



Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme de :
MASTER ACADEMIQUE

Filière :

Energies renouvelables

Spécialité :

Energies Renouvelables et Habitat Bioclimatique

Présenté par :

Boughanem Lyamna

*L'impact de L'Intégration des Entrevous en
Polystyrène en toiture sur le comportement Thermique d'un
Bâtiment*

Soutenu devant le jury composé de :

Mr. HAMID A.	USDB	Président
Mr. DERRADJI Lotfi	CNERIB	Encadreur
Mr. LAFRI Djamel	USDB	Examineur
Mr. DOUMAZ	USDB	Examineur

Remerciement

Je voudrais dans un premier temps remercier mes chers parents, qui ont toujours été présents pour moi, leurs sacrifices et leur soutien inconditionnel m'ont permis d'avancer.

Ce travail de mémoire a été effectué au sein de l'Université Saad DAHLAB Blida1 dans le cadre de la préparation du mémoire de fin d'études en énergies renouvelables et habitat bioclimatique, sous la direction du professeur L. DERRADJI.

Je tiens à remercier monsieur DERRADJI Lotfi pour son savoir-faire, sa disponibilité, sa patience et surtout ses judicieux conseils, ainsi que tous les membres du jury.

Je remercie également l'ensemble des professeurs et enseignants que j'ai eu durant mon parcours universitaire.

Enfin je remercie particulièrement ma sœur d'une autre mère, SIHEM CHERIEF, pour tout le soutien qu'elle m'apporte.

Dédicaces

Je dédie ce travail à mes parents, que dieux les protègent,

A ma grand-mère, qui aurait été très fière de moi,

A ma sœur Samah et mon frère Moumen

A ma sœur Lina, avec qui j'ai fait le chemin pas à pas,

A ma très chère Sakina,

A mes amis qui ont rendus ces années meilleures,

A tous ceux qui comptent pour moi....

Résumé

Le développement technologique dans le monde a conduit à l'augmentation de la consommation énergétique dans tous les secteurs notamment celui du bâtiment qui est considéré comme un secteur énergivore. Chose qui a poussé les nations à adopter de nouvelles stratégies pour mieux gérer les ressources et réduire cette consommation qui ne cesse d'augmenter surtout avec croissance démographique. L'efficacité énergétique dans les bâtiments reste un moyen indispensable afin de réduire les consommations énergétiques.

Dans le cadre de cette étude, l'intérêt s'est porté sur L'impact de L'Intégration des Entrevous en Polystyrène en toiture sur le comportement Thermique d'un Bâtiment. Une étude a été faite au sein du centre de recherche « CNERIB » sur un bâtiment en cours de construction par le logiciel TRNSYS pour évaluer les performances énergétiques (consommation du chauffage et climatisation) de ce bâtiment.

Mots clés : efficacité énergétique, consommation d'énergie, isolation thermique, simulation, performance énergétique, toiture.

Abstract

Technological development in the world has led to an increase in energy consumption in all sectors, particularly the building sector, which is considered an energy-intensive sector. This increase has pushed nations to adopt new strategies for a better manage of resources and reduce this consumption which continues to increase especially with population growth. Energy efficiency in buildings remains an essential means of reducing energy consumption.

As part of this study, the interest focused on the impact of the integration of polystyrene interjoists in the roof on the thermal behavior of a building. A study was carried out within the “CNERIB” research center on a building under construction using the TRNSYS software to assess the energy performance (heating and air conditioning consumption) of this building.

Keywords : **energy efficiency, energy consumption, simulation, energy performance, roof.**

ملخص

أدى التطور التكنولوجي في العالم إلى زيادة استهلاك الطاقة في جميع القطاعات، ولا سيما قطاع البناء. الأمر الذي دفع الدول إلى تبني استراتيجيات جديدة لإدارة الموارد بشكل أفضل وتقليل هذا الاستهلاك الذي يستمر في الزيادة خاصة مع النمو السكاني المستمر. تظل كفاءة الطاقة في المباني وسيلة أساسية لتقليل استهلاك الطاقة.

كجزء من هذه الدراسة، تم التركيز على تأثير استعمال ألواح البولسترين في السقف على السلوك الحراري للمبنى. تم إجراء هذه دراسة داخل مركز الأبحاث "CNERIB" على مبنى قيد الإنشاء باستخدام برنامج TRNSYS لتقييم استهلاك الطاقة (استهلاك التدفئة والتكييف) لهذا المبنى.

الكلمات المفتاحية : الكفاءة الطاقوية, استهلاك الطاقة, العزل الحراري, محاكاة, الأداء الطاقوي, السقف.

Sommaire

Table des matières

1. Introduction Générale.....	1
Chapitre 01 : La consommation énergétique du bâtiment et l'enveloppe du bâtiment	
1. Introduction.....	3
2. Etat de l'art.....	3
3. La consommation énergétique dans le secteur tertiaire en Algérie.....	4
3.1. Pour l'année 2005	4
3.2. Pour l'année 2015	6
3.3. Pour l'année 2017	7
4. L'efficacité énergétique.....	9
4.1. Programme national d'efficacité énergétique.....	9
4.2. Plan d'Action en Matière d'Efficacité Energétique pour le secteur du bâtiment	9
5. Principe de base de l'architecture bioclimatique	10
6. La réglementation thermique en Algérie	11
7. Enveloppe du bâtiment.....	11
7.1. Défauts de l'enveloppe thermique.....	12
7.1.1. Déperditions thermiques.....	12
7.1.2. Ponts thermiques	13
8. Le confort thermique :.....	15
8.1. Confort d'hiver :	15
8.2. Confort d'été.....	15
8.3. Amélioration du confort thermique.....	15
8.3.1. Ventilation de la maison.....	15
8.3.2. Régulation de chauffage	16
8.3.3. Isolation thermique.....	16
9. Amélioration thermique des façades	17
10. Matériaux pour l'isolation thermique.....	20
10.1. Choix des matériaux isolants	20
10.1.2. Caractéristiques dynamiques :.....	21
10.2. Types de matériaux isolants.....	21

