêtres ;○ Mise en œuvre difficile si présence de prises ;○ canalisations, équipements à démonter ;○ la présence de nombreux ponts thermiques difficile à traiter ;○ Diminution de l'inertie thermique, augmentation du risque de surchauffe.

- **L'isolation intermédiaire (Par remplissage de la coulisse) :**

- **Tableau 1.3 :** Les avantages et les inconvénients d'une isolation intermédiaire (Par remplissage de la coulisse) [21]

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none">✓ Inertie thermique conservée✓ Technique simple et moins coûteuse que l'isolation par l'extérieur✓ Ne modifie ni l'aspect extérieur (pas de demande de permis d'urbanisme) ni l'aspect intérieur.	<ul style="list-style-type: none">○ Limite de la valeur isolante possible à obtenir en fonction de l'épaisseur de la coulisse ;○ Risque de ponts thermiques aux interruptions de la coulisse (principalement au niveau des linteaux par exemple)○ Examen préalable de la coulisse indispensable○ Faculté d'assèchement de la paroi extérieure du mur amoindrie

5. Les enjeux de l'isolation thermique des bâtiments :

L'isolation thermique, lorsqu'elle est bien conçue et correctement mise en œuvre, apporte d'autres bénéfices essentiels. C'est aussi en considérant les effets et les sources d'inconfort que l'on mesure ces mêmes autres bénéfices. La consommation d'énergie et les économies d'énergie sont devenues une préoccupation majeure. Plus récemment, cet enjeu est renforcé par des priorités environnementales tout aussi importantes.

5.1. L'enjeu énergétique :

Lutter contre le réchauffement climatique et contre les consommations excessives d'énergie, qui en sont la cause, est un enjeu important pour le secteur du bâtiment. Le logement représente le gisement d'économies le plus important.

Un cadre politique et une réglementation de plus en plus exigeante permettent de favoriser ces intentions en fixant des objectifs, Rio de Janeiro (1992), Berlin (1995), Genève (1996), Kyoto (1997), Buenos Aires (1998), La Haye (2000) et Montréal (suivi du protocole de Kyoto 2005), fixe comme objectif mondial de diviser par 4 les émissions de gaz à effet de serre et donc les consommations d'énergie, dont celles des bâtiments, à l'horizon 2050.

En Algérie, il existe plusieurs dispositifs institutionnels destinés à assurer la maîtrise de l'énergie à savoir :

- Le Programme National de Maîtrise de l'Energie (PNME),
- Le Fonds National pour la Maîtrise de l'Energie (FNME),
- Le Comité Intersectoriel de la Maîtrise de l'Energie (CIME),
- L'Agence Nationale en charge de la Maîtrise de l'Energie (APRUE),

La réglementation thermique (La RT 2005 suit la RT 2000), Son objectif est de réglementer et de faire diminuer les consommations énergétiques des bâtiments de 15 % en augmentant la performance thermique des bâtiments et en baissant les consommations d'énergie pour le confort d'été.

5.1.1. Consommation énergétique finale de l'Algérie par secteur :

Sur la période 2000-2012, par secteur d'activité : La consommation finale a crû avec un tcam de 6.5%/an ,**le secteur résidentiel (7.4%/an)** est le secteur où la consommation d'énergie a crû le plus rapidement, **le secteur tertiaire (7.1%/an)**, suivi du transport (7%), des autres (btp+mines+eau) (6.6%/an), de l'agriculture(5.9%/an), et de l'industrie manufacturière (3.8%/an) [22] .

CHAPITRE I : ETAT DE L'ART ET RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

Notre pays ne déroge pas à la règle et le bâtiment (résidentiel et tertiaire) est le 2^{ème} plus grand consommateur d'énergie selon l'APRUE pour les données de 2013 avec un total de : 38% de l'énergie finale consommée contre 17% pour l'industrie, 42% pour le transport et 3% pour l'agriculture.

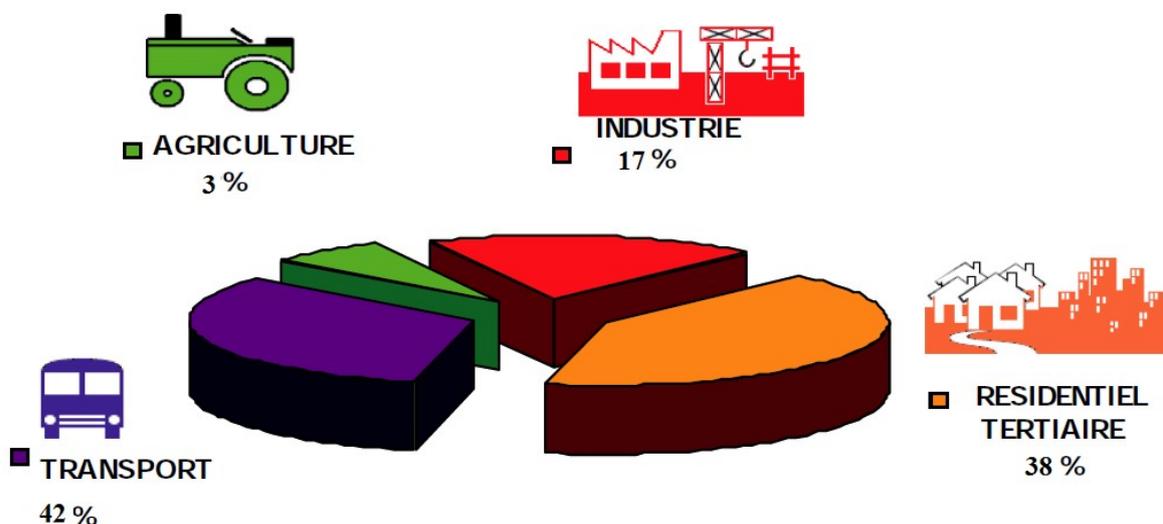


Figure 1.6: Consommation énergétique final de l'Algérie par secteur [4, 5,23]

Une augmentation progressive de la consommation d'énergie et cela depuis l'année 2000 jusqu'à l'année 2013 comme le montre la figure suivante.

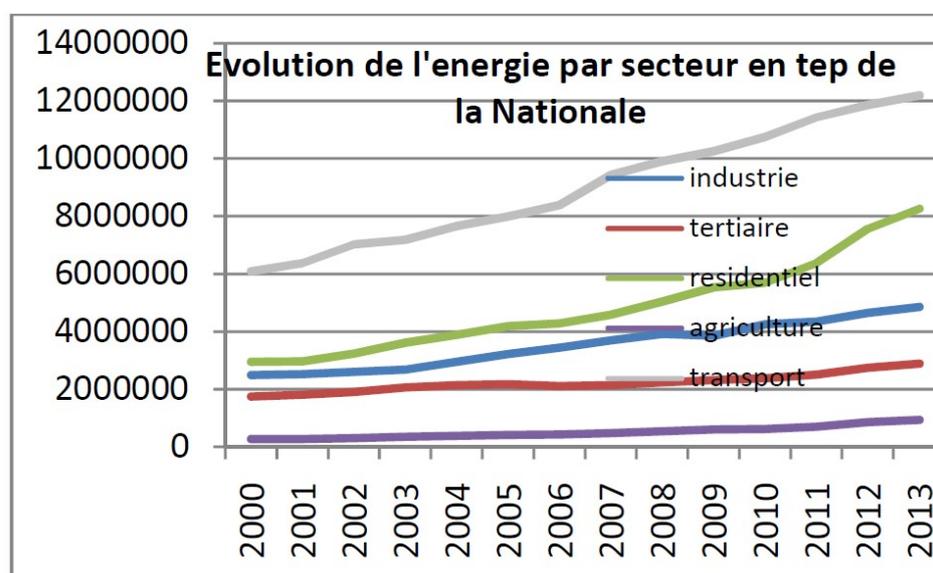


Figure 1.7: Evolution de la consommation énergétique par secteur 2000-2013 [4,24].

5.1.2. Consommation énergétique final du secteur tertiaire :

La consommation énergétique du secteur tertiaire a atteint 2 millions de TEP qui représente 10% de la consommation totale d'énergie, cette consommation se répartie Par branche d'activité

CHAPITRE I : ETAT DE L'ART ET RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

comme suit Commerce : 16%, Administration centrale : 24%, Tourisme : 3%, Santé : 12%, Education : 8%, Eclairage public : 6%, Bureaux privés: 14%, Autres : 18% **Figure 1.8 [22]**.

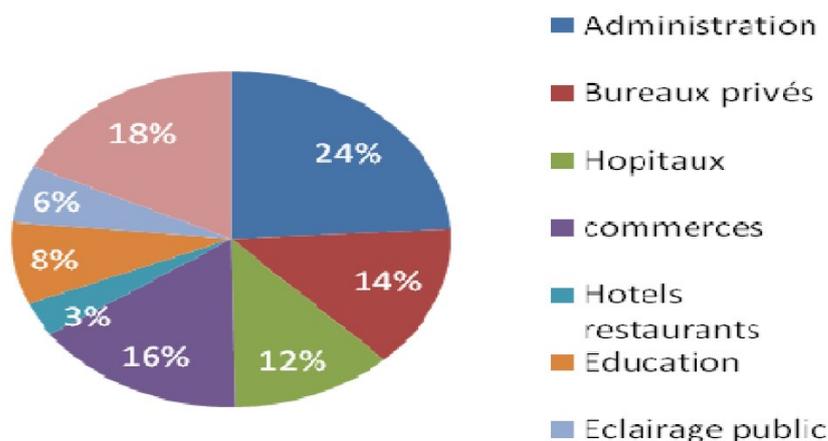


Figure 1.8: La répartition de consommation énergétique du secteur tertiaire par branche d'activité.

5.2. L'enjeu climatique:

Le développement durable est une réponse à la remise en cause d'une croissance économique se faisant au détriment de l'homme et de son environnement. Agir en faveur du développement durable a pour objectif de préserver la planète pour les générations futures et maîtriser les consommations d'énergie, afin de réduire les émissions de gaz à effet de serre, est une des façons d'y participer.

Les émissions totales dues à l'énergie finale consommée sont estimées à 90 Millions de Tonnes de CO₂ [22].

Le secteur du bâtiment rejette chaque année 31 % du total des émissions de CO₂, contre 49 % pour les transports, 12 % pour l'industrie, 7 % pour l'agriculture-sylviculture et 1 % pour les autres secteurs.

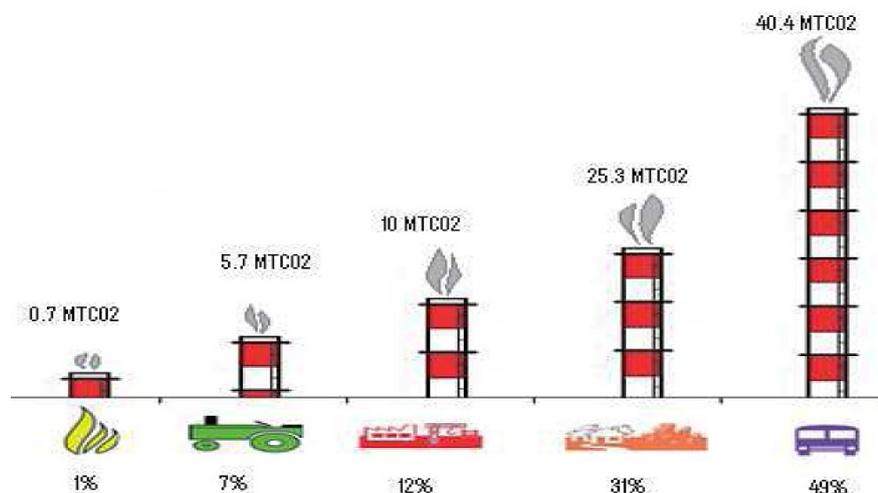


Figure 1.9: Taux d'émission du CO₂ par les différents secteurs

Avec 90 millions de tonnes de CO₂ émis chaque année, le secteur des bâtiments résidentiels et tertiaires est la deuxième source d'émissions de gaz à effet de serre.

Nous constatons ainsi, qu'une politique de maîtrise de l'énergie est plus que nécessaire afin d'exploiter ces gisements d'énergie et en particulier le tertiaire qui connaîtra le plus grand taux de croissance à l'horizon 2020 (plus de 460%) et constitue un gisement d'énergie de 30% (contre 17% pour le résidentiel, 11% industrie, 21 % transports (Voir Figure 1.10, ci-dessous).

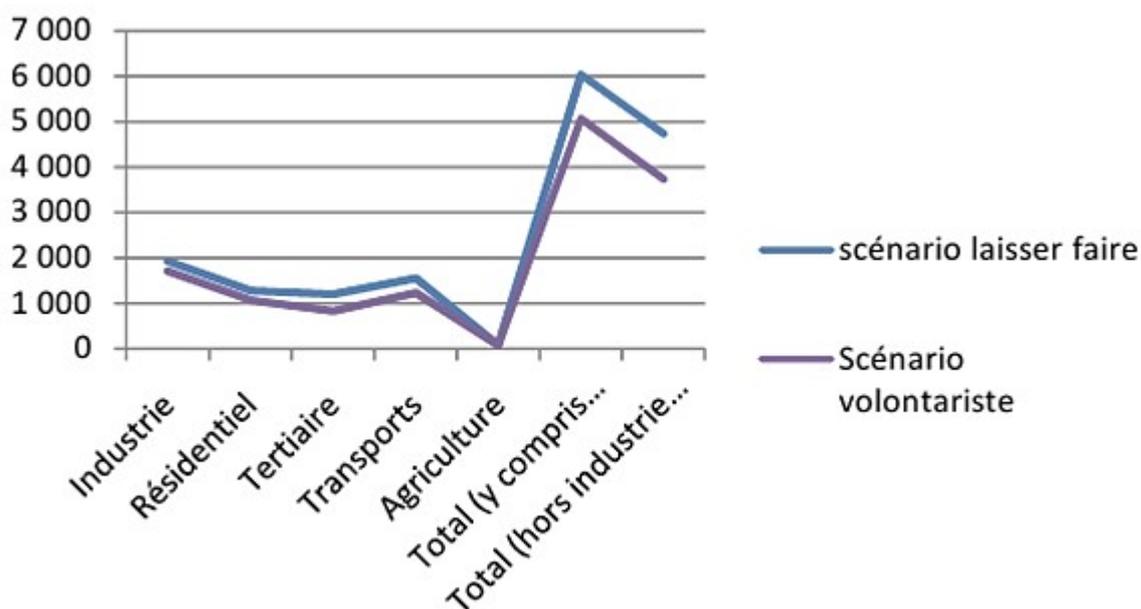


Figure 1.10: Simulation de consommation d'énergie en 2020 entre les scénarios laisser –faire et volontariste chiffre de l'APRUE [4]

L'isolation thermique permet, en réduisant la consommation de chauffage, de diminuer les émissions de polluants atmosphériques :

- Oxyde de soufre responsable des pluies acides ;
- Oxyde d'azote source de pics d'ozone;
- Dioxyde de carbone, principal responsable de l'effet de serre.

L'isolation thermique est la solution durable contre la pollution atmosphérique.

6. L'efficacité énergétique des bâtiments:

L'efficacité énergétique se définit par le rapport entre l'énergie utile, c'est-à-dire l'énergie directement utilisée, et le rendement énergétique d'un appareil ou d'un processus, appelée énergie produite. Habituellement, cette notion s'applique au matériel et machine de chauffage ou

pompes à chaleur mais ces dernières années, le concept d'efficacité énergétique s'étend à la construction des habitations dans le but unique d'une meilleure utilisation de l'énergie.

6.1. Types d'efficacité énergétique :

L'efficacité énergétique se divise en deux grandes classes : l'efficacité énergétique active et l'efficacité énergétique passive.

L'efficacité énergétique active, englobe tout ce qui concerne les systèmes de régulation ainsi que les produits et machines performantes. En clair, c'est tout ce qui agit sur l'étude et l'optimisation des flux énergétiques via l'utilisation de solutions technologiques performantes.

L'efficacité énergétique passive, concerne tout ce qui touche directement au bâtiment et à sa conception, à savoir les méthodes d'isolation, la perméabilité à l'air de l'édifice et la ventilation naturelle.

Il est nécessaire de savoir que les efficacités énergétiques actives et passives sont en tous points complémentaires et que l'alliage des deux concepts constitue de manière inhérente la performance énergétique globale.

6.2. Bâtiment basse consommation énergétique :

Le bâtiment basse consommation (BBC) est défini par l'arrêté du 8 mai 2007 relatif au contenu et aux conditions d'attribution du label haute performance énergétique (HPE) [25].

Le label BBC peut être obtenu grâce à des combinaisons bâti/équipements qui permettent d'atteindre les seuils de performances indiqués.

La norme fixe (pour les logements neufs) une exigence énergétique de 50 kWh_{ep}/(m² de SHON.an) (kWh_{ep} : kWh d'énergie primaire, telle que définie par la RT 2012). Pour les bâtiments tertiaires, la consommation de référence doit être calculée au cas par cas. Cette exigence est corrigée par un coefficient de « rigueur climatique », fonction de la zone climatique de la RT 2005. Ce coefficient est augmenté de 0,1 si l'altitude du bâtiment est comprise entre 400 et 800 mètres, et de 0,2 si l'altitude du bâtiment est supérieure à 800 mètres. Les valeurs de l'exigence peuvent ainsi varier, selon la zone et l'altitude, de 40 à 75 kWh_{ep}/(m²SHON.an).

Consommation d'énergie primaire par rapport à la surface hors œuvre nette (SHON) et incluant chauffage, rafraîchissement, ventilation et eau chaude sanitaire.

SHOB : (surface hors œuvre brute) : surface égale à la somme des surfaces de planchers de chaque niveau de construction (épaisseur des murs comprise).

CHAPITRE I : ETAT DE L'ART ET RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

SHON : (surface hors œuvre nette) : surface obtenue à partir du SHOB par déduction des surfaces de planchers hors œuvre des combles et sous-sols non aménageables, des parkings, des toitures terrasses, balcons, loggias, ainsi que les surfaces non closes situées en rez-de-chaussée.

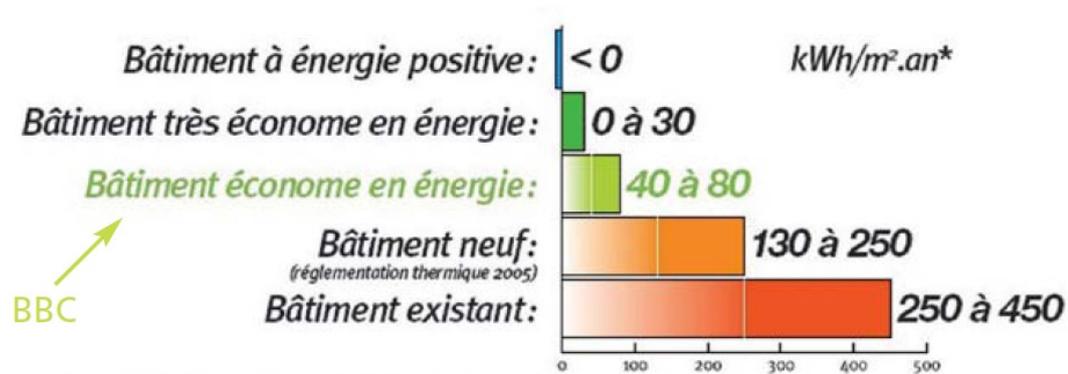


Figure 1.11: les labels énergétiques des bâtiments [25].

II-Etat de l'art :

R. Lapisa. a fait une étude du rafraîchissement passif de bâtiments commerciaux ou industriels.

L'étude est faite dans le but d'étudier le comportement thermo-aéraulique et d'améliorer les performances énergétiques de bâtiments tertiaires à usage commercial et/ou industriel afin de réduire les consommations d'énergie tout en assurant le confort thermique [26].

Une évaluation multicritère du comportement thermo-aéraulique d'un bâtiment commercial/industriel de grand volume. Les performances thermiques de ce bâtiment sont présentées en termes de consommation énergétique et de confort thermique en période estivale. Différents paramètres ont une influence considérable sur ces performances thermiques.

Les résultats obtenus pour un bâtiment typique fortement isolé et conforté par des simulations sur un bâtiment existant. Le sol est l'un des facteurs primordiaux affectant les performances énergétiques. La réalisation de ces travaux a conduit notamment au développement d'une méthode d'optimisation qui est capable de tenir compte des deux objectifs conflictuels: la consommation énergétique (chauffage et éclairage) et le confort d'été d'un bâtiment sans climatisation.

R. Guechhati et all. Ont fait une Simulation de l'effet de l'isolation thermique des bâtiments Cas du centre psychopédagogique SAFAA à Oujda.

Ce projet vise l'introduction des matériaux isolants dans un bâtiment afin d'améliorer le confort thermique et de réduire l'énergie consommée. Diverses solutions ou variantes ont été proposées, qui

CHAPITRE I : ETAT DE L'ART ET RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

permettent de faire un choix pertinent assurant un meilleur confort thermique de cette institution tout en étant très peu gourmand en énergie [27].

Il en résulte de cette étude, les conclusions suivantes:

- Toutes les solutions proposées permettent de réduire la consommation d'énergie,
- L'isolation de la toiture est nécessaire pour économiser les besoins de chauffage,
- La partie réfectoire et la partie magasin consomment plus d'énergie,
- L'économie en énergie maximale a été obtenue en utilisant l'isolation complète du centre,

V. Renzi et al., Ont fait une étude d'évaluation des performances énergétiques et du confort d'un bâtiment tertiaire rénové, La première étude de cas est la rénovation d'un bâtiment tertiaire situé à Lyon. En phase conception, les outils de simulation dynamique couplés à une analyse économique ont permis d'orienter les choix techniques. Une fois la rénovation terminée, un monitoring complet du bâtiment et de ses systèmes sur une année permettra d'évaluer les performances réelles de la rénovation et de valider le modèle [28].

Les simulations du bâtiment montraient que les systèmes passifs (isolation de l'enveloppe par l'extérieur, double vitrage, protections solaires extérieures, surventilation nocturne) ne suffiraient pas à respecter des conditions thermiques confortables en été. Le choix du système de refroidissement s'est alors orienté vers une pompe à chaleur. Le système a été choisi réversible malgré l'existence d'une chaudière gaz performante (350kW) installée en 2004. Une étude technico-économique a démontré la rentabilité d'une solution pompe à chaleur (amortissement du surinvestissement en moins de 15 ans) et son intérêt environnemental.

S. Sami-Mécheri et al. Ont fait une étude sur l'efficacité Énergétique des Logements à haute performance énergétique, HPE. Le but de cette étude est de donner un exemple de simulation des logements Haute Performance Énergétique (HPE) de la ville de Béchar traitée dans le cadre du projet Eco-Bat[29].

Réalisation de 30 logements HPE à Bechar, une ville située au Sud-Ouest de l'Algérie à 1115km de la capitale. Les logements sont de type F3 Duplex, Rez-de-Chaussée plus un étage (70 m² habitable).

L'étude est basée sur les données météorologiques du site et en appliquant les principes de la conception bioclimatique avec variation de paramètres d'étude [29]. :

1. L'orientation : afin de minimiser les pertes de chaleur et favoriser les apports solaires pendant la période hivernale.

CHAPITRE I : ETAT DE L'ART ET RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

2. L'isolation : une bonne isolation intérieure et même des planchers hauts afin d'avoir une maison passive ; choix de l'isolant ainsi que l'épaisseur qui donne un meilleur rendement au logement étudié.

3. Choix du vitrage : utilisant des fenêtres performantes.

4. Choix des matériaux de construction.

CHAPITRE II :

PRESENTATION DU PROJET

1. Introduction :

Dans ce chapitre nous présentons d'une façon globale le site, et on va faire une description générale du bâtiment étudié.

2. Données du site :

2.1. Situation par rapport à la région :

La commune de Bab Ezzouar qui s'étend sur une superficie de 8,02 Km², se situe à environ 15 km à l'est d'Alger [30].

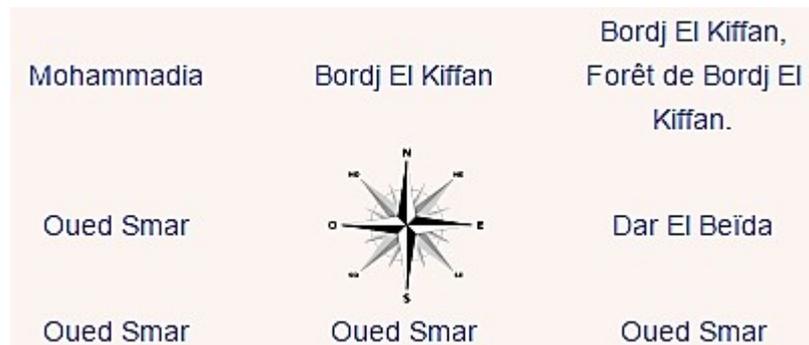


Figure 2.1: Communes limitrophes de Bab Ezzouar

La localisation du siège CNL est représentée dans l'image suivante :

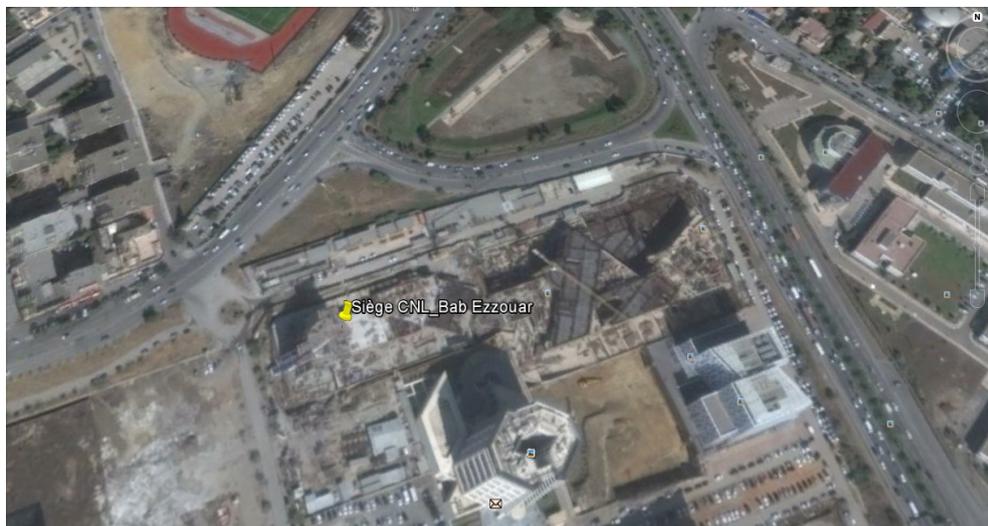


Figure 2.2: Localisation du nouveau siège de la (CNL)

2.2. Données climatiques du site:

La région de Bab Ezzouar fait partie de la zone climatique A [17] (Latitude 36,42 N, Longitude 3,12 E) qui est caractérisée par un hiver frais et un été chaud et humide.

Dans le cadre de la simulation thermique du nouveau siège administratif de la Caisse Nationale du Logement (CNL), les données climatiques de Bab Ezzouar sont déterminées par le logiciel METENORM 7 sous licence du CNERIB.

Les paramètres climatiques pris en compte dans la simulation thermique sont les suivants:

- Le rayonnement solaire : il permet de calculer les apports solaires à travers les baies vitrées, ainsi que l'efficacité des capteurs solaires thermiques ou photovoltaïques. Le rayonnement est fourni sous forme d'une composante globale et d'une composante diffuse,
- Les températures journalières maximales et minimales,
- La précipitations durant une année de référence.

2.2.1. Évolution de la température journalière :

La **figure 2.3** montre l'évolution de la température journalière maximale et minimale sur le site du projet. Nous remarquons que la température maximale est de 38 °C pour les périodes de Juin et Août et elle dépasse 40 °C pour le mois de Juillet, tandis, que la température minimale dépasse 25 °C durant ces périodes. Ces périodes présentent une forte utilisation de la climatisation, ce qui engendre une consommation d'électricité importante.

Les températures maximales en hiver sont de l'ordre de 15 °C en moyenne pour les mois de Décembre et de Janvier, les températures minimales sont très faibles et atteignent 2°C dans les mois de Décembre et de Janvier.

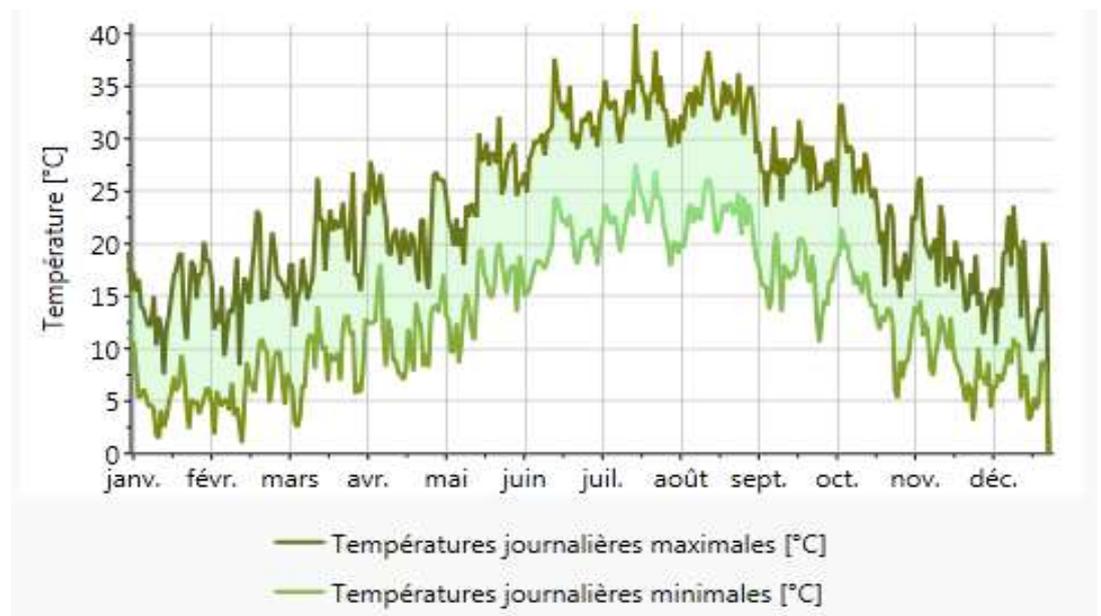


Figure 2.3: Températures journalières maximales et minimales durant l'année

2.2.2. Évolution du rayonnement solaire :

La **figure 2.4** montre la variation des rayonnements diffus et global durant l'année pour une surface de 1 m². Les valeurs du rayonnement solaire se présentent sous forme de courbe parabolique où les valeurs maximales sont remarquées dans les mois de Mai, Juin, Juillet et Août. Le rayonnement global a atteint 250 kWh/m² pour le mois de Juillet.

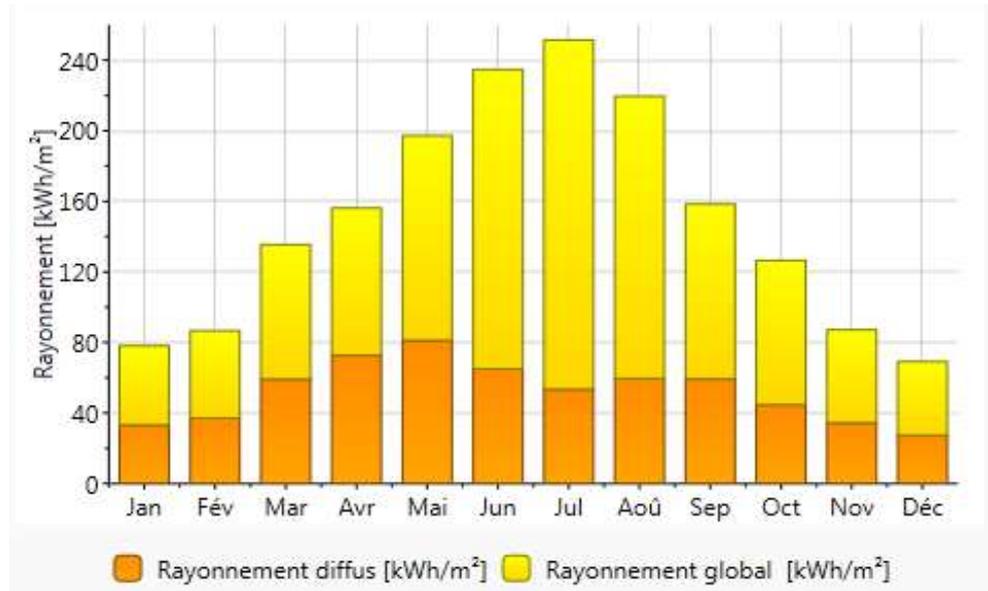


Figure 2.4: Rayonnement diffus et global durant l'année sur site du projet

2.2.3. Précipitation :

Les précipitations sont présentées par la **figure 2.5**. Les valeurs des précipitations sont envisagées dans ce rapport afin de choisir les plantes adéquates pour la mise en œuvre de la toiture végétalisée ainsi que le choix du système de drainage. Les mois de Décembre et de Janvier présentent les valeurs de précipitations les plus élevées pendant l'année, respectivement de 100 et 80 mm.

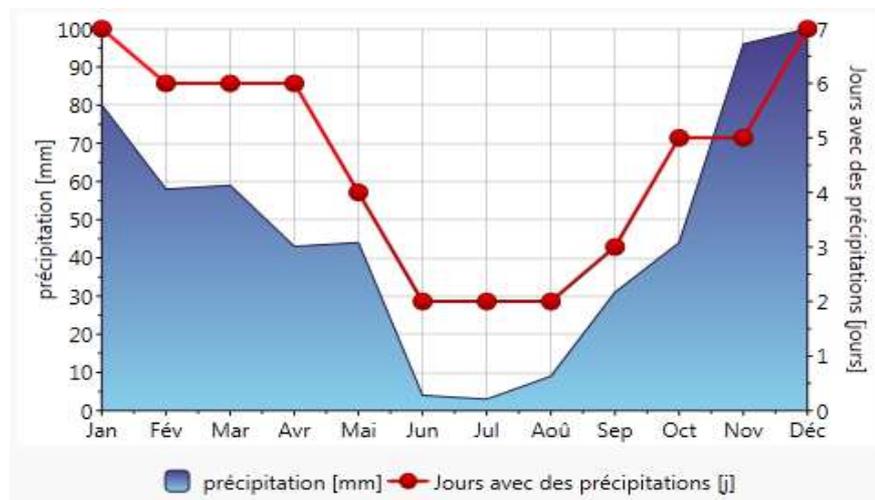


Figure 2.5: Précipitation durant l'année sur site du projet

3. Description du projet :

Le projet qui fait l'objet de notre étude est le Bloc A1 (la tour de R+12) du nouveau siège administratif de la caisse nationale du logement (CNL) situé à Bab Ezzouar, Alger.

L'enveloppe de ce siège comporte une surface vitrée importante sous forme de murs-rideaux et de fenêtres, une partie du mur rideau du Bloc A1 du nouveau siège de la CNL est orientée Est et une autre partie est orientée Nord-Ouest.



Figure 2.6: nouveau siège administratif de la Caisse Nationale du Logement (CNL) format 3D.

4. Composition des parois à l'état initial sans isolation thermique :

4.1. Toiture terrasse :

La toiture terrasse est composée d'une dalle en béton de 15 cm isolée avec 5 cm de polystyrène expansé. Le tableau 2.1 présente les différentes couches de la toiture terrasse.

Tableau 2.1 : Caractéristiques de la toiture terrasse.

Parois	Couches de matériau	Épaisseur (m)	λ (W/m.°C)
Toiture terrasse isolée	1-Platre	0,015	0,35
	2- Béton plein	0,20	1,75
	3-Polystyrène	0,05	0,046
	4- Shape de béton	0,03	1,4

4.2. Mur extérieur :

4.2.1. Mur extérieur en voile :

Le mur extérieur en voile est composé d'une paroi en béton armé de 20 cm, d'une lame d'air de 10 cm et d'une paroi en brique creuse de 20 cm. Le mur est enduit à la face extérieure en mortier de ciment et à la face intérieure en carreau de plâtre. La figure ci-après et le tableau 2 illustrent les différentes couches de mur.

Tableau 2.2 : Caractéristiques du mur extérieur en voile

Paroi	Couches	Épaisseur (m)	λ (W/m.°C)
Mur extérieur en voile	1- Enduit plâtre	0,015	0,35
	2- Béton	0,20	1,75
	3- Lamme d'air	0,1	-
	4- Briques creuses	0,20	0,48
	5- Mortier ciment	0,015	1,4

4.2.2. Mur en maçonnerie en brique :

Le mur extérieur en maçonnerie est composé d'une double paroi en briques creuses de 10 cm séparée par une lame d'air de 20 cm. La double paroi est enduite à la face extérieure en mortier de ciment et à la face intérieure en carreau de plâtre. Le tableau 3 présente les différentes couches du mur.

Tableau 2.3 : Caractéristiques du mur extérieur sans isolation thermique.

Paroi	Couches	Épaisseur (m)	λ (W/m.°C)
mur extérieur en maçonnerie	1- Enduit plâtre	0,015	0,35
	2- Briques creuses	0,10	0,48
	3- Lamme d'air	0,2	-
	4- Briques creuses	0,10	0,48
	5- Mortier ciment	0,015	1,4

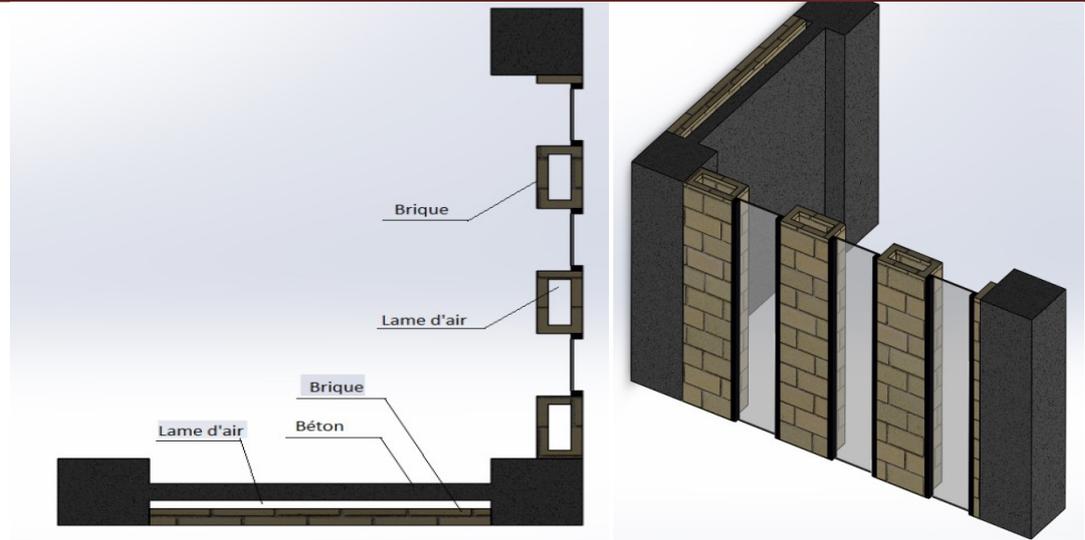


Figure 2.7: Mur extérieur sans isolation

4.3. Vitrage simple :

Tableau 2.4. Coefficients du bilan thermique du simple vitrage.

Les paramètres de vitrage simple du Bloc A₁ du CNL se trouve dans le tableau suivant.

	Coefficient U(W/m ² .°C)	Transparence %	Facteur solaire %
Simple vitrage	5,6	88	83

CHAPITRE III :

MODELISATION

1. Introduction :

La simulation est une moyenne efficace pour mettre au point et étudier le comportement thermique des bâtiments en régime variable. Mais il est nécessaire de savoir ce que l'on cherche pour utiliser l'outil de façon optimale.

2. DesignBuilder :

2.1. Définition :

DesignBuilder est un logiciel convivial de modélisation thermique avec lequel nous pouvons travailler (et découvrir aisément) la modélisation des bâtiments. Il comporte toute une série de paramètres de performance environnementale comme : Consommation annuelle d'énergie, températures maximales d'été et dimensionnement des composants CVC [31].

DesignBuilder allie rapidité de modélisation d'un bâtiment à l'état de l'art de la simulation thermique dynamique. DesignBuilder est édité par DesignBuilder Software Limited.