11. Conclusion	24
----------------------	----

Chapitre 02 : La simulation thermique en régime dynamique par le logiciel

TRNSYS

1. Introduction.....	27
2. Présentation de l'outils de simulation	27
2.1. Principe de la simulation énergétique.....	27
2.2. Processus de simulation énergétique	28
3. Caractéristiques générales du site	29
3.1. Présentation du site	29
3.2. Données climatologiques	30
4. Description du cas d'étude.....	33
5. Composition des parois	35
5.1. Cas du bâtiment isolé :.....	35
5.2. Cas du bâtiment classique	36
6. Les scénarios proposés pour la simulation	37
6.1. Scénarios d'occupation	37
6.2. Scénarios de chauffage	38
6.3. Scénarios de climatisation.....	39
6.4. Scénarios d'occultation.....	39
6.5. Les gains.....	39

Chapitre 03 : Résultats et Discussion

1. Introduction.....	42
2. Interprétation et discussion des données	42
3. Conclusion	48

Liste des figures

FIGURE 1:FLUX DE CHALEUR TOTAL DE 5 MOIS ECHANGE A CHAQUE PAROI (2)	3
FIGURE 2:REDUCTION DES GAINS THERMIQUES A TRAVERS LA TOITURE POUR DIFFERENTES EPAISSEURS DE LIEGE (2).....	4
FIGURE 3:LA CONSOMMATION FINALE PAR SECTEUR D'ACTIVITE EN 2005 (3)	4
FIGURE 4:LA CONSOMMATION DU SECTEUR TERTIAIRE PAR TYPE D'ENERGIE EN 2005 (3)	5
FIGURE 5: L'EVOLUTION DE LA CONSOMMATION DU SECTEUR TERTIAIRE PAR TYPE D'ENERGIE EN 2005 (3) ..	5
FIGURE 6:LA REPARTITION DE LA CONSOMMATION FINALE PAR SECTEUR D'ACTIVITE EN 2015 (4)	6
FIGURE 7:LA REPARTITION DE LA CONSOMMATION DU SECTEUR TERTIAIRE PAR BRANCHE EN 2015 (4).....	6
FIGURE 8:LA REPARTITION DE LA CONSOMMATION DU SECTEUR TERTIAIRE PAR TYPES D'ENERGIES EN 2015 (4)	7
FIGURE 9: LA REPARTITION DE LA CONSOMMATION FINALE PAR SECTEUR D'ACTIVITE EN 2017 (5)	7
FIGURE 10: REPARTITION DE LA CONSOMMATION DU SECTEUR TERTIAIRE PAR BRANCHE EN 2017 (5).....	8
FIGURE 11:LA REPARTITION DE LA CONSOMMATION DU SECTEUR TERTIAIRE PAR TYPE D'ENERGIE EN 2017 (5)	8
FIGURE 12:LES BASES DE L'ARCHITECTURE BIOCLIMATIQUE (7)	11
FIGURE 13:ENVELOPPE DE BATIMENT (9)	12
FIGURE 14: REPARTITION EN % DES DEPERDITIONS POUR UNE MAISON ET UN IMMEUBLE (11).....	13
FIGURE 15: PONT THERMIQUE AU NIVEAU D'UN PLANCHER (11).....	14
FIGURE 16 :LES EFFETS DES PONTS THERMIQUES (12)	14
FIGURE 17:APPLICATON D'UNE ISOLATION INTERIEURE POUR UN MUR (15)	16
FIGURE 18: L'ISOLATION PAR L'EXTERIEUR (15).....	18
FIGURE 19: PANNEAUX DE LIEGE (21).....	22
FIGURE 20: PANNEAU SOUPLE DE LAINE DE MOUTON (21)	22
FIGURE 21:POSE DE HOURDIS EN POLYSTYRENE (24)	24
FIGURE 22: SCHEMATISATION DU FLUX DES DONNEES DANS UN OUTIL DE SIMULATION ENERGETIQUE (24).....	27
FIGURE 23: INTERFACE TRNSYS	28
FIGURE 24: INTERFACE TRNBUILD	29
FIGURE 25: SITUATION GEOGRAPHIQUE DU SITE	29
FIGURE 26:DUREE D'ENSOLEILLEMENT A SOUIDANIA.....	30
FIGURE 27 :PRECIPITATIONS A SOUIDANIA	31
FIGURE 28 :RAYONNEMENT GLOBAL JOURNALIER A SOUIDANIA.....	31
FIGURE 29 :RAYONNEMENT ANNUEL A SOUIDANIA.....	32
FIGURE 30 :TEMPERATURE JOURNALIERE A SOUIDANIA	32
FIGURE 31 :TEMPERATURE ANNUELLE A SOUIDANIA	33
FIGURE 32 :VUE DU BATIMENT EN 3D	33
FIGURE 33 :PLAN INTERIEUR DE LA MAISON	34
FIGURE 34 :CONSOMMATION DE CHAUFFAGE ET DE CLIMATISATION DU BATIMENT CLASSIQUE.....	42
FIGURE 35:CONSOMMATION DE CHAUFFAGE ET DE CLIMATISATION DU BATIMENT AMELIORE AVEC ENTREVOUS DE 8CM	42
FIGURE 36:CONSOMMATION DE CHAUFFAGE ET DE CLIMATISATION DU BATIMENT AMELIORE AVEC ENTREVOUS DE 12CM	43
FIGURE 37: CONSOMMATION DE CHAUFFAGE ET DE CLIMATISATION DU BATIMENT AMELIORE AVEC ENTREVOUS DE 16CM	43
FIGURE 38:CONSOMMATION DE CHAUFFAGE ET DE CLIMATISATION DU BATIMENT AMELIORE AVEC UN ISOLANT DE 5CM+ENTREVOUS 8CM.....	44
FIGURE 39:CONSOMMATION DE CHAUFFAGE ET DE CLIMATISATION DU BATIMENT AMELIORE AVEC UN ISOLANT DE 5CM+ENTREVOUS 12CM.....	44
FIGURE 40:CONSOMMATION DE CHAUFFAGE ET DE CLIMATISATION DU BATIMENT AMELIORE AVEC UN ISOLANT DE 5CM+ENTREVOUS 16CM.....	45

FIGURE 41: CONSOMMATION DU BATIMENT AMELIORE POUR DIFFERENTES EPAISSEURS D'ENTREVOUS	45
FIGURE 42:CONSOMMATION DU BATIMENT AMELIORE + 5 CM D'ISOLANT POUR DIFFERENTES EPAISSEURS D'ENTREVOUS	46
FIGURE 43: COMPARAISON DES CONSOMMATIONS	46
FIGURE 44:TEMPERATURES DE LA SEMAINE LA PLUS CHAUDE.....	47
FIGURE 45:TEMPERATURES DE LA SEMAINE LA PLUS FROIDE.....	47

Liste des tableaux

TABLEAU 1 : AVANTAGES ET INCONVENIENTS DE POLYSTYRENE EXPANSE	23
TABLEAU 2: COMPOSITION DES PAROIS DU BATIMENT ISOLEE	35
TABLEAU 3: COMPOSITION DES PAROIS DU BATIMENT CLASSIQUE	36
TABLEAU 4:SCENARIO D'OCCUPATION JOURNALIERE - JOUR DE SEMAINE	37
TABLEAU 5: SCENARIO D'OCCUPATION JOURNALIERE - WEEKEND.....	38
TABLEAU 6: SCENARIO D'OCCUPATION HEBDOMADAIRE.....	38
TABLEAU 7: SCENARIO DE CHAUFFAGE	38
TABLEAU 8: SCENARIO DE CLIMATISATION	39
TABLEAU 9: LES GAINS THERMIQUES AU NIVEAU DE LA SALLE DE CONFERENCES	39
TABLEAU 10: LES GAINS THERMIQUES AU NIVEAU DE LA SALLE DE REUNION	40

Introduction Générale

1. Introduction Générale

La consommation énergétique mondiale a connu une hausse augmentation pendant ces dernières années notamment dans les pays en développement, touchés par leur croissance économique et démographique ce qui a poussé les états à opter pour de nouvelles stratégies énergétiques et de développer des technologies dans tous les secteurs pour minimiser cette consommation énergétique

Le secteur du bâtiment est le plus grand consommateur d'énergie en Algérie notamment dû à la forte croissance démographique et le programme quinquennal 2005-2009 qui prévoit un million de logements dont la qualité a failli à la quantité. (1)

La négligence des paramètres climatiques lors de la conception entraine une augmentation cruciale de la consommation énergétique chauffage et climatisation. Par conséquent, il faut explorer des méthodes et des systèmes innovants qui réduisent la consommation d'énergie dans les bâtiments.

La question concernant la réduction de la consommation d'énergie est d'actualité dans notre pays

L'isolation thermique est une solution intéressante pour réduire les besoins en chauffage et climatisation des bâtiments, ce concept est en cours du développement en Algérie.

L'objectif de ce travail sera concentré sur l'impact de l'intégration des entrevous en polystyrène sur l'amélioration des performances thermiques du bâtiment.

Ce mémoire comporte trois chapitres, dont le premier est un chapitre introductif sur la consommation énergétique et l'enveloppe du bâtiment.

Le deuxième chapitre présente notre cas d'étude et consiste à faire une simulation thermique en régime dynamique par le logiciel TRNSYS en prenant en considération l'utilisation des matériaux isolants pour une bonne gestion d'énergie.

Le troisième et dernier chapitre est consacré pour la discussion des résultats obtenus de la simulation.

Finalement, une conclusion générale.

Chapitre 01 : La consommation énergétique du bâtiment et l'enveloppe du bâtiment

1. Introduction

Les immeubles d'habitation représentent un des plus importants utilisateurs finaux sur les marchés d'énergie internationaux et domestiques et doivent absolument représenter un élément principal du programme d'économie d'énergie. Le niveau d'urbanisation est en augmentation en Algérie, les statistiques prévoient que 82 % de la population algérienne sera concentrée dans les villes dès 2020.

2. Etat de l'art

« AMÉLIORATION DE L'ISOLATION THERMIQUE DES HABITATS DANS LES RÉGIONS CHAUDES ET ARIDES » H. NECIB, R. BELAKROUM, K. BELAKROUM

Univ. Ouargla, Fac.des Sciences Appliquées, Lab. Dynamique, Interaction et Réactivité des Systèmes, Ouargla, Algérie.