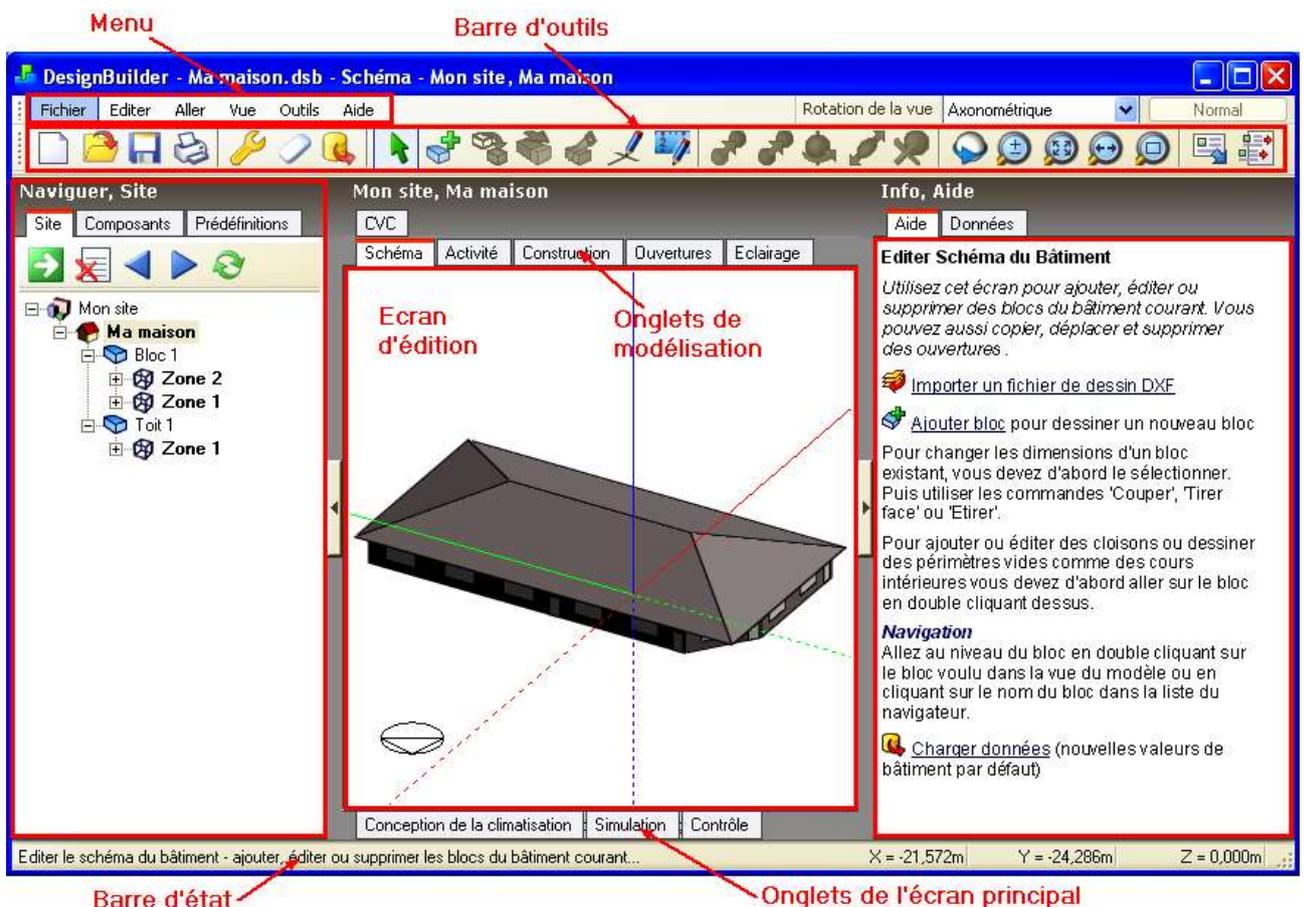


Figure 3.1 : Interface du logiciel DesignBuilder [31].

2.2. Les utilisations courantes du logiciel :

C'est une interface graphique offrant de nombreuses fonctionnalités non disponibles simultanément dans les logiciels existants [31] :

- ❖ Calcul des déperditions/gains thermiques de l'enveloppe en hiver/été ;
- ❖ Dimensionnement du rafraichissement par ventilation naturelle et/ou climatisation
- ❖ Simulation dynamique restituant des données de confort, de bilan thermique, ventilation, etc.
- ❖ Construction en 3D réaliste avec vue des ombres portées
- ❖ Modeleur du bâtiment incluant des assistants de création de fenêtre, composition de la construction, détection automatique du type de paroi qui vous évite de nombreuses saisies ou dessin
- ❖ Economie d'énergie : free-cooling, récupérateur d'énergie sur air extrait, ventilation nocturne, gradation de l'éclairage selon la luminosité, régulation des températures d'air soufflé selon la demande, volume d'air variable ... déjà disponible en quelques clics.
- ❖ Plusieurs centaines de matériaux et exemples sont livrés en français avec le Pack Français
- ❖ Module CFD disponible pour le même dessin de bâtiment et incluant une passerelle d'initialisation des conditions aux limites directe depuis la simulation dynamique...

3. Simulation du projet :

Dans la 1^{ère} étape, nous introduisons dans le logiciel DesignBuilder toutes les données suivantes : Site, bâtiment, bloc, zone, surface, Ouvertures et l'orientation. Le signe  indique le sens du nord.

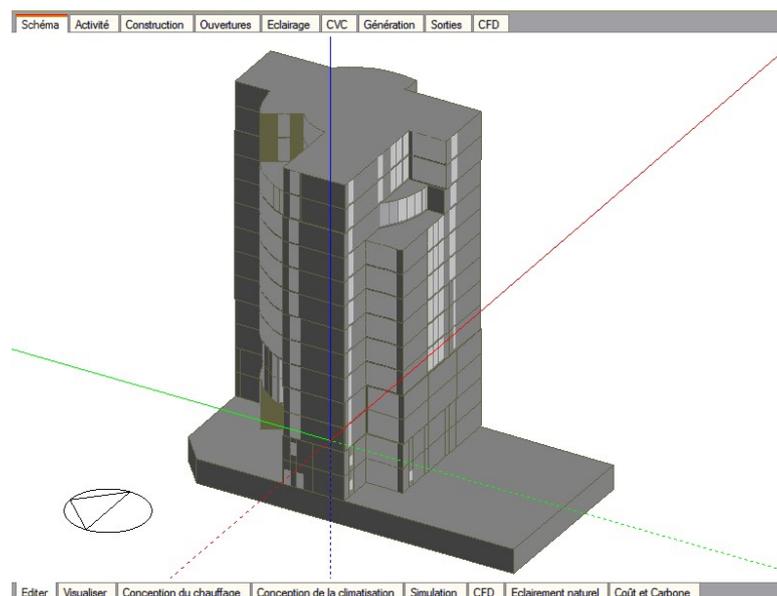


Figure 3.2 : Création du Bloc A1 du CNL avec le logiciel

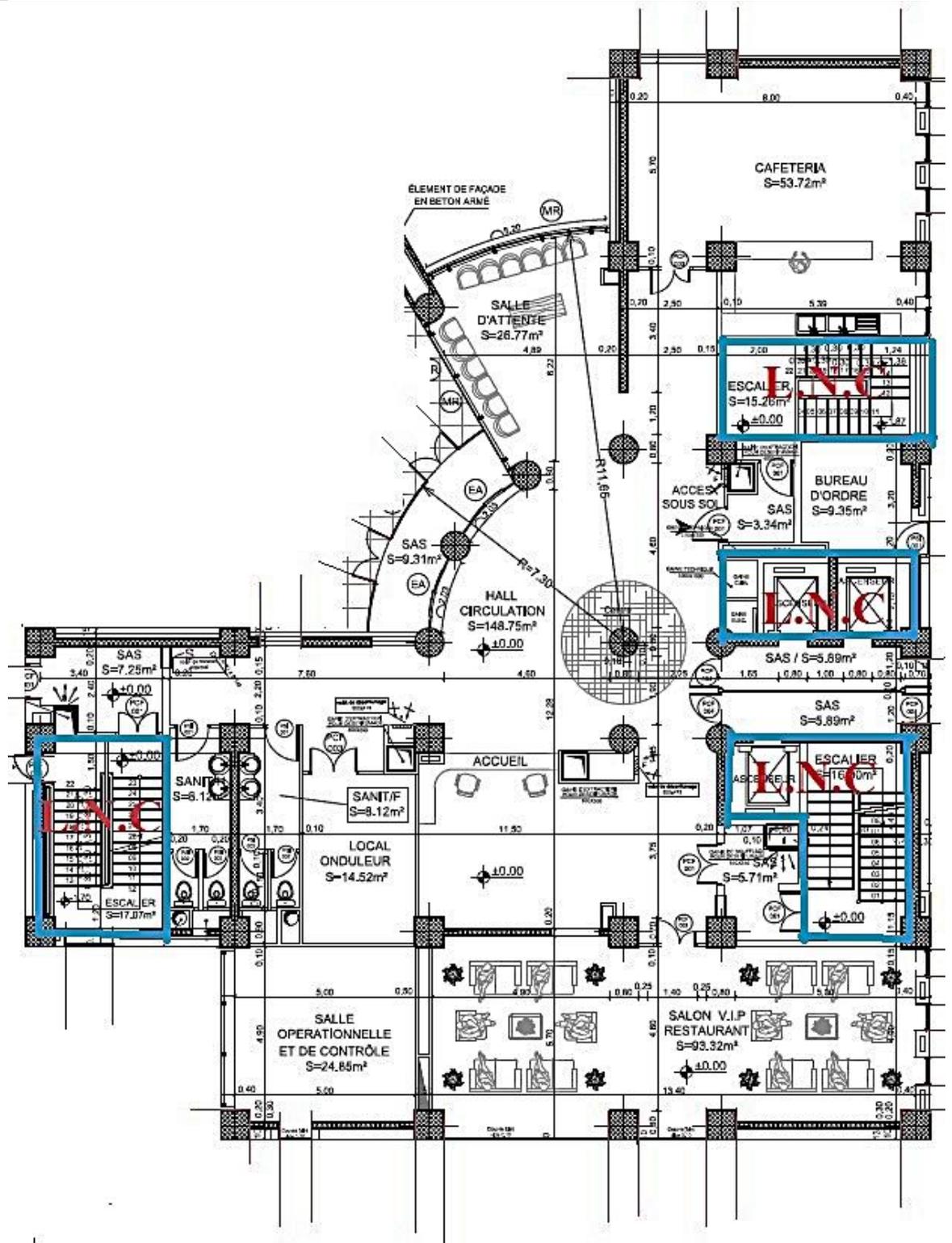


Figure 3.3 : Plan de masse de RDC avec une présentation des locaux non chauffée

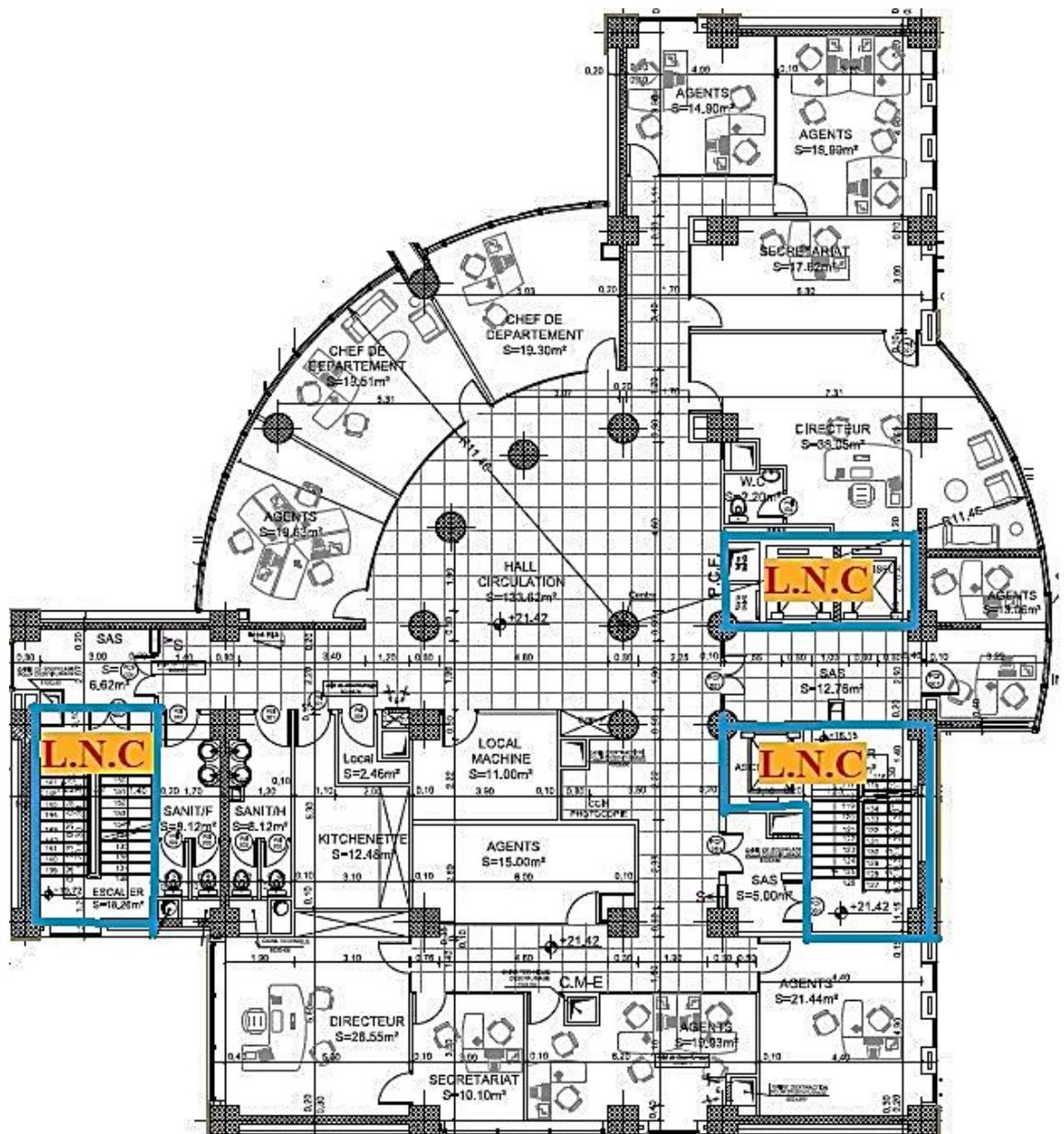


Figure 3.4 : Plan de masse de 6^{ème} étage avec une présentation des locaux non chauffée

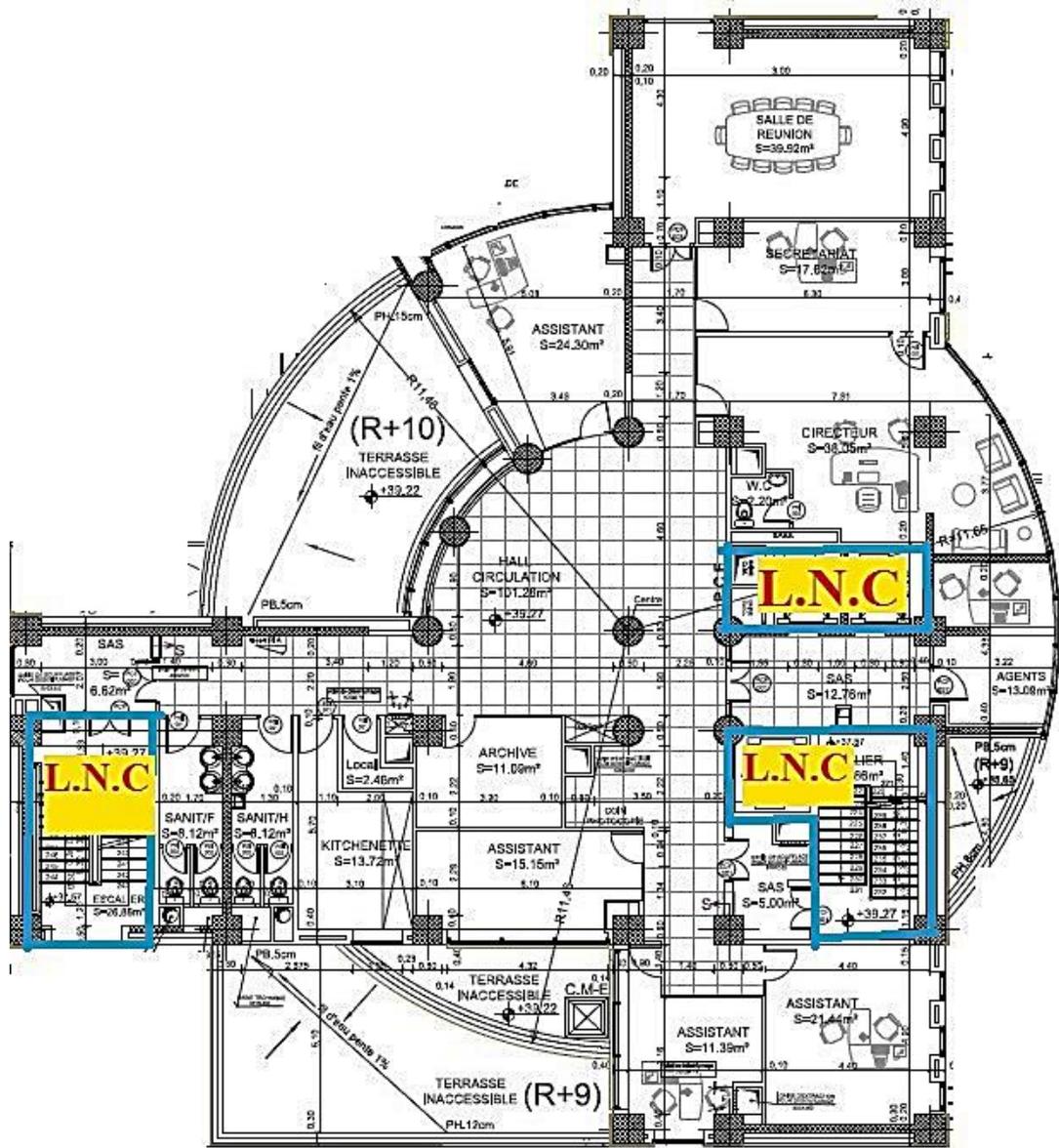


Figure 3.5 : Plan de masse de 12^{ème} étage avec une présentation des locaux non chauffés.

Création du Bloc A1 du CNL avec le logiciel Designbuilder et présentation des différents vues de Bloc et étages étudiés.

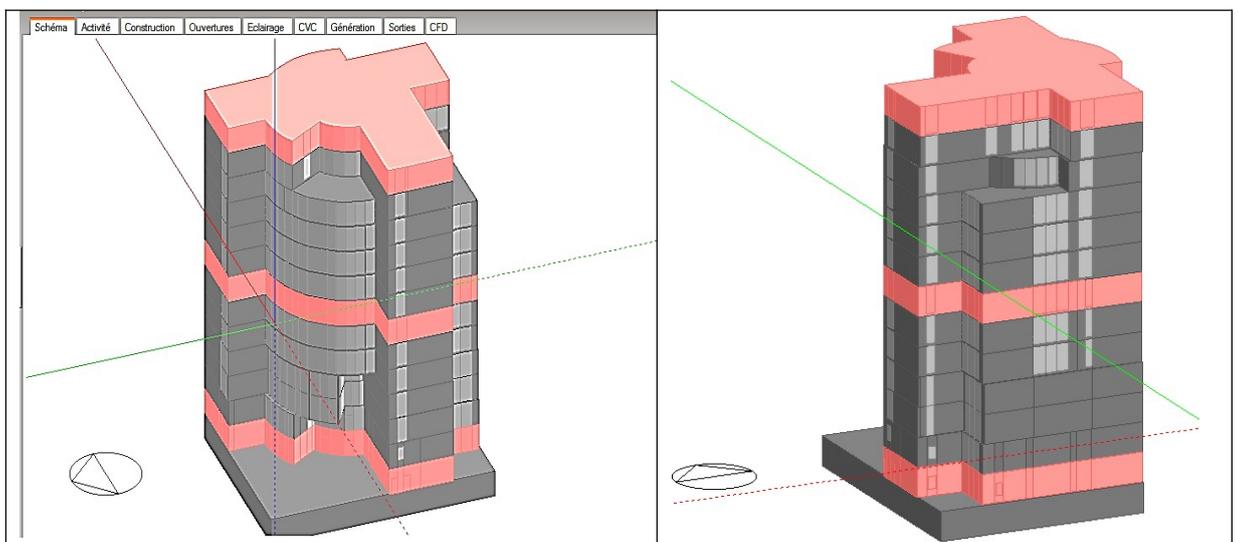


Figure 3.6. vue de côté ouest

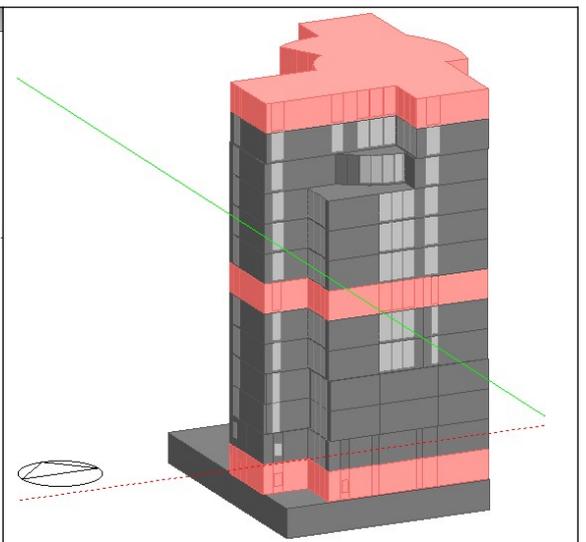


Figure 3.7. vue de côté sud

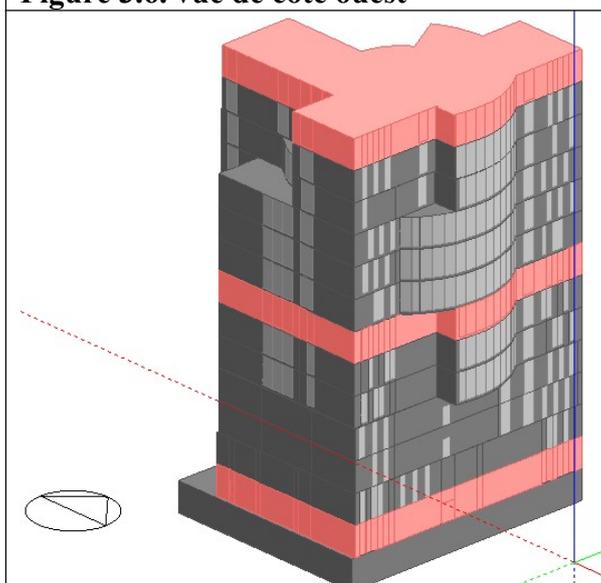


Figure 3.8. vue côté est

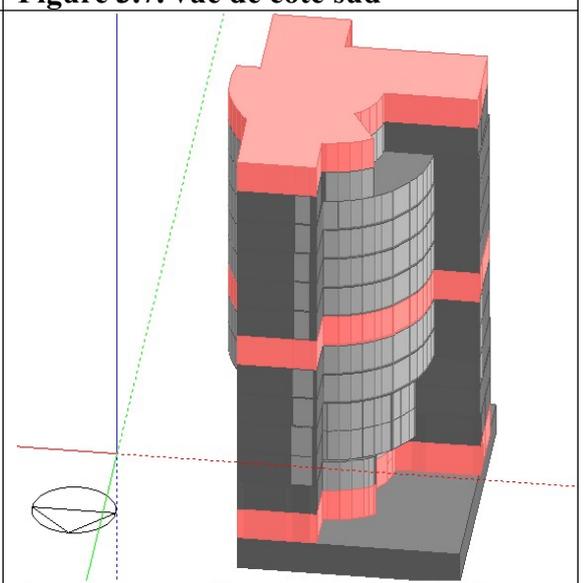


Figure 3.9. Vue côté Nord

Comme une 2^{ème} étape, Nous définissons les caractéristiques des murs, fenêtres, portes, planchers et plafonds (dimensionnement, les matériaux et autres caractéristiques).