La construction actuelle des habitats et des bureaux en Algérie, ne prend pas en considération l'isolation thermique de l'enveloppe comme solution pour réduire la consommation excessive de l'énergie électrique utilisée pour assurer un certain confort thermique à l'intérieur de ces établissements, surtout pour la période estivale qui peut s'étendre jusqu'à 5 mois dans les régions sahariennes. Dans cette étude, on propose un diagnostic thermique d'une salle des enseignants se situant à l'université de Ouargla. L'étude a montré que la toiture, est responsable de 70.62% des gains thermiques globales, 27.11% de gain est reçu par les quatre murs et 2.27% par les fenêtres. (2)

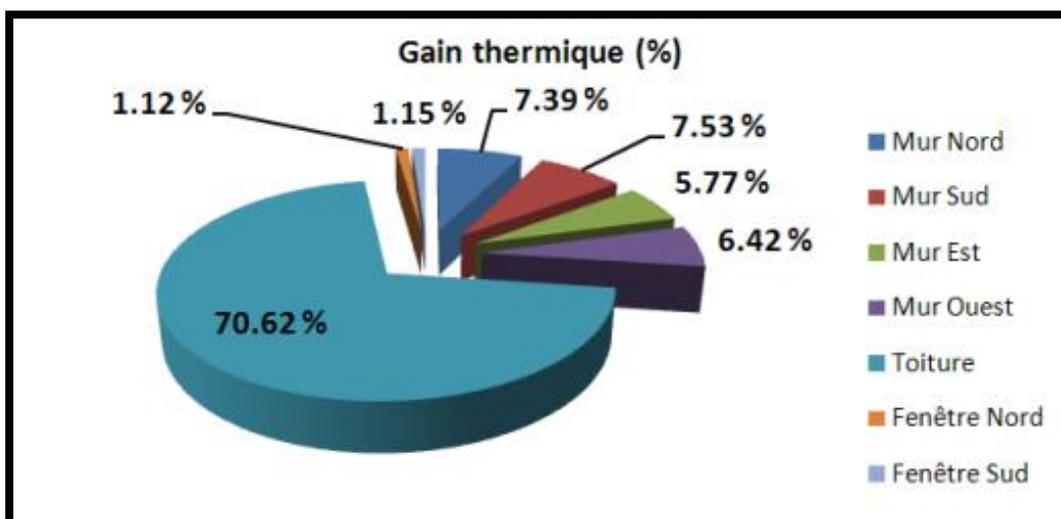


Figure 1:Flux de chaleur total de 5 mois échangé à chaque paroi (2)

L'isolation thermique de la toiture par le Liège ou le gravier ainsi que l'isolation des murs par le polystyrène pour plusieurs épaisseurs ont été étudiés. L'étude a montré aussi qu'une isolation combinée de toiture et des murs avec liège et polystyrène de 5cm d'épaisseur, peut réduire jusqu'à 59.09% le gain thermique globale et atteint une réduction jusqu'à 69.96% pour une épaisseur de 10cm. (2)

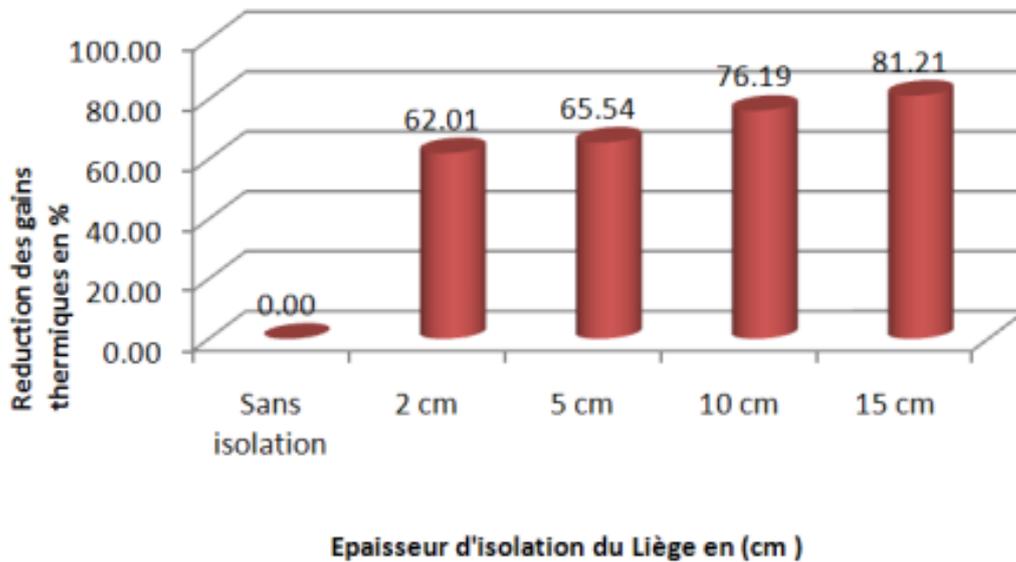


Figure 2: Réduction des gains thermiques à travers la toiture pour différentes épaisseurs de liège (2)

3. La consommation énergétique dans le secteur tertiaire en Algérie

3.1. Pour l'année 2005

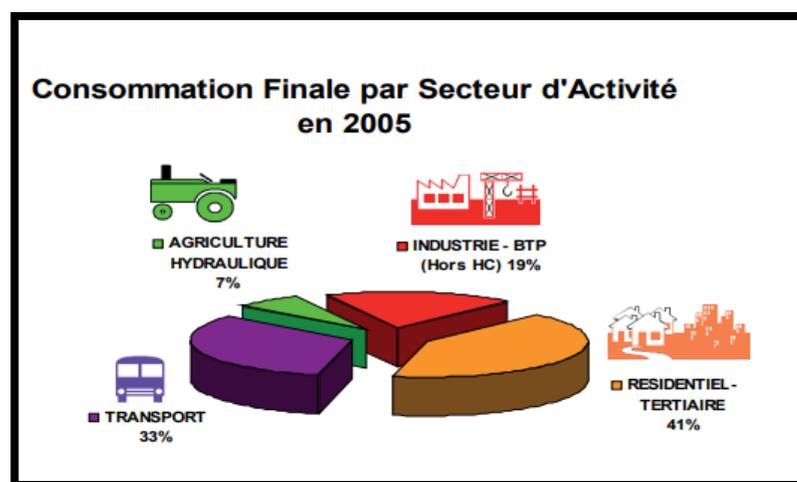


Figure 3: La consommation finale par secteur d'activité en 2005 (3)

Par branche d'activité, cette consommation est répartie comme suit : Commerce : 39%, Administration centrale : 19%, Tourisme : 8%, Santé : 12%, Education : 8% Eclairage public : 5%, Autres : 5% (3)

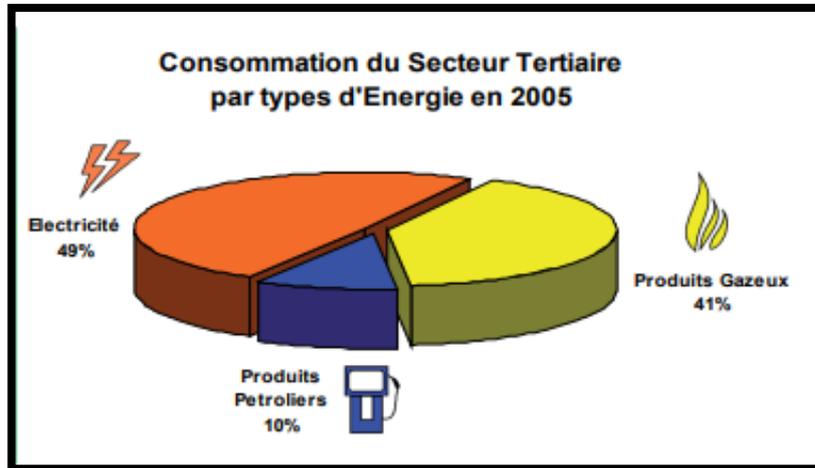


Figure 4: La consommation du secteur tertiaire par type d'énergie en 2005 (3)

D'après la figure on constate que la consommation de l'électricité est prédominante dans le secteur tertiaire. Cela s'explique par l'introduction massive des équipements de chauffage et de climatisation. (3)

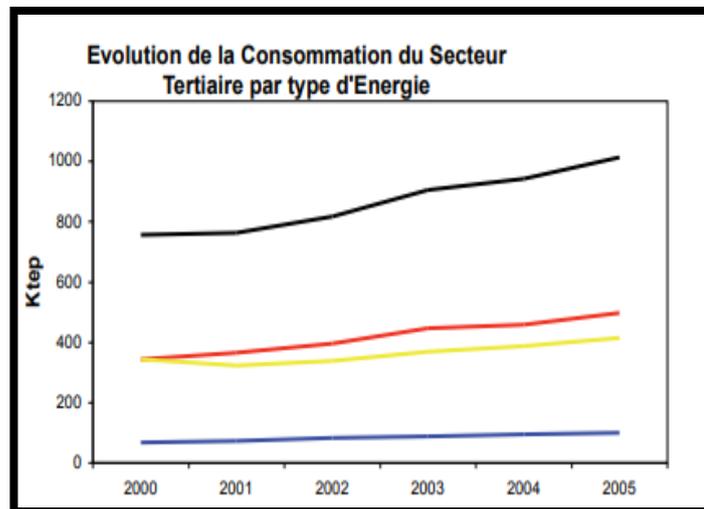


Figure 5: L'évolution de la consommation du secteur tertiaire par type d'énergie en 2005 (3)

Entre 2000 et 2005 la consommation finale du secteur a augmenté annuellement de 6%. Ce sont l'électricité et les produits gazeux qui ont contribué à cette hausse avec des parts

respectives de 50% et 40%. Une forte demande d'électricité est à prévoir en raison de développement de ce secteur. Pour ce qui concerne l'analyse par usages de l'électricité, il est à noter que l'éclairage et le froid totalisent 90%. Le chauffage et la cuisson représentent 60% de la consommation du gaz naturel. (3)

3.2. Pour l'année 2015

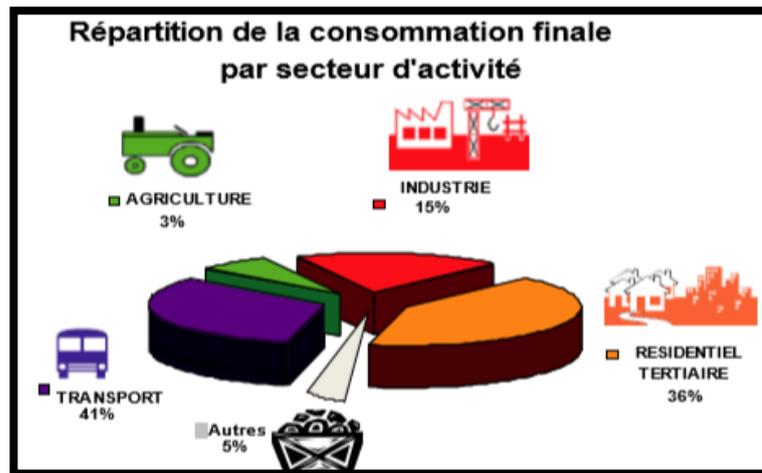


Figure 6:La répartition de la consommation finale par secteur d'activité en 2015 (4)

Par secteur d'activité cette consommation est répartie comme suit :en première place le secteur de transport d'un pourcentage de 41% ,en second place le secteur résidentiel et tertiaire 36%,vient ensuite l'industrie de 15% et le secteur de l'agriculture avec un pourcentage de 3% et finalement les autres avec 5%. (4)