Nous introduisons les propriétés thermodynamiques de chaque couche qui constitue les murs le plancher et la toiture, comme nous pouvons les choisir à partir de la bibliothèque existante.

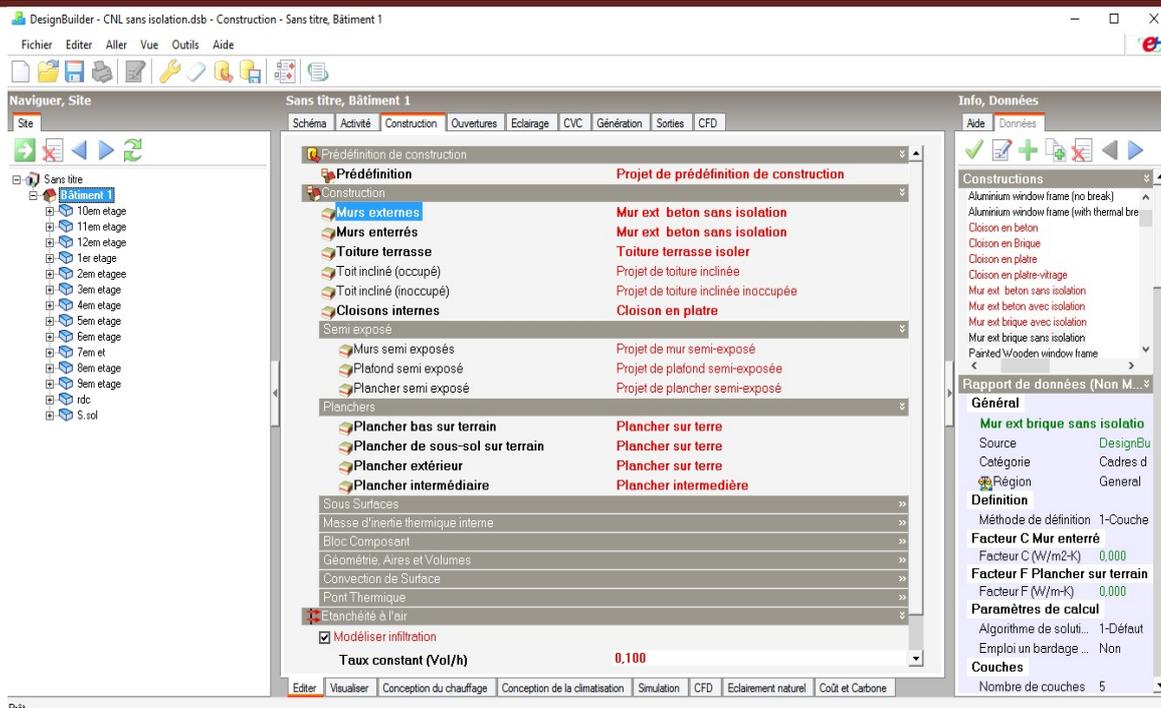


Figure 3.10 : définitions des caractéristiques des murs, planchers et plafonds

Des données d'équipement facultatif, occupation et caractéristiques de fonctionnement comprennent l'infiltration, ventilation, refroidissement, chauffage, gains et confort peuvent être rajoutés.

Tableau 3.1. Les paramètres de l'activité.

Etage	Occupation (pers/m ²)	ECS (L/m ² .jr)	Divers apport (W/m ²)	T chauffage	T lim basse chauf	T climatisation	T lim haute clim	Eclairage souhaité	Ventilation mécanique	C.O.P de systèmes de chuf, Clim
S.sol	Local non chauffée									
RDC	0.16	0.48	5.89	21	12	24	30	400lux	0,6vol/h	2.5
1 ^{er}	0.08	0.24	3.5	21	12	24	30	400	0,6vol/h	2.5
2 ^{eme}	0.074	0.22	3.2	21	12	24	30	400	0,6vol/h	2.5
3 ^{eme}	0.082	0.25	3.5	21	12	24	30	400	0,6vol/h	2.5
4 ^{eme}	0.1	0.30	3.05	21	12	24	30	400	0,6vol/h	2.5
5 ^{eme}	0.06	0.18	3.53	21	12	24	30	400	0,6vol/h	2.5
6 ^{eme}	0.09	0.27	4.4	21	12	24	30	400	0,6vol/h	2.5
7 ^{eme}	0.08	0.24	3.73	21	12	24	30	400	0,6vol/h	2.5
8 ^{eme}	0.084	0.25	4.26	21	12	24	30	400	0,6vol/h	2.5
9 ^{eme}	0.09	0.27	4.3	21	12	24	30	400	0,6vol/h	2.5
10 ^{eme}	0.08	0.24	4.33	21	12	24	30	400	0,6vol/h	2.5
11 ^{eme}	0.04	0.12	3.64	21	12	24	30	400	0,6vol/h	2.5
12 ^{eme}	0.05	0.15	3.81	21	12	24	30	400	0,6vol/h	2.5

Tableau 3.2 : Taux d'occupation ou fonctionnement de différentes activités.

	00:00-07:00	07:00-08:00	08:00-09:00	09:00-16:00	16:00-17:00	17:00-00:00	weekends
	Taux (d'occupation, Utilisation...)						
Ordinateurs + occupation	0.05	0.20	0.60	1.00	0.60	0.05	0.05
Ouverture (portes).	0	0.05	1	0.5	1	0	0
Système de chauffage, climatisation.	0.1	1	1	1	1	0.1	0.1
Eclairage	0.2	1	1	1	1	0.2	0.2

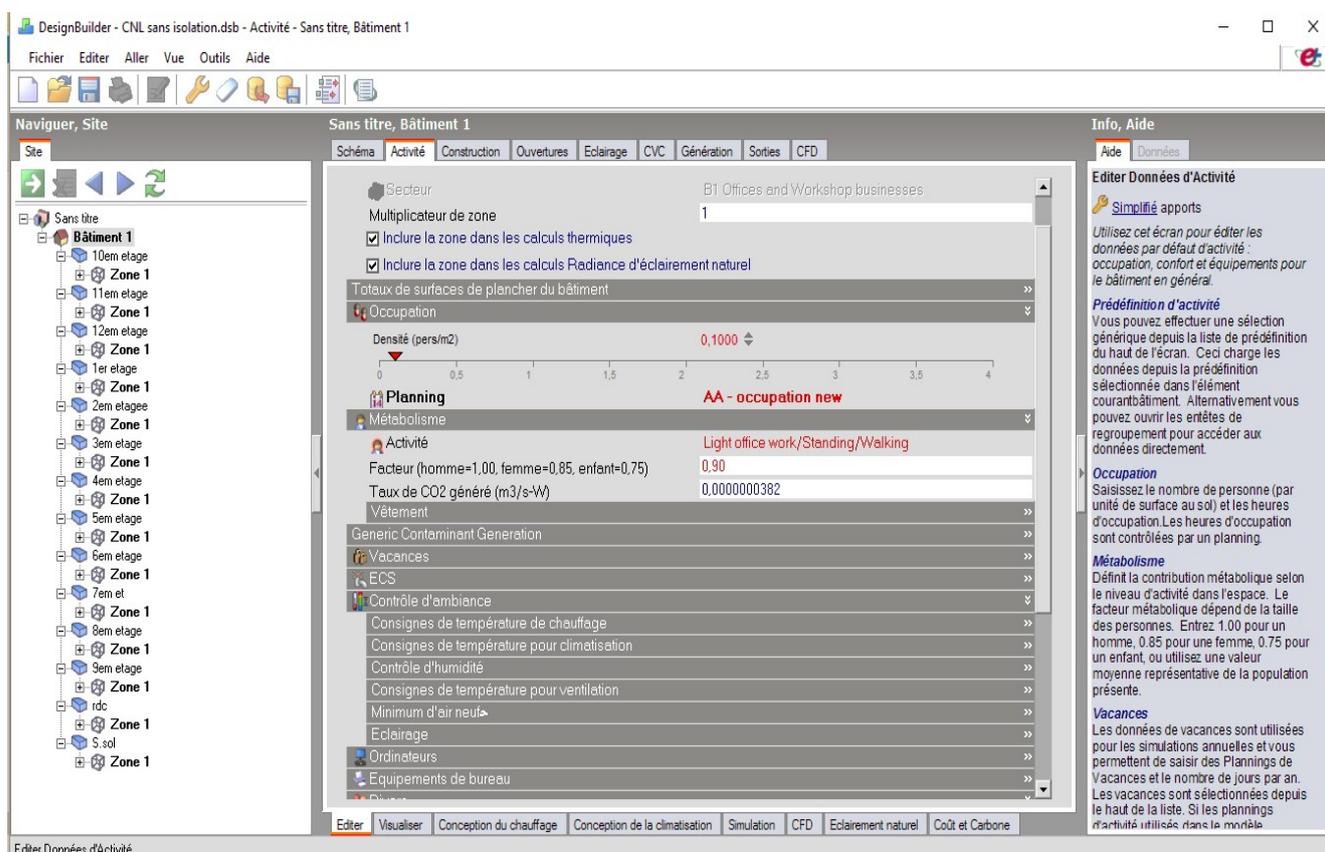


Figure 3.11 : Introduire les paramètres d'activité.

Une fois toutes les données sont entrées on peut lancer la simulation. À partir de la simulation nous pouvons obtenir les résultats souhaités (profil de température, les besoins en chauffage et en climatisation...) les conditions initiales de la zone étudiées (la température intérieure et l'humidité relative).

4. Bilan énergétique :

4.1. Définition :

Le bilan énergétique permet de connaître avec précision la quantité d'énergie totale nécessaire et consommée par votre objet immobilier. Le bilan thermique est une partie du bilan énergétique.

Le bilan thermique permet de connaître la consommation d'énergie pour le chauffage. Il permet d'établir aussi l'efficacité de l'enveloppe thermique et fait ressortir ses défauts. Sur la base d'un bilan thermique, on peut améliorer l'enveloppe du bâtiment, le système de chauffage, etc ...

Le bilan énergétique reflète la consommation énergétique de bâtiments d'habitations (maisons individuelles et habitat collectif), bâtiments administratifs et scolaires. Le bilan énergétique permet d'établir le certificat énergétique des bâtiments. Il montre d'une part l'efficacité de l'enveloppe du bâtiment et d'autre part, la quantité d'énergie nécessaire à un bâtiment utilisé de façon standard. Ceci est valable pour des bâtiments existants mais aussi pour les nouvelles constructions. Le besoin énergétique défini est visualisé sur le classement allant de A à G (de « très efficace énergétiquement » à « peu efficace énergétiquement ») d'une Etiquette Energie. Ainsi, en tant que propriétaire, vous pouvez obtenir une évaluation objective de l'état énergétique et de l'efficacité de votre bâtiment.

4.2. L'importance du bilan énergétique :

Le bilan énergétique permettra de décerner un certificat (étiquette) énergétique et permettra de :

- ✓ Mettre en évidence les points à améliorer de l'existant et donner un ordre de priorité sur les travaux à entreprendre.

- ✓ Avant d'investir dans des solutions souvent inadaptées car peu efficaces, il est important de connaître les faiblesses thermiques et énergétiques de l'intégralité de l'habitation avant travaux.

- ✓ Concrètement, cela s'effectue au travers d'une analyse chiffrée, très précise, des points faibles de votre habitation. De l'ensemble de l'isolation jusqu'au mode de chauffage en passant par la ventilation, les ouvrants, la consommation des appareils électro-ménagers, des systèmes d'éclairage, de ventilation, etc ...

- ✓ Les points faibles ainsi identifiés vont pouvoir être corrigés au travers d'améliorations thermiques génératrices de véritables économies d'énergie.

CHAPITRE IV :

Résultats et discussions

influence directe sur la température intérieure qui se situe entre 30,5°C et 38,5 °C pendant la journée.

Nous constatons aussi que l'amplitude de la variation de la température est de l'ordre de 7,5°C entre la nuit et la journée.

L'évolution de la température intérieure à travers le temps change d'un étage à un autre, en fonction de sa position, la surface de l'enveloppe d'étage et la fraction de la surface vitré par rapport à la surface extérieure totale. Elle s'approche de la température d'air extérieure, et varie entre 30,5°et 38,5° pendant la journée.

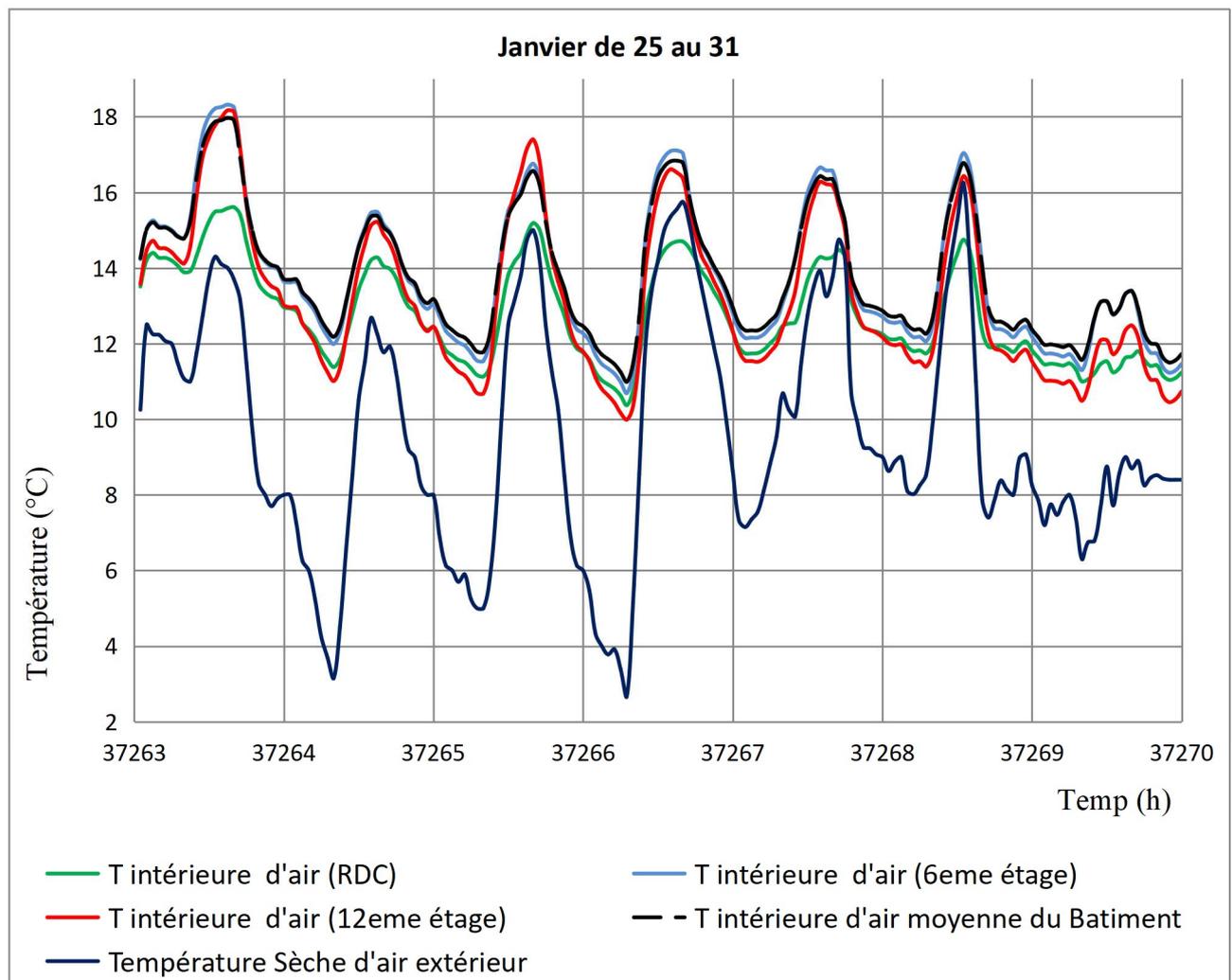


Figure 4.2: Evolution de la température intérieure des 3 étages (RDC, 6^{eme} et 12^{eme}) pour la dernière semaine du Janvier

Pour le début de cette dernière semaine du mois de Janvier, le climat est marqué par des températures qui se situent entre 3°C et 15,5°C, cela à un impact direct sur la température moyenne des étages.

Les résultats de cette figure permettent de constater que les températures du 6^{ème} et 12^{ème} sont un peu élevées par rapport à celles de RDC pendant la journée. Cela est dû à la déférence de la surface vitrée de ces deux étages qui est plus grande par rapport au RDC.

La température intérieure du Bâtiment se situe au tour de 13°C et 18°C la journée et 11 à 14°C la nuit. Nous constatons aussi que l'amplitude de la variation de température entre la journée et la nuit est de l'ordre de 3,5°C entre le jour et la nuit.

Le but visé d'après cette 1^{ère} simulation est de réduire la surchauffe estivale et gardé le confort thermique d'hiver.

2.2. Les facteurs causant la surchauffe en été :

Pour avoir une idée sur les facteurs qui causent la surchauffe, nous avons analysé les apports et les déperditions calorifiques du bâtiment.