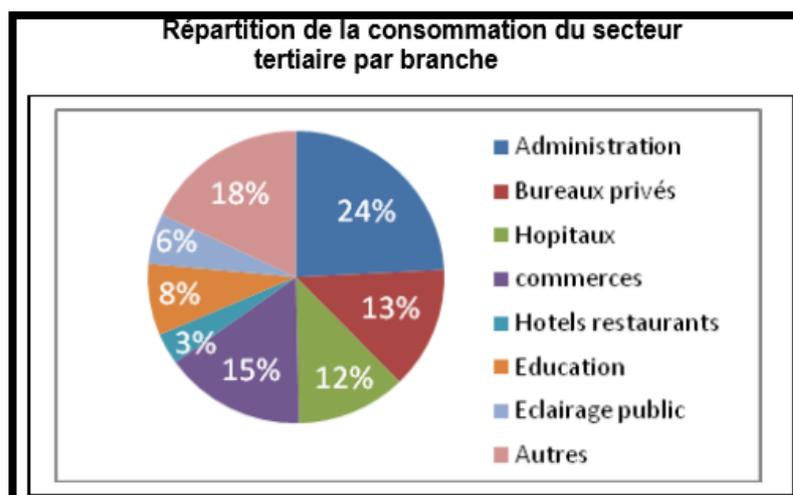


Figure 7:La répartition de la consommation du secteur tertiaire par branche en 2015 (4)

La consommation énergétique du secteur tertiaire a atteint 2,3 millions de TEP Par branche, le nombre d'infrastructures par activités se répartie comme suit : Commerces : 544201 ; Administrations centrales : 26631 ; Tourisme : 49000 ; Communication : 12065 ; Education : 3950 ; Finances : 320 ; santé : 10390 ; Agences immobilières : 9717 ; Auxiliaire de transport : 123623. (4)

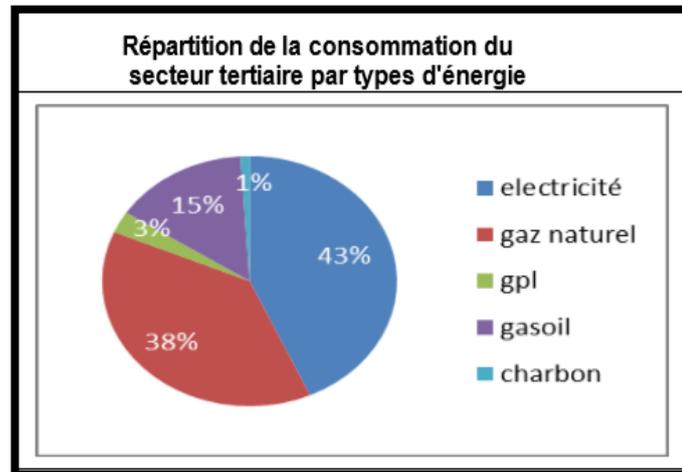


Figure 8: La répartition de la consommation du secteur tertiaire par types d'énergies en 2015 (4)

Cette figure montre que le secteur tertiaire est un grand consommateur d'électricité avec un pourcentage de 43% de sa consommation totale d'énergie et en seconde place le gaz naturel avec un pourcentage assez important 38%. Ces énergies sont utilisées pour l'éclairage le chauffage et la climatisation. (4)

3.3. Pour l'année 2017

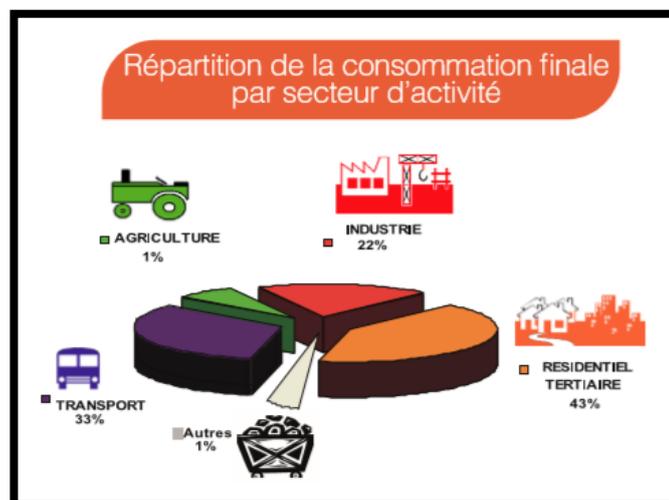


Figure 9: La répartition de la consommation finale par secteur d'activité en 2017 (5)

Selon le bilan énergétique national la consommation d'énergie finale a atteint 44.65 millions de Tepet la consommation énergétique du secteur tertiaire a atteint 4M de tep/PCS soit 2.5M de tep/PCI. (5)

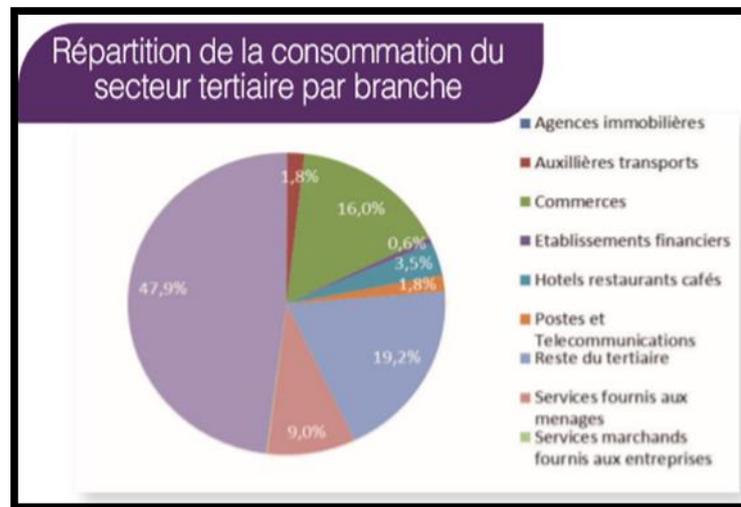


Figure 10: répartition de la consommation du secteur tertiaire par branche en 2017 (5)

Par branche, le nombre d'infrastructures par activités se répartie comme suit : Commerces: 544201; Administrations centrales: 26631 ; Tourisme: 49000 ; Communication: 12065 ; Education: 3950; Finances: 320 ; santé: 10390 ; Agences immobilières : 9717 ; Auxiliaire de transport : 123623. (5)

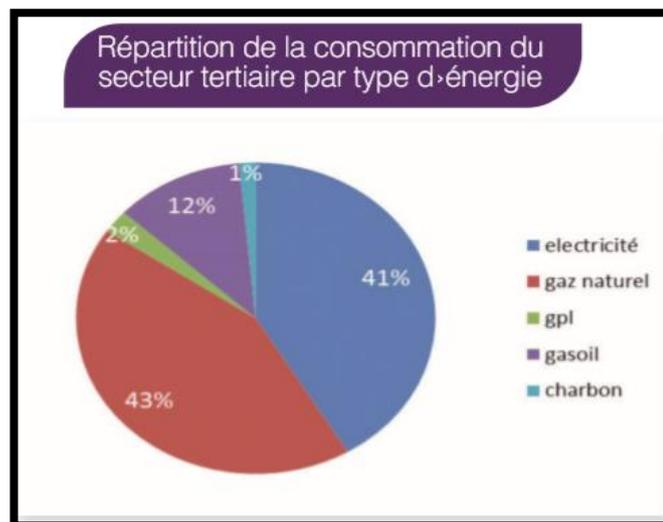


Figure 11: La répartition de la consommation du secteur tertiaire par type d'énergie en 2017 (5)

Une forte demande d'électricité est à prévoir en raison des perspectives de développement de ce secteur. En ce qui concerne l'analyse de la consommation d'électricité par usages, l'éclairage et le froid totalisent 90%, le chauffage et la cuisson représentent %60 de gaz naturel des usages thermique.

4. L'efficacité énergétique

4.1. Programme national d'efficacité énergétique

Le but de ce programme est de produire les mêmes services en utilisant le moins d'énergies possible, en utilisant aussi des énergies propres et durables.

Ce programme comprend l'encouragement de :

- La création d'une industrie locale de fabrication de lampes performantes.
- Production de chauffe-eau solaires.
- Production des isolants thermiques.

Tout cela par l'encouragement de l'investissement local ou étranger (6)

4.2. Plan d'Action en Matière d'Efficacité Energétique pour le secteur du bâtiment

Le programme est axé autour de trois grands secteurs consommateurs d'énergie qui sont le bâtiment le transport et l'industrie. L'objectif de ce programme est d'améliorer le confort intérieur des logements en utilisant le moins d'énergie par :

- Encourager la mise en œuvre de pratiques et technologies autour de l'isolation thermique des constructions existantes et nouvelles.
- Favoriser l'utilisation des équipements et appareils performants sur le marché local (chauffe-eau solaire, lampes économiques).

Globalement, c'est plus de 30 millions de TEP qui seront économisées, d'ici 2030 réparties comme suit :

- 1) Isolation thermique : l'objectif est d'atteindre un gain cumulé évalué à plus de 7 millions de TEP.
- 2) Chauffe -eau solaire : l'objectif est de réaliser une économie d'énergie à plus de 2 millions de TEP.
- 3) Lampe basse consommation (LBC) : Les gains en énergie escomptés, à l'horizon 2030 sont estimés à près de 20 millions de TEP.

- 4) Eclairage public : l'objectif est de réaliser une économie d'énergie de près d'un million de TEP, à l'horizon 2030 et d'alléger la facture énergétique des collectivités. (6)

5. Principe de base de l'architecture bioclimatique

L'architecture bioclimatique est une sous discipline de l'architecture qui recherche un équilibre entre la conception et la construction de l'habitat d'un milieu (climat, environnement). Elle permet de réduire les besoins énergétiques et de maintenir des températures agréables, de contrôler l'humidité et de favoriser l'éclairage naturel parmi ses principes on a :

- 1) Minimisation des pertes énergétiques en s'adaptant au climat environnant :
 - a. Compacité du volume.
 - b. Isolation performante pour conserver la chaleur.
 - c. Réduction des ouvrants et surfaces vitrées sur les façades exposées au froid ou aux intempéries.
- 2) Privilégier les apports thermiques naturels et gratuits en hiver :
 - a. Ouvertures et vitrages sur les façades exposées au soleil.
 - b. Stockage de la chaleur dans la maçonnerie lourde.
 - c. Installation solaire pour le chauffage et l'eau chaude pour les sanitaires.
- 3) Privilégier les apports lumière naturelle :
 - a. Intégration d'éléments transparents bien positionnés.
 - b. Choix des couleurs
- 4) Privilégier le rafraichissement naturel en été :
 - a. Protection solaires fixes, mobiles ou naturels (avancées de toiture, végétation,)
 - b. Ventilation
 - c. Inertie appropriée (7)