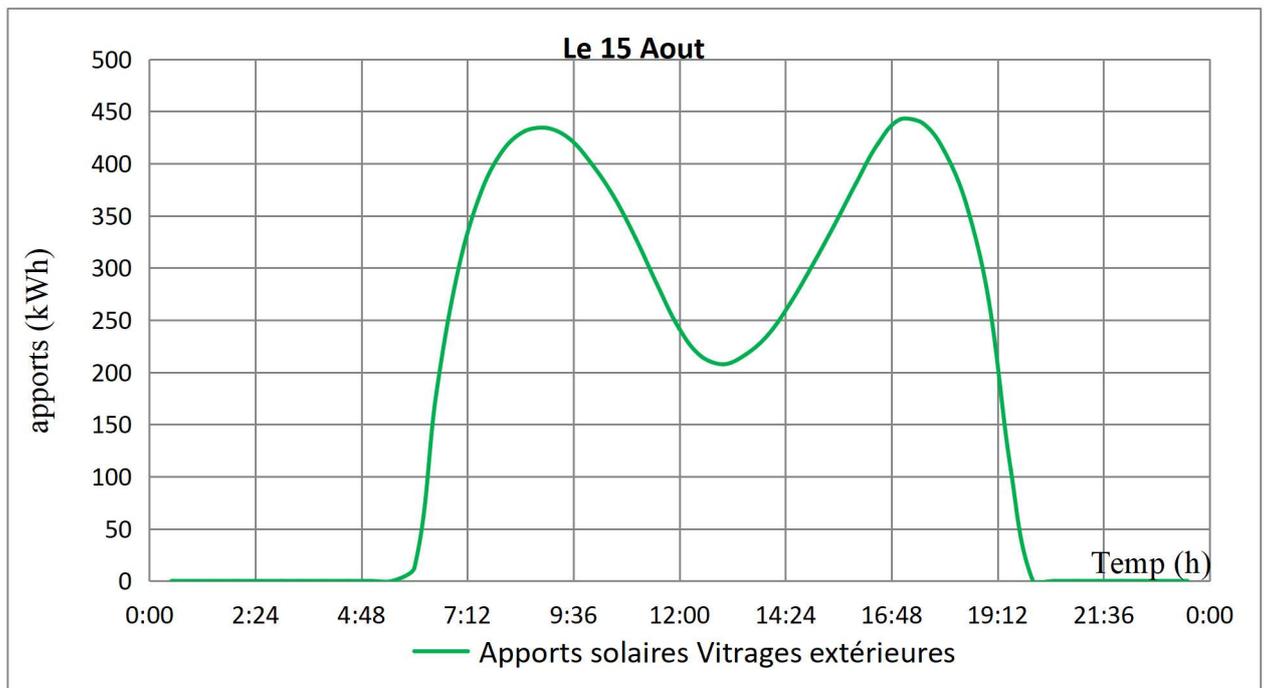


Figure 4.3: Apport solaires vitrage extérieure du bâtiment pour une seule journée d'été

En remarque que les apports solaires atteignent une valeur maximale 430kWh la matinée et 440kWh le soir.

Au milieu de la journée, le soleil est au centre du ciel, face au mur sud du bloc, qui ne contient pas une grande surface vitrée, contrairement à la paroi de l'Est et l'Ouest (**voir figure 4.4**).

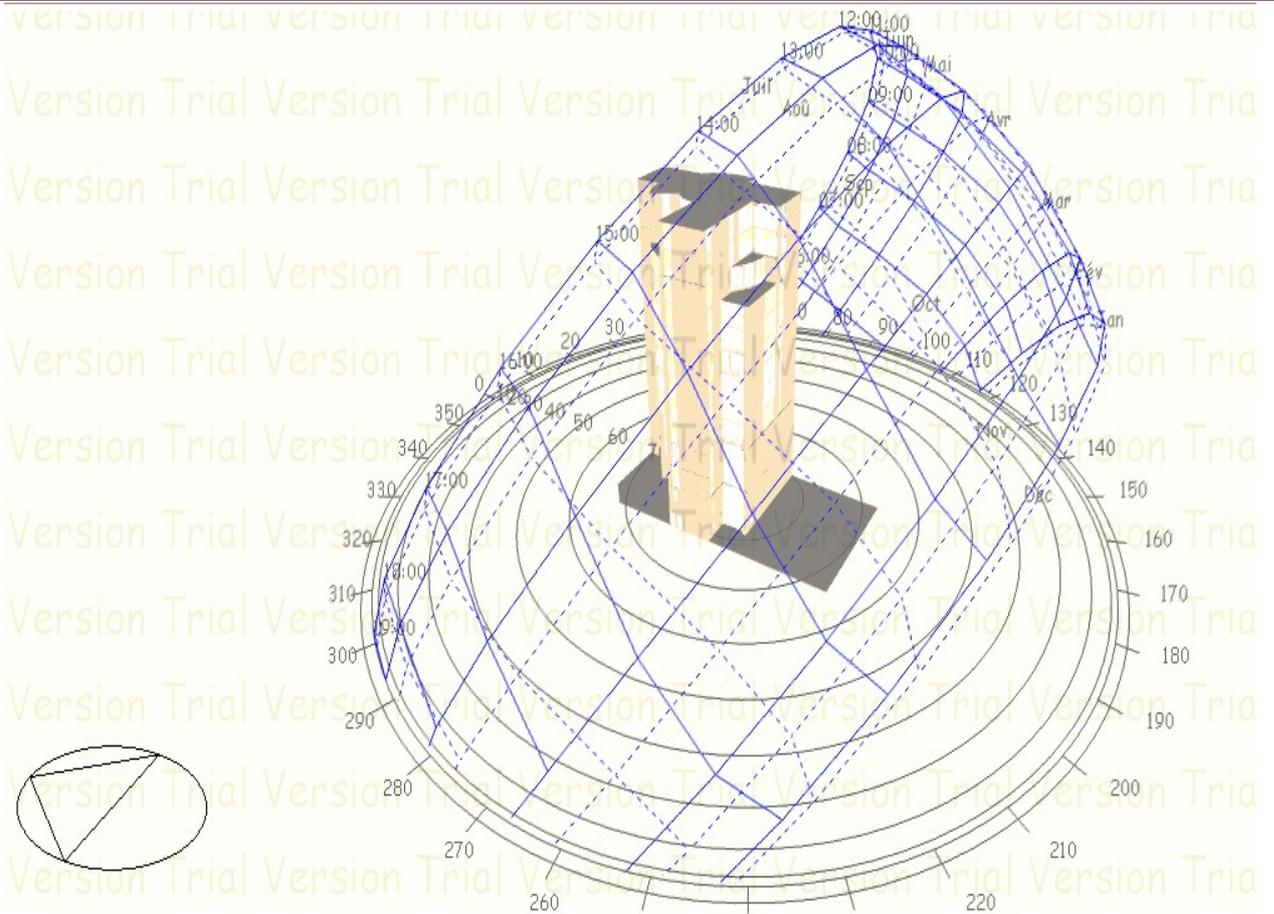


Figure 4.4: Position du soleil dans le ciel

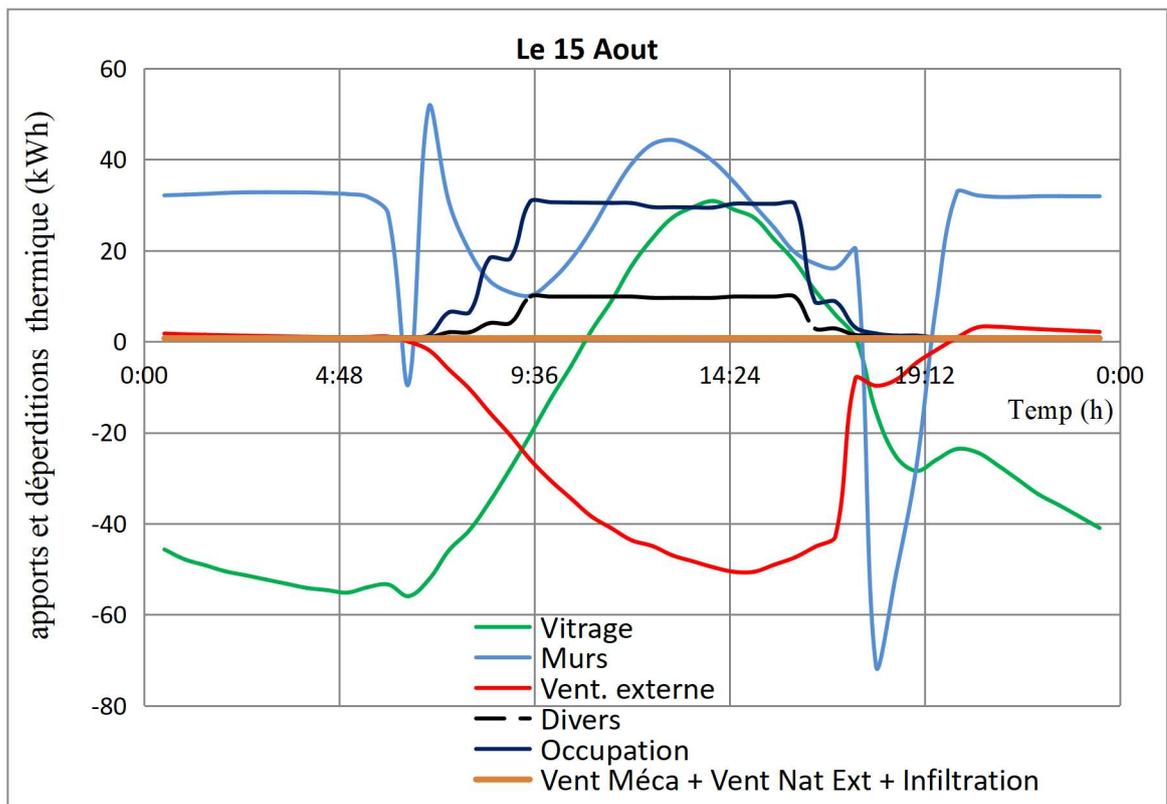


Figure 4.5: Apports et déperditions du bâtiment pour une seule journée d'été

D'après les figures 4.3 ,4.5, nous remarquons que la cause principale de la surchauffe est les apports solaires des vitrages extérieurs.

La chaleur solaire est stockée dans les parois qui les restituent quand la température radiante est plus grande que la température de l'air a l'intérieur du bâtiment.

2.3. Solutions proposés :

➤ **Utilisation du double vitrage moyennement réfléchissant et occultation :**

Afin de réduire la contribution solaire, nous avons remplacé le simple vitrage avec un double vitrage moyennement réfléchissant.

Tableau 4.1. Coefficients du bilan thermique du double vitrage moyennement réfléchissant.

	Coefficient U(W/m ² .°C)	Transparence %	Facteur solaire %
Double vitrage moyennement réfléchissant	1.6	30	39

Nous avons utilisé une occultation à l'intérieur avec des lamelles horizontales pendant la saison estivale.

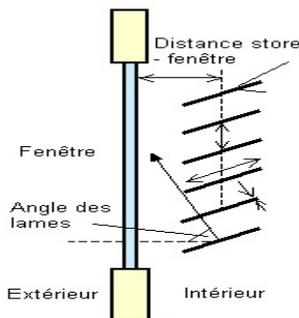


Figure 4.6: L'occultation utilisée dans le Bloc A1

La figure (4.7) montre l'effet de l'occultation et du double vitrage sur la réduction des apports solaires dans le bâtiment. Elle réduit presque 70% des apports solaire.

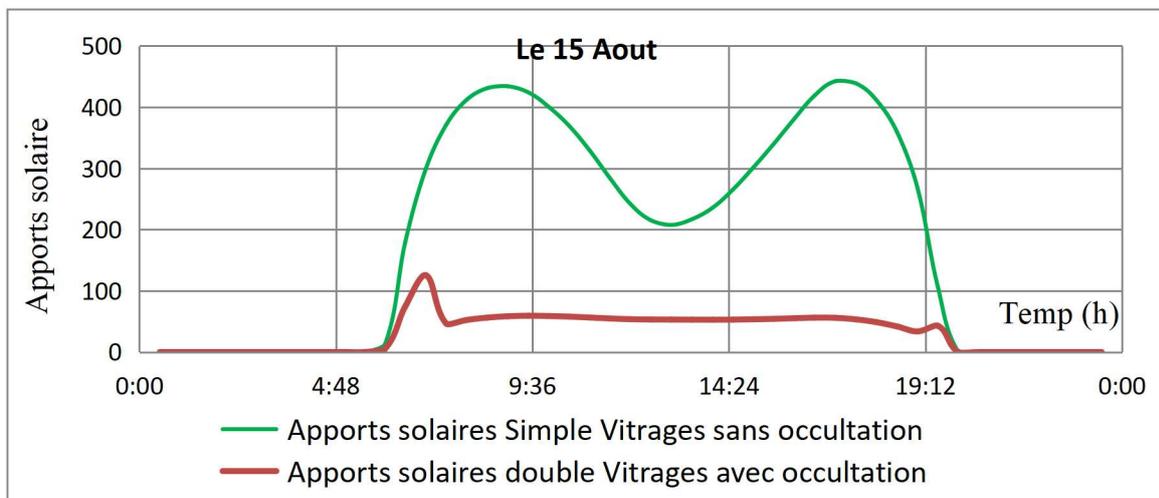


Figure 4.7: L'effet du double vitrage et l'occultation sur les Apports solaires

- Utilisation d'une ventilation naturelle pendant la nuit du 17 :00 au 7 :00 avec un débit de 0,6 vol/h:

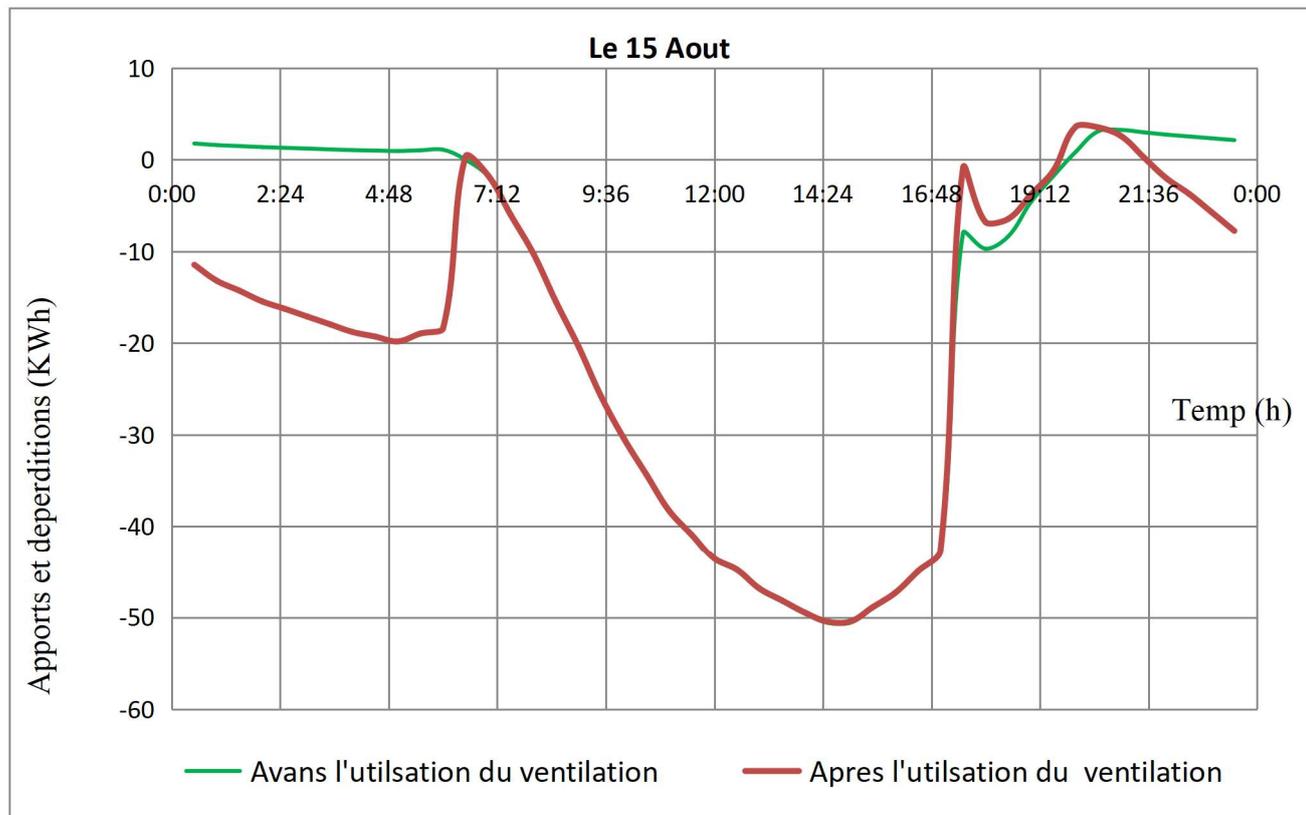


Figure 4.8: L'effet de la ventilation naturelle sur les apports et les déperditions.

Après les résultats qu'on obtenu, on remarque que les apports diminuent et les déperditions augmentent, ce qui influence positivement sur le bilan énergétique estival du bâtiment. La ventilation peut décharger le bâtiment de la chaleur accumulée en journée.

➤ **Isolation des Murs :** nous avons utilisé deux types d'isolation des murs :

a- Isolation intermédiaire :

L'isolation intermédiaire est une solution applicable pour le cas du nouveau siège de la CNL en mettant en place un isolant de 8 cm en liège entre la paroi intérieure en béton et la paroi extérieure en brique (**Figure 4.9**).

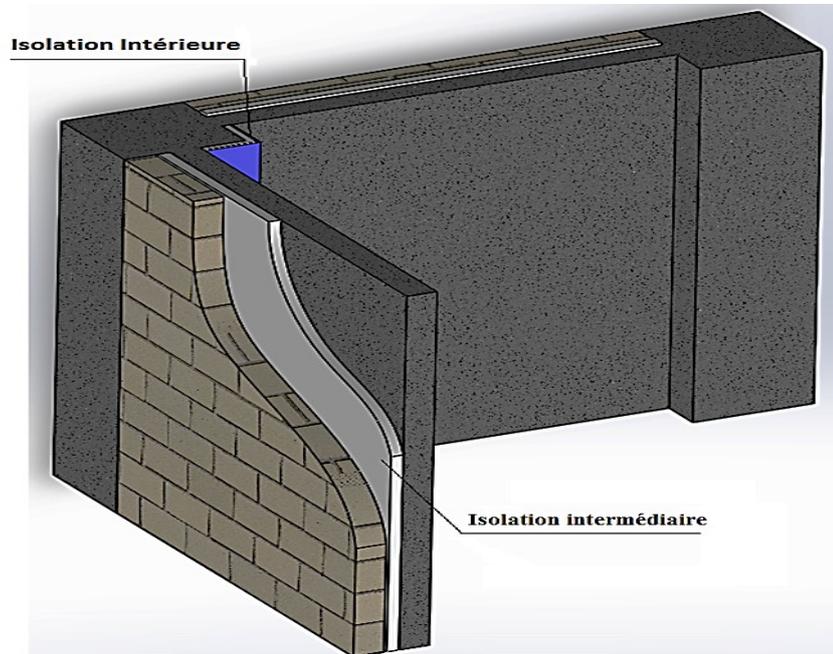


Figure 4.9: Vue 3D de mur extérieur avec isolation intermédiaire

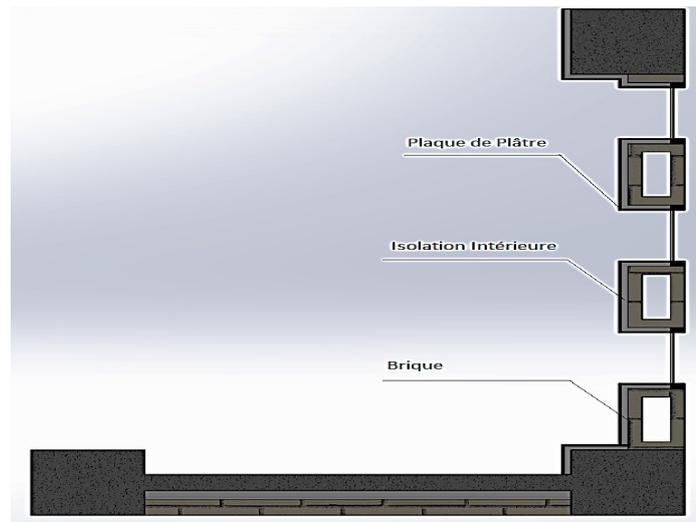
Cette technique est très intéressante si l'on considère ses performances thermiques aussi bien en termes de conductivité qu'en termes d'inertie. Une isolation intérieure est proposée pour les poteaux afin d'éviter les ponts thermiques. La composition de la paroi est présentée dans les tableaux suivants:

Tableau 4.2 : Caractéristiques du mur extérieur en voile avec isolation intermédiaire

Paroi	Couches	Épaisseur (m)	λ (W/m.°C)
Mur extérieur en voile avec isolation	1- Enduit plâtre	0,015	0,35
	2- Béton	0,200	1,75
	3- Liège	0,080	0,1
	4- Lamé d'air	0,020	-
	5- Briques creuses	0,200	0,48
	6- Mortier ciment	0,015	1,4

Tableau 4.3 : Caractéristiques du mur extérieur en maçonnerie avec isolation intermédiaire

Paroi	Couches	Épaisseur (m)	λ (W/m.°C)
Mur extérieur en maçonnerie avec isolation intermédiaire	1- Enduit plâtre	0,015	0,35
	2- Briques creuses	0,100	0,48
	3- Liège	0,080	0,1
	4- lame d'air	0,120	-
	5- Briques creuses	0,100	0,48
	6- Mortier ciment	0,015	1,4

**Figure 4.10**: Isolation de la maçonnerie en brique.**b- Isolation extérieure:**

L'isolation extérieure est très performante par rapport aux autres types d'isolation parce qu'elle peut éliminer le maximum des ponts thermiques, et l'effet de l'inertie devient très important pour améliorer le confort thermique. L'isolation extérieure pourra être réalisée avec les panneaux Aquapanel Outdoor (**Figure 4.11**).

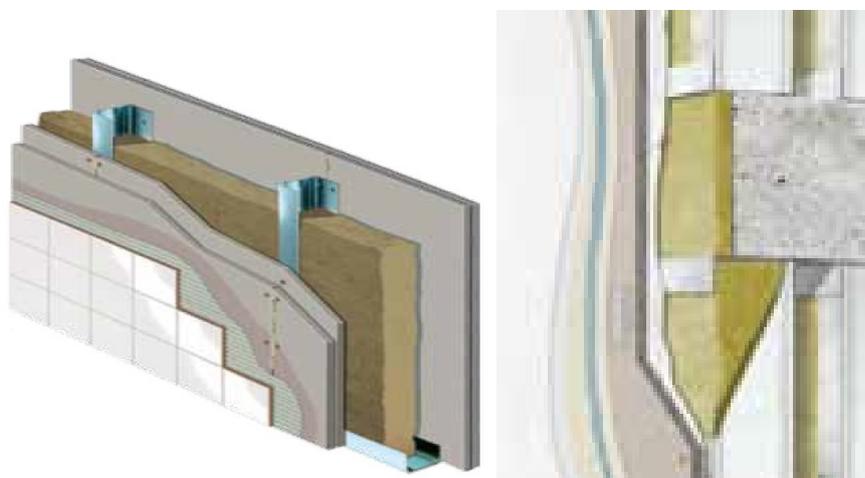
**Figure 4.11**: Le panneau Aquapanel

Tableau 4.4 : Synthèse des caractéristiques principales des plaques AQUAPANEL

Propriétés physiques	
Largeur (mm)	900/1200
Longueur (mm)	1200/2400/1250/2500 900/2000/2400/2500/2800/3000
Épaisseur (mm)	12,5 (sans l'isolant)
poids (kg/m ²)	16
Densité à sec (kg/m ³)	1150
Resistance à la flexion – minimum N/mm ²	0,65
Alcalinité (pH)	12
λ Conductivité thermique (W/mK)	0,04
Expansion Thermique (10 ⁻⁶ k)	7
Coefficient résistance diffusion d'eau (μ)	66

L'Aquapanel est une solution d'isolation thermique par l'extérieur, c'est une nouvelle génération pour les façades. L'Aquapanel est un système complet de bardage support de finitions sans joint apparent. Pour le nouveau siège de la CNL, l'Aquapanel pourra remplacer la maçonnerie en brique par une plaque de ciment contenant une couche d'isolation thermique en laine de verre installée sur une ossature métallique. Ce système d'isolation thermique a déjà bénéficié de l'Avis Technique du CNERIB. Ce type d'isolation présente une variation optimale pour la réduction des ponts thermiques et peut assurer des exigences strictes en ce qui concerne la performance thermique, acoustique et la résistance au feu. L'Aquapanel est une approche flexible pour une construction rapide et facile applicable aux bâtiments avec une hauteur moyenne et élevée.

Tableau 4.5 : Caractéristiques du Mur extérieur en voile avec isolation extérieure

Paroi	Couches	Épaisseur (m)	λ (W/m.°C)
Mur extérieur en voile avec isolation extérieure	1- Enduit plâtre	0,015	0,35
	2- Béton	0,200	1,75
	3- Lame d'air	0,200	-
	4- Aquapanel	0,10	0,04

Tableau 4.6 : Caractéristiques du mur extérieur en maçonnerie avec isolation extérieure

Paroi	Couches	Épaisseur (m)	λ (W/m.°C)
mur extérieur en maçonnerie avec isolation extérieure	1- Enduit plâtre	0,015	0,35
	2- Briques creuses	0,10	0,48
	3- Lame d'air	0,20	-
	4- Aquapanel	0,10	0,04

2.4. Comparaison d'évolution de la température intérieure du Bâtiment dans les trois cas étudiés (sans isolation, avec isolation intermédiaire et isolation extérieur) :

2.4.1. Période d'été (1^{ère} semaine d'Aout):

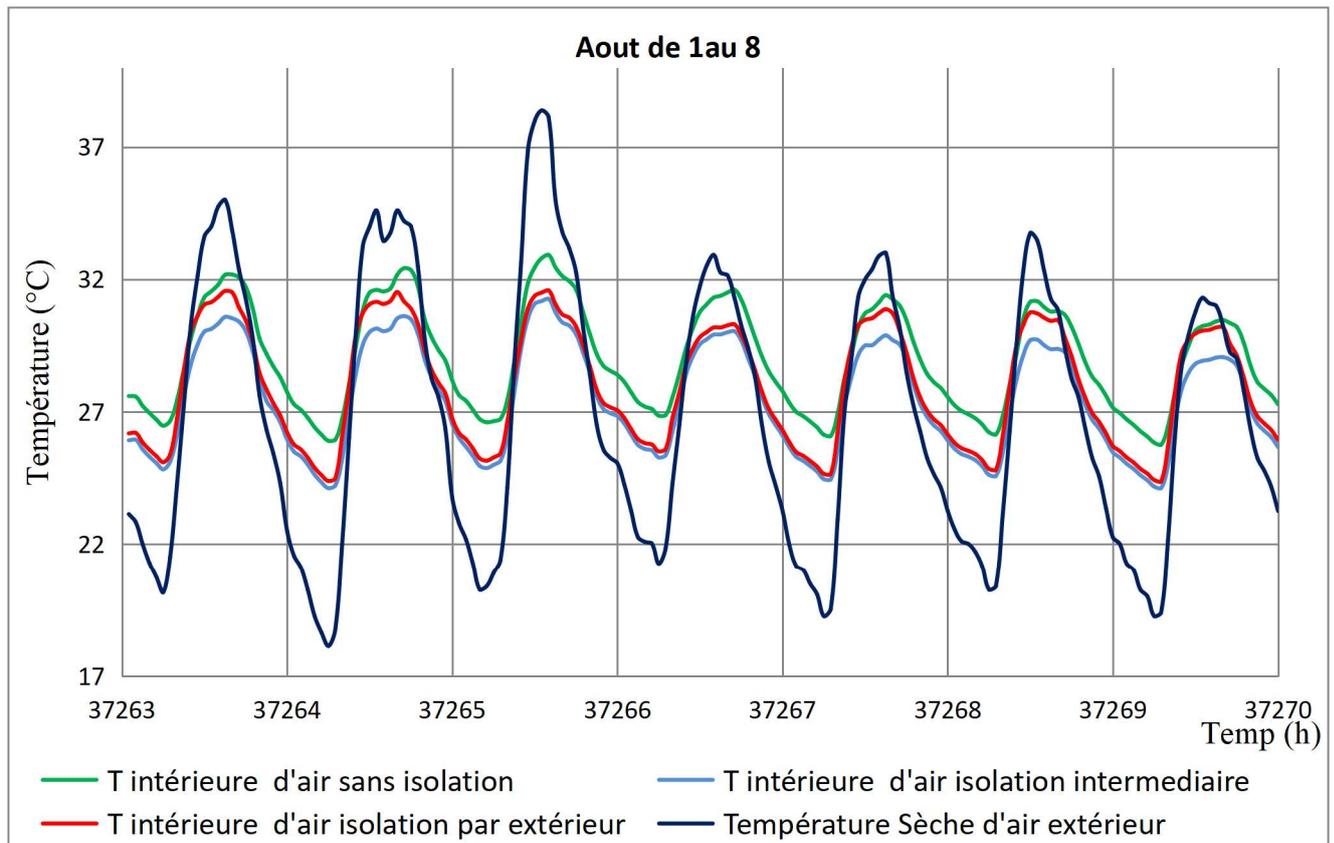


Figure 4.12: Evolution de la température intérieure du RDC pour les trois cas étudiés.

La Figure.4.12 montre l'effet de chaque type d'isolation de l'enveloppe du bâtiment sur la température intérieure du RDC. Pendant 1^{ère} semaine du mois d'Aout, nous constatons que les solutions proposées ont contribué à améliorer la température à l'intérieur du RDC on la diminuant de 1,5 à 2°C avec des températures à l'intérieur qui ne dépassent pas les 31,5 °C durant la journée et 27°C durant la nuit .

L'isolation intermédiaire est la meilleure solution côté de température à l'intérieure du RDC, dans la période d'été, parce que l'effet de l'inertie est moins important par rapport à celle de l'isolation par extérieure.

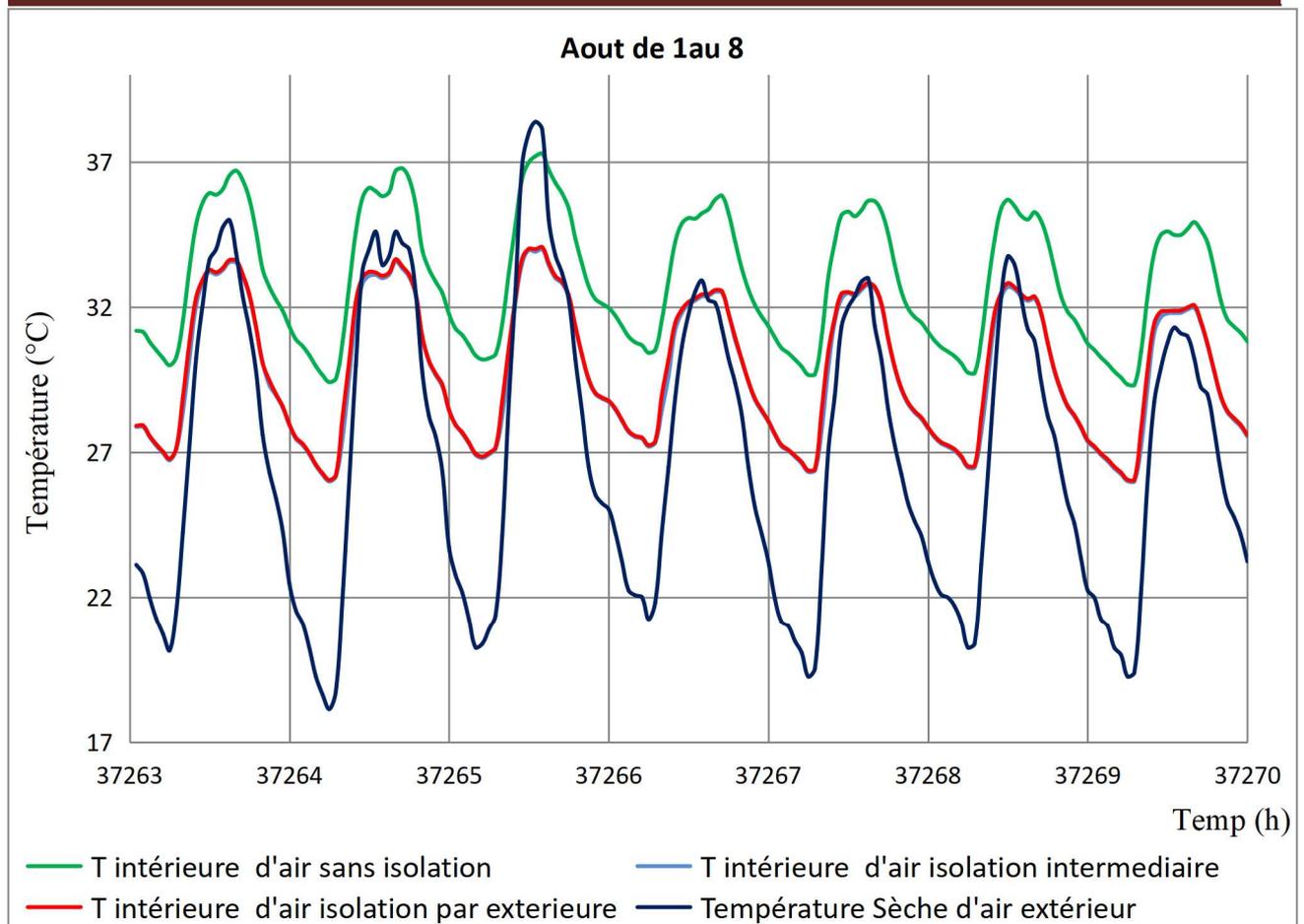


Figure 4.13: Evolution de la température intérieure du 6^{ème} étage pour les trois cas étudiés.

D'après la figure, on constate que l'isolation de vitrage et l'occultation ont efficacement contribué à améliorer la température à l'intérieur du 6^{ème} étage, elle varie en moyenne entre 25°C et 26°C avec un maximum de 27 °C.

Le type d'isolation utilisé n'a aucune influence sur les températures a l'intérieure du 6em étage , parce que la surface de vitrage est très importante dans ce étage.

L'isolation de vitrage et l'occultation ont considérablement amélioré la température à l'intérieur de la maison en la diminuent de presque 3°C.

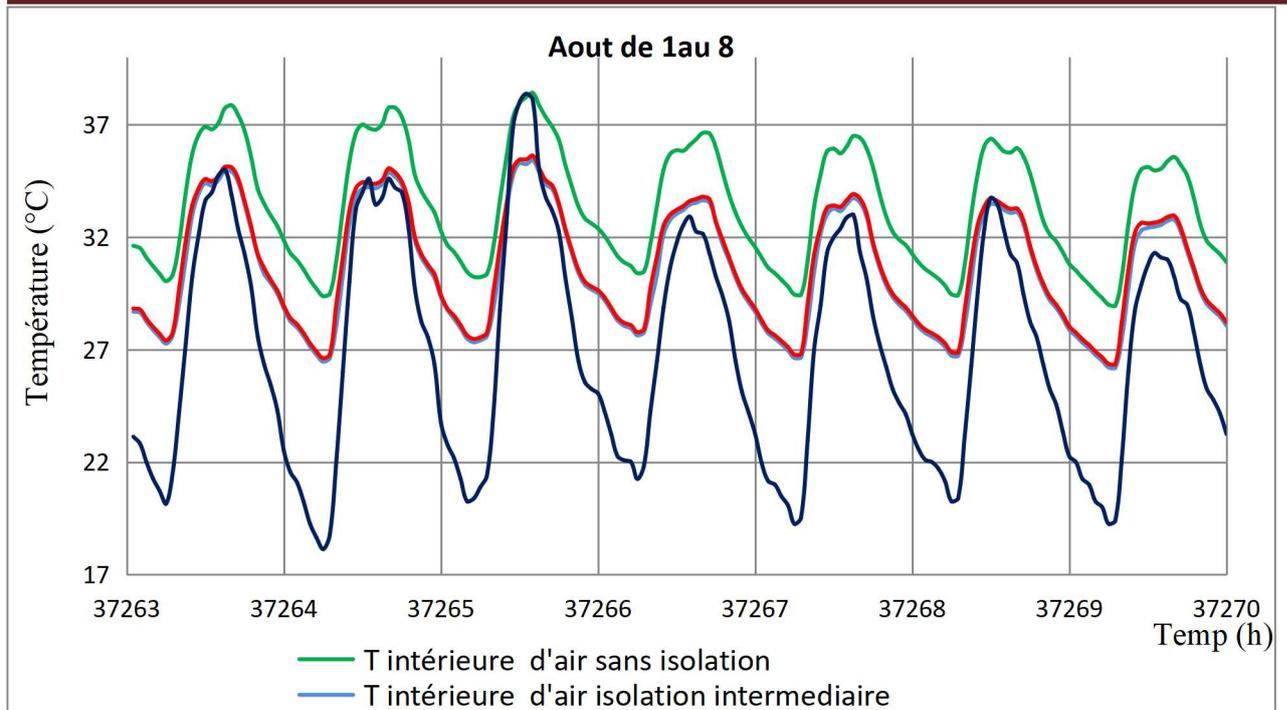


Figure 4.14: Evolution de la température intérieure du dernier étage pour les trois cas étudiés.

La Figure (4.14) montre l'évolution de la température intérieure du dernier étage pour les trois cas étudiés. Mêmes remarques de la figure précédente.

2.4.2. Période d'hiver (Dernière semaine de Janvier):

La Figure suivante montre l'effet de l'isolation sur la température intérieure du RDC.

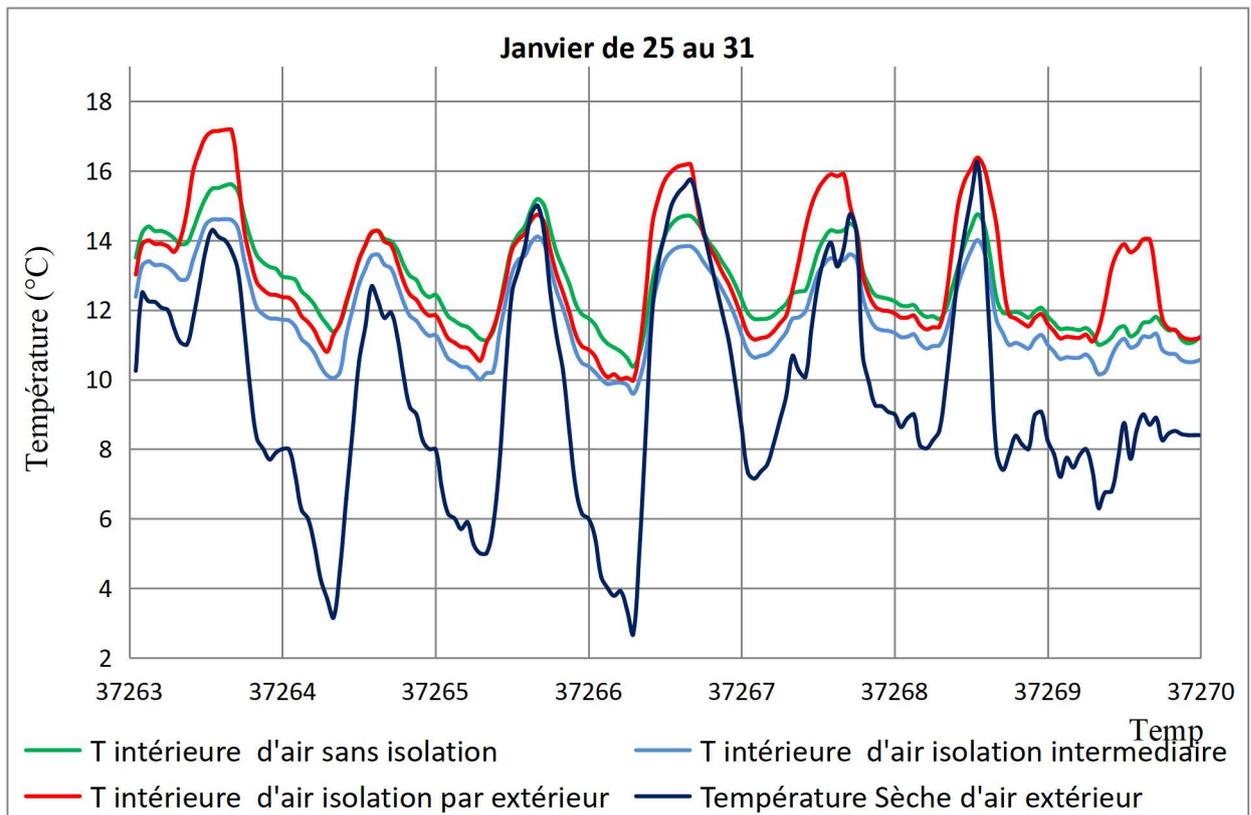
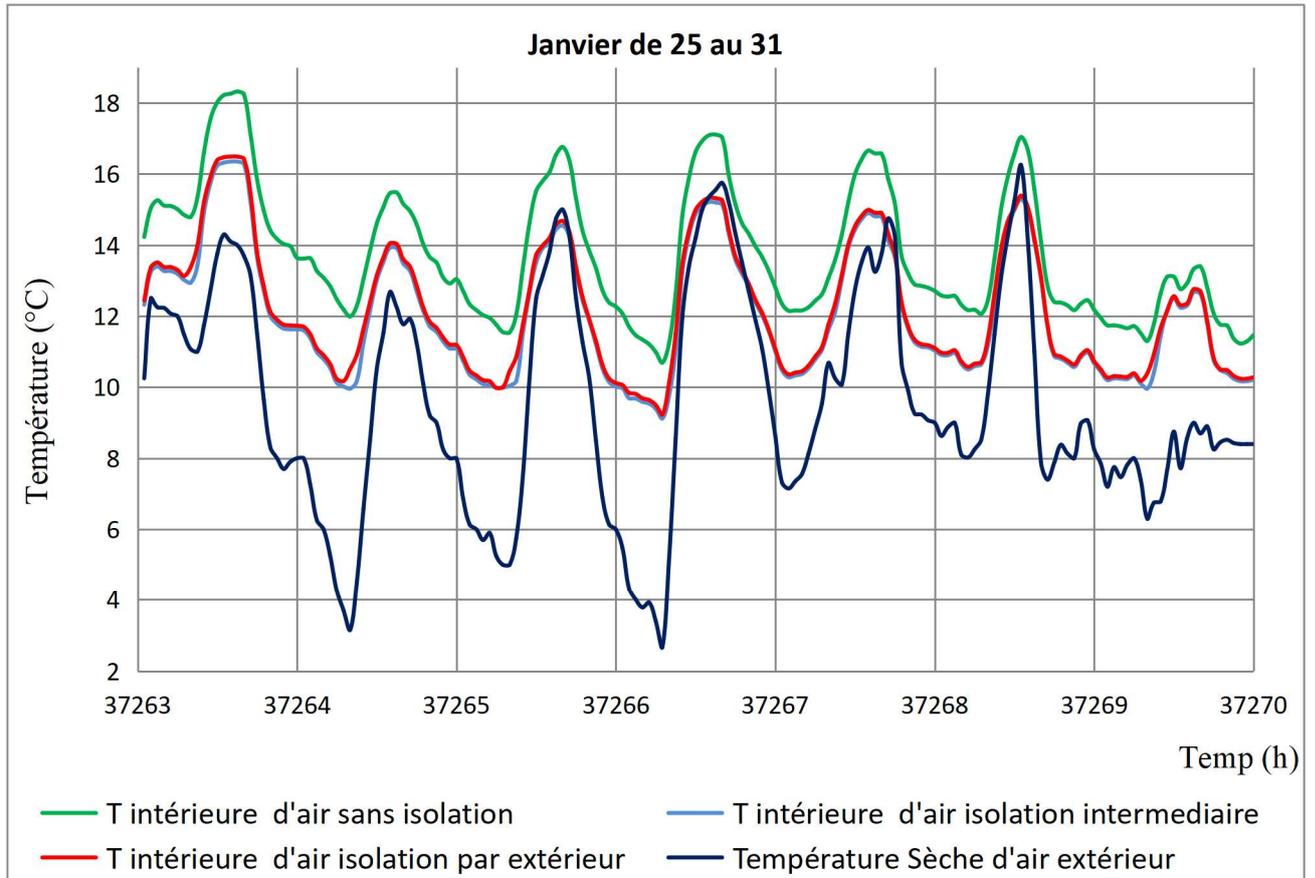


Figure 4.15: Evolution de la température intérieure du RDC pour les trois cas étudiés.

Pour la dernière semaine du mois de Janvier, nous constatons que l'isolation par extérieur a efficacement contribué à améliorer la température à l'intérieur du RDC, avec l'isolation extérieure en atteint une augmentation de 1 à 2 °C. Au contraire, la température a chuté à un degré Celsius pour l'isolation intermédiaire. On remarque que l'isolation extérieure est la plus intéressante.

**Figure 4.16:** Evolution de la température intérieure du 6^{ème} étage pour les trois cas étudiés.

La figure présente l'évolution de la température de l'air extérieure et celles du 6^{ème} pour les différents cas étudiés.

D'après la figure 4.16, on constate que la température avec isolation et solution énergétique proposé a diminué avec une valeur de 1,5 °C à cause de la diminution des apports solaires.

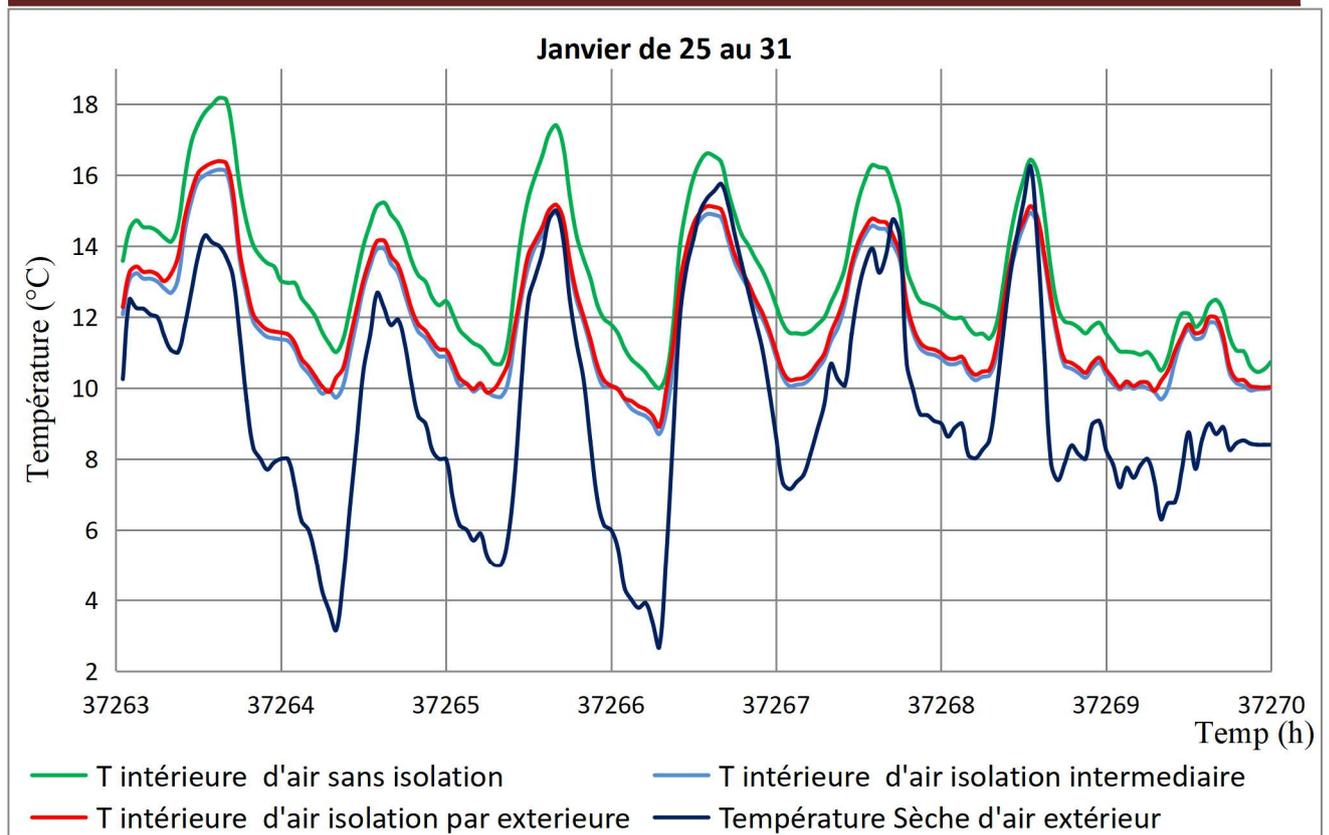


Figure 4.17: Evolution de la température intérieure du dernier étage pour les trois cas étudiés.

La Figure 4.17 montre l'évolution de la température intérieure du dernier étage pour les trois cas étudiés. Mêmes remarques de la figure précédente.

3. Comparaison entre les besoins (chauffage et climatisation) avec et sans isolation :

3.1. En chauffage :

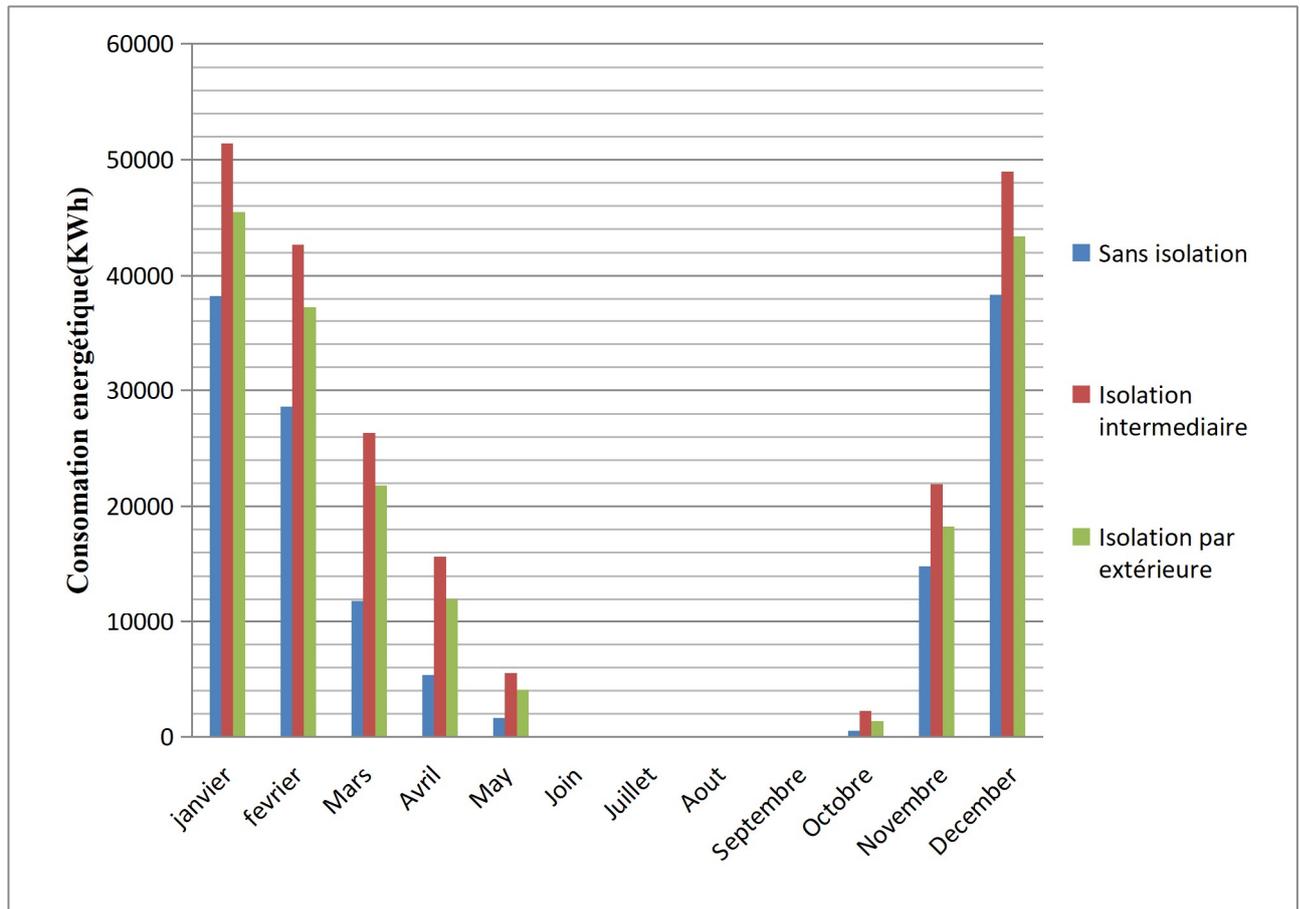


Figure 4.18. Les besoins mensuels en chauffage avec isolation et sans isolation du Bâtiment.

La **figure 4.18** montre les besoins mensuels en chauffage pour les trois cas étudiée avec et sans isolation. Nous constatons que le bloc sans solutions proposées consomme moins qu'avec isolation et changement de type de vitrage.

La consommation est maximale au mois de janvier pour les 3 cas étudiés par ce qu'il est le mois le plus froid.

Les données de ce graphe nous donnent une idée précise sur l'impact des apports solaires réduit par le double vitrage moyennement réfléchissant sur le confort thermique, et la consommation énergétique pendant la saison hivernal.

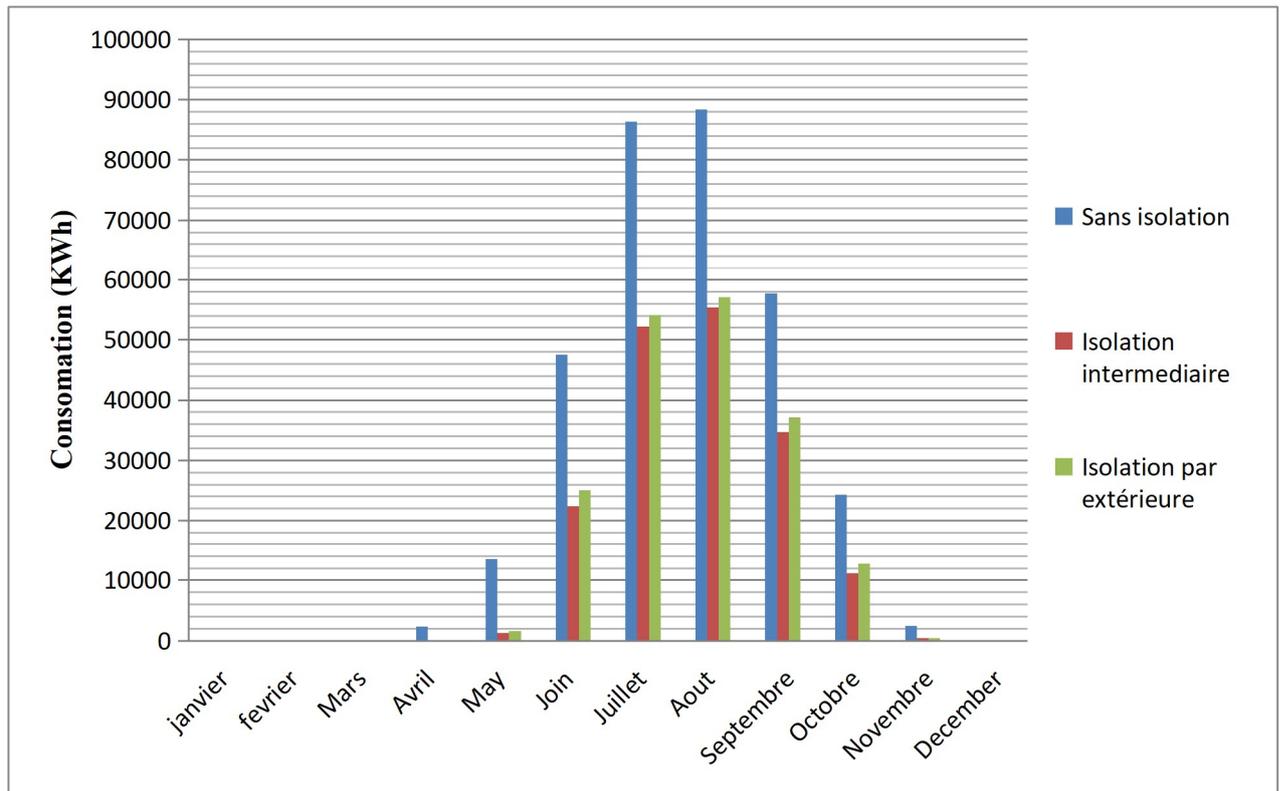
3.2. En climatisation :

Figure 4.19. Les besoins mensuels en climatisation avec et sans isolation du Bâtiment

La **figure 4.19** donne les besoins mensuels en climatisation pour le bloc A1 du CNL étudiée avec isolation (intermédiaire, extérieur) et sans isolation. D'après les résultats le bloc avec isolation consomme moins d'énergie que sans isolation.

La consommation est maximale au mois d'Aout pour les 3 cas étudiés par ce qu'il est le mois le plus chaud.

En période d'été l'isolation par extérieur avec l'Aquapanel est mieux que l'isolation intermédiaire.

3.3. Total de l'année :

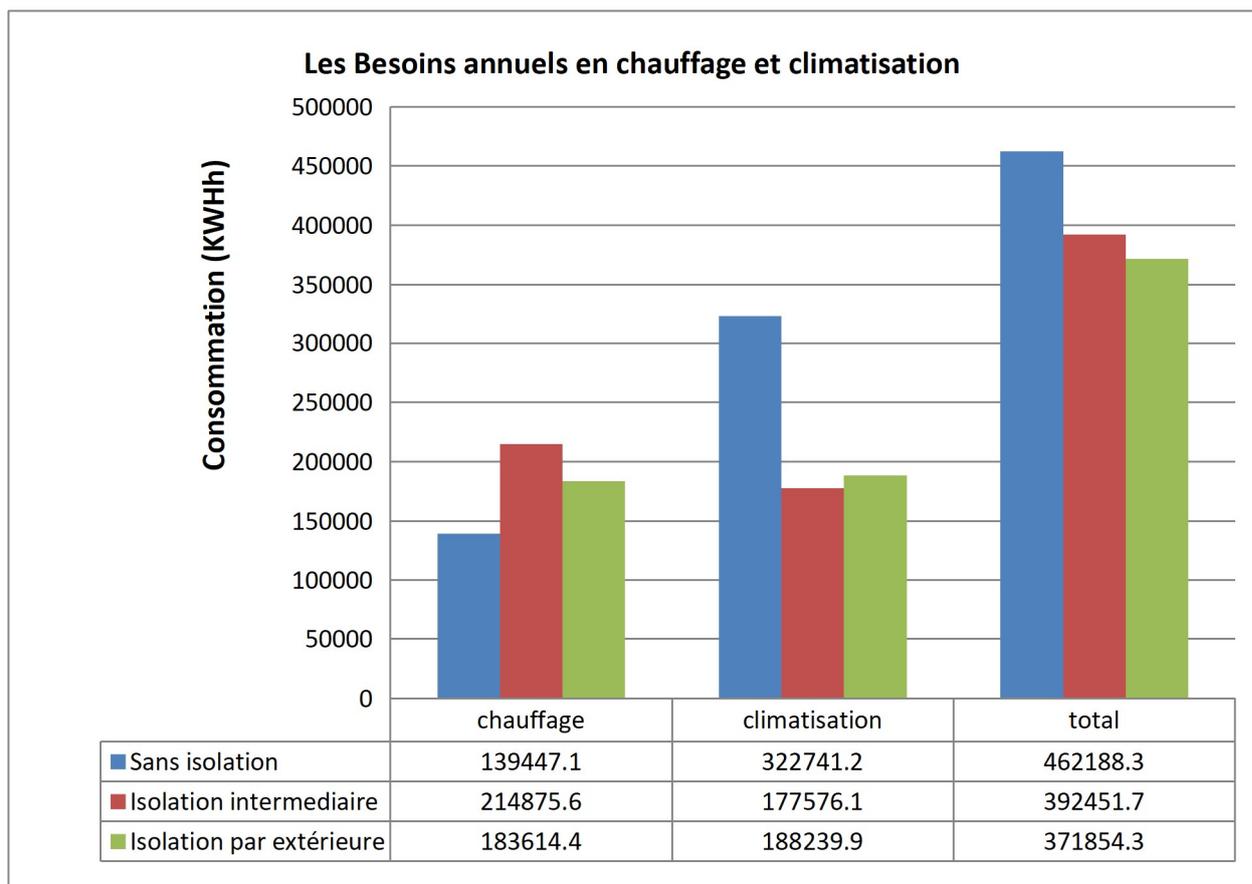


Figure 4.20. Les besoins annuelles en climatisation avec et sans isolation du Bâtiment

La figure représente les besoins annuels en chauffage et climatisation de la maison pour les trois cas étudié (sans isolation, isolation par extérieur et intermédiaire), on remarque que l'isolation extérieur (avec l'occultation et l'isolation de vitrage) est la plus intéressante en effet de consommation annuelle total représente 371854,3 kWh avec un gain de **90334 kWh (19,54%)** par rapport à l'isolation intermédiaire (avec l'occultation et l'isolation de vitrage) 392451.7kWh avec un gain de **69736.6 kWh (15,09%)**.

4- estimation de la réduction des émissions des gaz effet de serre :

L'effet de serre est un processus naturel résultant de l'influence de l'atmosphère sur les différents flux thermiques contribuant aux températures au sol d'une planète. L'usage de l'expression effet de serre s'est étendu dans le cadre de la vulgarisation du réchauffement climatique causé par les gaz à effet de serre qui bloquent et réfléchissent une partie du rayonnement thermique [32].

4.1. Les gaz à « effet de serre » :

Les gaz à effet de serre sont des composants gazeux de l'atmosphère qui contribuent à l'effet de serre (sans perdre de vue que l'atmosphère contient d'autres composants non gazeux qui contribuent à l'effet de serre, comme les gouttes d'eau des nuages sur Terre). Ces gaz ont pour caractéristique commune d'absorber une partie des infrarouges émis par la surface de la Terre.

Les principaux gaz à effet de serre sont la vapeur d'eau, le dioxyde de carbone (CO_2), le méthane (CH_4), l'oxyde nitreux (ou protoxyde d'azote, de formule N_2O) et l'ozone (O_3).

Contributions approximatives à l'effet de serre des principaux gaz, d'après le GIEC[33] :

- vapeur d'eau : 60 %
- dioxyde de carbone : 26 %
- ozone : 8 %
- méthane et oxyde nitreux : 6 %

4.2. Le gaz naturel

Le gaz naturel est composé à 95 % de méthane, à moins de 4 % d'éthane et d'azote, ainsi qu'à 1 % de dioxyde de carbone et de propane. Il provient de la transformation naturelle, pendant des millions d'années, de matières organiques [34].

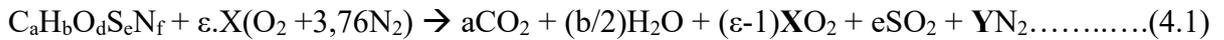
Le méthane est un gaz de la famille des hydrocarbures. Un hydrocarbure est un composé organique qui ne contient que des atomes de carbone et d'hydrogène. Avec un seul atome de carbone et quatre atomes d'hydrogène, le méthane (CH_4) est l'hydrocarbure le plus simple.

Les techniques de production de l'électricité sont diverses. Elle est produite en produisant ce type de charbon, du gaz ou du pétrole (énergie fossile). On en produit également grâce à la fission nucléaire dans des réacteurs. Lorsqu'on utilise l'eau avec des grands barrages et des turbines, la méthode s'appelle l'hydroélectricité ou énergie hydraulique.

En Algérie, le pourcentage de production de l'électricité dont la source est le gaz naturel, est égale à 97,8 % [35].

4.3. Les formules utilisées dans les calculs :

La formule générale de combustion d'un carburant est [36,37] (Les émissions du NO_x et CO sont négligés) :



Les valeurs de X et Y sont calculées à partir des équations suivantes :

$$X = (a + \frac{b}{4} + e - \frac{d}{2}) \dots\dots\dots(4.2)$$

$$Y = 3,76.\varepsilon.X + \frac{f}{2} \dots\dots\dots(4.3)$$

Nous pouvons calculée le facteur d'émissions du CO₂ par les carburants par l'équation suivante :

$$M_{CO_2} = \frac{\alpha_{CO_2}}{M} \equiv \frac{Kg\ CO_2}{kg\ carburant} \dots\dots\dots(4.4)$$

M_{CO_2} : Le facteur d'émissions du CO₂ .

M : la masse molaire de carburant

tell que : $M = 12a + b + 16d + 32e + 14f \dots\dots\dots(4.5)$

L'émission totale du CO₂ est calculée avec la consommation totale du carburant par l'équation:

$$E(CO_2) = M_{CO_2} \cdot M_F = \frac{44a}{M} \cdot M_F \dots\dots\dots(4.6)$$

M_F : la consommation totale du carburant Calculée par :

$$M_F = \frac{Q_l}{H_u \cdot \mu_s} \dots\dots\dots (4.7)$$

Tell que :

Q_l : Perte de chaleur totale par an (J/an)

H_u : Valeur de chauffage plus faible du carburant (J/m³)

μ_s : Efficacité du système de chauffage.

Le tableau suivant contient les valeurs de ces paramètres [38].

Paramètre utilisé dans les calculs	valeur
H_u	34,54.10 ⁶ j/m ³
μ_s	93 %

Tableau 4.7. Les paramètres utilisés dans les calculs

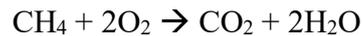
4.4. Calcul de réduction de l'émission du CO₂ :**4.4.1. La formule de combustion du gaz naturel (méthane CH₄) :**

D'après l'équation 4.1 : a = 1, b = 4 et d = e = f = 0

D'après l'équation 4.2 : $X = (1 + \frac{4}{4} + 0 - \frac{0}{2}) = 2$

D'après l'équation 4.3 : $Y = 3,76 \cdot \varepsilon \cdot 2 + \frac{0}{2} = 7,52 \cdot \varepsilon$

Alors on trouve que la formule de combustion de méthane s'écrit de la forme :

**4.4.2. Calcul de facteur d'émission du CO₂ :**

D'après les équations 4.4 et 4.5 :

$$M_{\text{CO}_2} = \frac{44 \times 1}{12 \times 1 + 4 \times 1} = 2,75 \frac{\text{Kg CO}_2}{\text{kg carburant}}$$

4.4.3. Calcul de la réduction de la consommation totale du gaz naturel : (équation 4.7)**1^{er} cas : isolation intermédiaire :**

$$Q_1 = 69736,6 \text{ kWh/an} = 2,51 \cdot 10^{11} \text{ j/an}$$

$$M_F = \frac{2,51 \times 10^{11}}{34,54 \times 10^6 \times 0,93} = 7,78 \cdot 10^3 \text{ m}^3/\text{an}$$

2^{em} cas : isolation par extérieure :

$$Q_1 = 90334 \text{ kWh/an} = 3,25 \cdot 10^{11} \text{ j/an}$$

$$M_F = \frac{3,25 \times 10^{11}}{34,54 \times 10^6 \times 0,93} = 1,01 \cdot 10^4 \text{ m}^3/\text{an}$$

4.4.4. Calcul de la réduction des émissions du CO₂ : (équation 4.6)**1^{er} cas : isolation intermédiaire :**

$$E(\text{CO}_2) = M_{\text{CO}_2} \times M_F = 7,78 \cdot 10^3 \times 2,75 = 2,14 \cdot 10^4 \text{ m}^3/\text{an}$$

2^{em} cas : isolation par extérieure :

$$E(\text{CO}_2) = M_{\text{CO}_2} \times M_F = 1,01 \cdot 10^4 \times 2,75 = 2,78 \cdot 10^4 \text{ m}^3/\text{an}$$

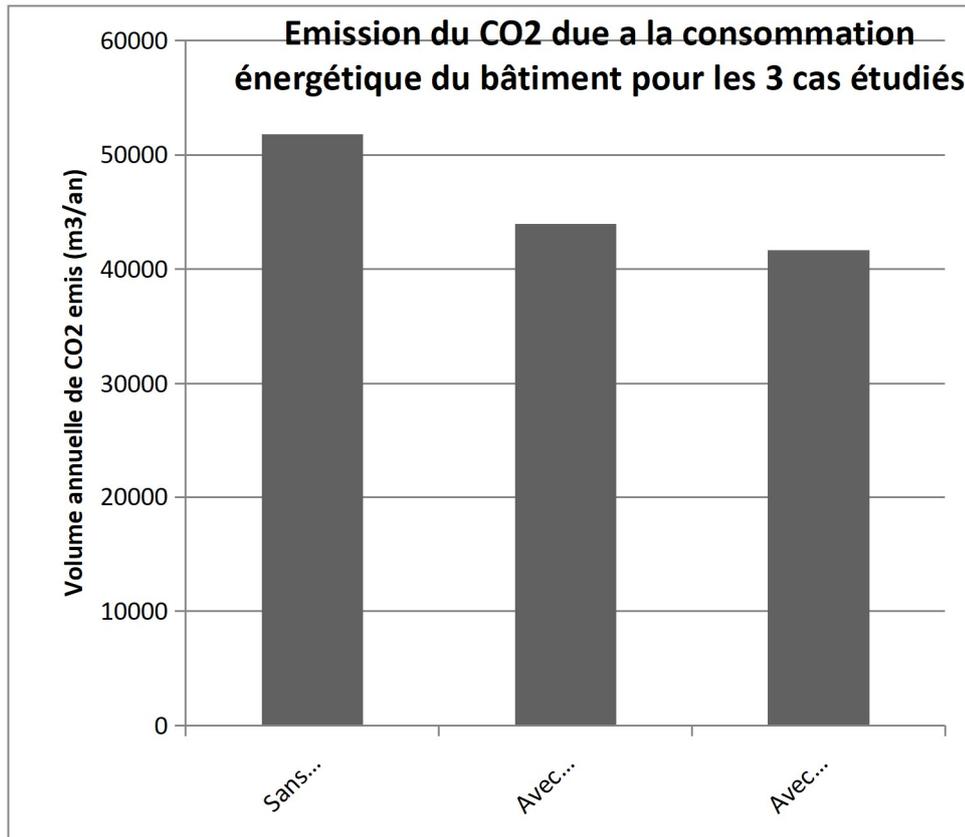


Figure 4.21. Emission du CO₂ due à la consommation énergétique du bâtiment pour les 3 cas étudiés

La figure 4.21 donne les valeurs des émissions de CO₂ due à la consommation énergétique du bâtiment pour le bloc A₁ du CNL étudiée avec isolation (intermédiaire, extérieure) et sans isolation.

5. Conclusion :

Pour la saison estivale, l'énergie solaire transmise au bloc A₁ par l'intermédiaire des vitrages a entraîné la surchauffe de l'air par effet de serre. L'ensemble des apports thermiques ne contribue pas instantanément à l'élévation de la température ambiante d'un local.

L'étude que nous avons faite, distingue les sources de chaleur internes et externes au bâtiment, c'est-à-dire les parties actives, des parties passives comme les surfaces extérieures, les vitres, la toiture et trouve des solutions efficaces.

Lorsque la température extérieure est plus élevée que la température intérieure (nuit), la ventilation des locaux augmente la charge thermique à éliminer.

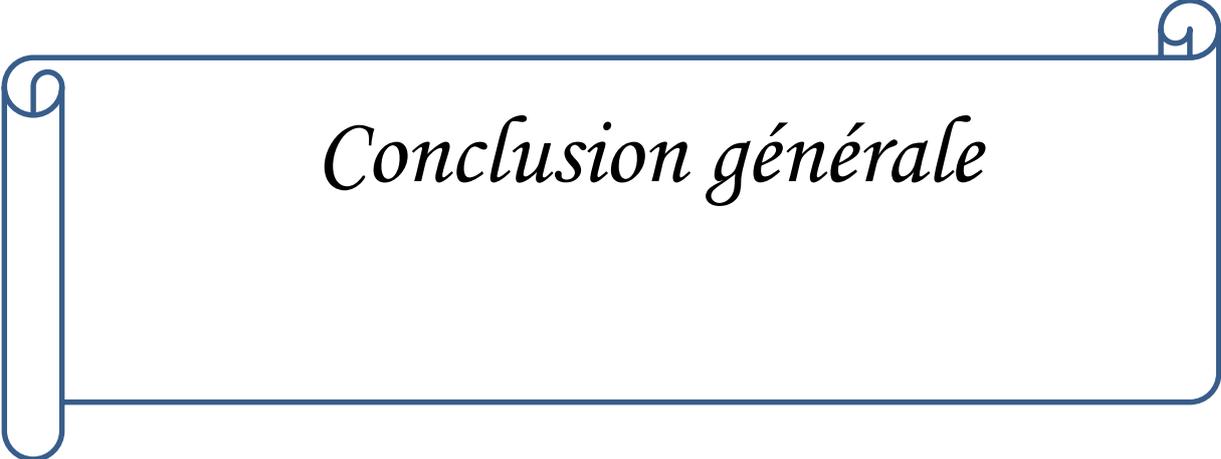
L'utilisation du Double vitrage moyennement réfléchissant avec occultation diminue les apports solaires avec un pourcentage de 70%, ce qui influe directement sur le confort d'été et la consommation d'énergie en climatisation.

Pour la saison hivernal, nous constatons que les paramètres qui influent sur la température à l'intérieure du bâtiment sont:

- La diminution des apports solaires due au facteur solaire S_w qui est petit pour le double vitrage par rapport au simple vitrage. (effet négatif sur le confort thermique hivernal du bâtiment)
- La diminution des déperditions thermiques à travers les parois isolées. (effet positif sur le confort thermique hivernal du bâtiment).
- Le pourcentage de la surface vitrée par rapport à la surface totale de l'enveloppe de chaque étage.

Le vitrage réfléchissant réduit l'éclairage naturel également, et il a un comportement totalement négatif en hiver, car il réduit les apports solaires.

Le taux d'énergie solaire passant à l'intérieur d'un bâtiment (ce que l'on appelle le facteur solaire) doit être élevé en hiver, pour que le bâtiment puisse bénéficier des apports solaires, et bas en été pour éviter les surchauffes.



Conclusion générale

Conclusion générale

Le confort thermique constitue actuellement un enjeu majeur dans le secteur du bâtiment, pour situer le problème du confort thermique, nous avons analysé les connaissances existantes en matière de confort thermique dans le bâtiment à travers une étude bibliographique. Cette étude nous a permis de comprendre la complexité de ce sujet à travers sa pluridisciplinarité.

L'objectif visé à travers ce travail de recherche, est d'étudier la problématique du confort thermique relative à notre cas d'étude (CNL Bloc A1), chercher une adéquation entre la conception du bâtiment, le climat et l'environnement dans lequel il est intégré.

Pour le confort thermique des bâtiments tertiaires, le problème qui se pose souvent est celui du confort d'été.

Les résultats montrent que le choix de l'enveloppe du bâtiment a une incidence notable sur le confort thermique, elle est toujours considérée comme étant l'élément principal de la régulation thermique des échanges de chaleur entre l'intérieur et l'extérieur. Le comportement thermique de ces surfaces, vis-à-vis de la radiation solaire et de la température, joue un rôle très important dans la détermination des conditions du confort dans les espaces intérieurs.

Pour limiter les consommations de chauffage, il est tout d'abord nécessaire de limiter les déperditions et maximiser les gains solaires.

En été, les niveaux de température intérieure atteints dans un bâtiment non climatisé dépendent principalement de la température extérieure, des apports internes de chaleur, des apports de chaleur dus au soleil, de la ventilation et de l'inertie du bâtiment. En fonction de l'orientation, Il s'agit essentiellement de réduire les apports de chaleur extérieure dus à :

- La pénétration directe du soleil par les surfaces vitrées (effet de serre) ;
- La pénétration indirecte par les murs extérieurs et la toiture.

Afin d'éviter la surconsommation énergétique d'un Bâtiment tertiaire, rend nécessaire non seulement l'isolation des murs mais il faut utiliser des vitrages à basse émissivité et l'utilisation des protections solaire bien étudiés.

D'après la recherche bibliographique et les résultats obtenus en partie simulation, on a pu souligner quelques recommandations :

- ✓ Il faut faire une étude spéciale concernant le débit de la ventilation nocturne.
- ✓ L'isolation par intérieure peuvent être une solution de la surchauffe estivale.
- ✓ L'utilisation d'une protection solaire installé à l'extérieure peut réduit les apports solaire mieux que la protection installé à l'intérieure.

Le choix d'une démarche de conception bioclimatique favorise l'économie d'énergie et permet de réduire les dépenses de chauffage et de climatisation.

Références :

- [1] : IEA : Agence international de l'énergie, World : Balance for (2014).
- [2] : Rapport de GIEC le groupe d'experts Intergouvernemental sur l'évolution du climat (2012).
- [3] : CLIMAT.BE Le site fédérale belge <http://www.climat.be/fr-be/>
- [4] : APRUE, Consomation Energétique Final de l'Algerie Edition (2014) (chiffre clé 2012).
- [5] : IEA : Agence international de l'énergie, Algerie: Balance for (2014).
- [6] : Esteban Emilio Montenegro Iturra « Impact de la configuration des bâtiments scolaires sur leur performance lumineuse, thermique et énergétique. » Thèse de doctorat Faculté des études supérieures de l'Université Laval. Canada .p164 (2011).
- [7] : Givoni B., « L'homme, l'architecture et le climat » Editions du Moniteur, France. p39 (1978).
- [8] : Barles, Pierre et Barreau, Christophe. Radiateurs à eau chaude. Des performances à la mise en oeuvre. s.l. : JMG Editions / PYC LIVRES.com, (2000).
- [9] : Document énergie plus (2012).
- [10] : Martinet, C. et Meyer, J.P. Travail à la chaleur et confort thermique. s.l. : Institut Nationale de Recherche et de Sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelle, p. 59 (1999).
- [11] : Thellier ,Françoise. «L'homme et son environnement thermique – Modélisation». Université de Paul Sabatier de Toulouse, p 65 (1999).
- [12] : Liébard, A.et De Herde, (2005).
- [13] : Bruant, M. « Développement et paramétrages de contrôleurs flous multicritères du confort d'ambiance », in Conception en bâtiment et techniques urbaines, I.N.S.A (Institut National des Sciences Appliquées) de Lyon, France.(1997)
- [14] : Hugues Boivin « la ventilation naturelle Développement d'un outil d'évaluation du potentiel de la climatisation passive et d'aide à la conception architecturale », mémoire de maitrise, université Laval, Québec, p 115 (2007).
- [15] : Nicolas Morel et Edgard Gnansounou, Energétique du bâtiment (nouvelle édition du cours précédemment donné par Claude-Alain Roulet et Arnaud Dauriat), Septembre 2007.
- [16] : Les essentiels de l'habitat, Introduction à la physique des Bâtiment (2012).
- [17] : DTR document technique réglementaire C3.2 Réglementation thermique des Bâtiments d'habitation (2007).

-
- [18] : UCL – Architecture et climat Guide d'aide à la conception, Isolation thermique par l'intérieur des murs existants en briques pleines, financé par la DGO3 du service public de Wallonie, (2010).
- [19] : Tilmans A. et al, Isolation des murs existants par l'intérieur : diagnostic, CSTC-Contact (2012).
- [20] : Guide d'isolation thermique. Agence Départementale d'information sur le logement du loiret (2013).
- [21] : LEHR Low Energy Housing Retrofit RENOVATION BASSE ENERGIE DES LOGEMENTS rassemblant trois équipes de recherches (PHP/PMP, Architecture et Climat - UCL, CSTC) pour le compte de l'Etat belge - SPP Politique (2012).
- [22] : Edition 2014, Ministère de l'Energie et des Mines Agence Nationale pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'Energie, Consommation Energétique Finale de l'Algérie Chiffres clés Année 2012, (2014).
- [23] : Bilan énergétique national 2014 RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE Ministère de l'Energie, (2015).
- [24] : Tendances de l'efficacité énergétique dans les pays du bassin méditerranéen, Rapport élaboré par le réseau MEDENER (Association méditerranéenne des agences nationales de maîtrise de l'énergie), Projet MED-IEE : Indicateurs d'Efficacité Energétique pour la Méditerranée (2014).
- [25] : Philippe Tessier, Michel Irigoien et Jean-Charles Rue GUIDE AITF/EDF bâtiment basse consommation (2011).
- [26] : Remon Lapisa. Etude du rafraichissement passif de bâtiments commerciaux ou industriels. Université de La Rochelle, (2015).
- [27] : R. Guechhati, M.A. Moussaoui, Ahm. Mezrhab et Abd. Mezrhab Simulation de l'effet de l'isolation thermique des bâtiments Cas du centre psychopédagogique SAFAA à Oujda Revue des Energies Renouvelables Vol. 13 N°2 p 223 – 232, (2010).
- [28] Virginie Renzi et Françoise Burgun. Evaluation des performances énergétiques et du confort d'un bâtiment tertiaire rénové IBPSA France (2008).
- [29] S. Sami-Mécheri , D. Semmar et A. Hamid «Efficacité énergétique des logements à haute performance énergétique, 'HPE': Application au site de Béchar » (2012).
- [30] Journal officiel de la République Algérienne du 19/12/1984, page 1517, délimitation du territoire de la commune de Bab Ezzouar (1984).
- [31] Manuel Utilisateur DesignBuilder 42000 2014 DesignBuilder Software, Ltd. Traduction © 2007-2014 CETTEG (2014).

[32] « The IPCC 4th Assessment Report is coming out A picture of climate change the current state of understanding » ,GIEC, (2007).

[33] Contribution totale (naturelle et anthropique) à l'effet de serre, d'après les valeurs issues du rapport IPCC (2001).

[34] Gaz Metro la vie en bleu www.toutsurlegaznaturel.com

[35] Algeria : Electricity and Heat for 2014 , Agence internationale de l'énergie, (2016).

[36] Ö.A. Dombaycı, The environmental impact of optimum insulation thickness for external walls of buildings, Energy and Buildings 42 p3855–p3859b(2007).

[37] A. Yıldız, G. Gürlek, M. Erkek, N. Özbalta, Economical and environmental analyses of thermal insulation thickness in buildings, Journal of Thermal Science and Technology 28 (2) p25–p34 (2008).

[38] L. Derradji , K.Imessad, M.Amara,F.Boudali Errebai ,A study on residential energy requirement and the effect of the glazing on the optimum insulation thickness (2016).