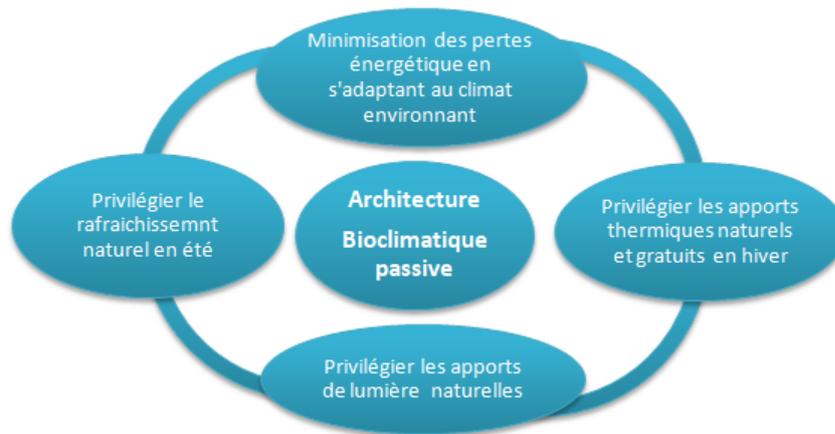


Figure 12: Les bases de l'architecture bioclimatique (7)

6. La réglementation thermique en Algérie

L'Algérie connaît depuis ces décennies un développement intense et soutenu des secteurs du bâtiment et de la construction (grands projets de l'état, projets immobiliers résidentiels et tertiaires). Ceci conduit d'ores et déjà à de grandes pressions sur les ressources (énergie, eau, matériaux ...) et des émissions et impacts importants (engendrés) sur l'environnement.

Ainsi l'Algérie est le premier pays du Maghreb à avoir mis en place une réglementation thermique des bâtiments depuis 1997 et qui est devenue obligatoire à partir de l'année 2000.

L'Algérie a également développé plusieurs dispositifs réglementaires visant à la promotion de l'efficacité et de la maîtrise énergétique dans le secteur du bâtiment. Ils précisent les exigences de sécurité, de stabilité, d'hygiène, et le niveau de confort compatibles avec les exigences sociales et environnementales tant en termes de construction que d'exploitation du bâtiment. Ces textes traduisent la volonté de l'état de faire des énergies renouvelables des énergies d'avenir pour le pays.

Sur la base de l'analyse de la consommation des logements neufs réalisée en 1995, le ministère de l'Habitat et de l'urbanisme a élaboré par le biais du Centre national d'études et de recherches intégrées du bâtiment (CNERIB) des documents techniques réglementaires (DTR) en 1997, relatifs aux bâtiments et leurs efficacités énergétiques et performance thermique.

7. Enveloppe du bâtiment

L'enveloppe du bâtiment comprend le toit, le sol, les murs, les fenêtres et les portes, c'est-à-dire tout ce qui sépare l'intérieur du bâtiment de l'extérieur. La qualité de l'enveloppe

d'un bâtiment est un facteur déterminant qui peut influencer sur la quantité d'énergie que vous utilisez pour le chauffage, la climatisation et la ventilation. (8)

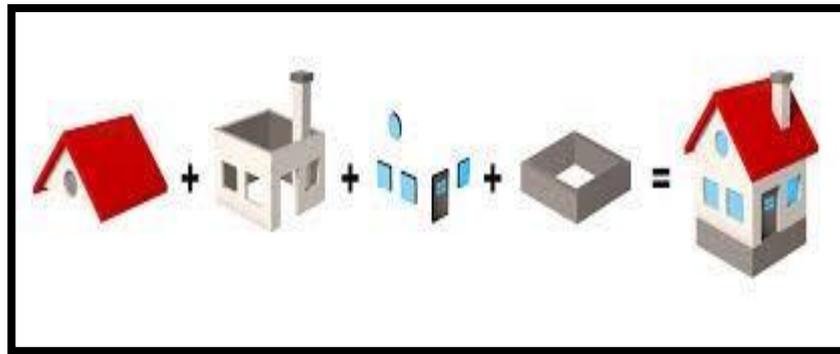


Figure 13: Enveloppe de bâtiment (9)

L'enveloppe des bâtiments est l'interface physique séparant l'intérieur d'un bâtiment de son environnement extérieur. Il offre aux occupants, un confort thermique, acoustique, un éclairage naturel maîtrisé, tout en assurant de performances environnementales.

L'enveloppe des bâtiments constitue un système global complexe, dont les niveaux de performances attendus (thermiques, acoustiques, confort aéraulique.....) doivent répondre aux exigences sociétales constamment croissantes de réduction des consommations énergétiques.

La création et la rénovation de l'enveloppe des bâtiments fait appel à des produits technologiques industrialisés et innovants, ainsi qu'à des moyens modernes de conception et réalisation.

Compte-tenu des problématiques croissantes d'impact environnemental et de recherche de haute performance énergétique, l'enveloppe des bâtiments est un domaine professionnel en veille constante et en évolution technologique permanente. (10)

7.1. Défauts de l'enveloppe thermique

La composition de l'enveloppe thermique, des différents matériaux et assemblages séparant l'intérieur de l'extérieur, risque d'avoir des défauts de réalisation qui peuvent provoquer des pertes calorifiques.

7.1.1. Déperditions thermiques

Les déperditions thermiques signifient la perte de chaleur qui subit l'enveloppe du bâtiment. Ces déperditions sont fonction des caractéristiques de la structure, des matériaux, de

l'environnement du bâtiment (climat, effet de masque, orientation, ...). Ces déperditions sont importantes dans les bâtiments non ou mal isolé. Les déperditions thermiques possibles pour une structure passent. (11)

- Par la toiture en contact avec l'extérieur.
- À travers les murs.
- Par le plancher bas.
- À travers les portes et les fenêtres.
- Par renouvellement d'air et les fuites.
- Au niveau des ponts thermiques.

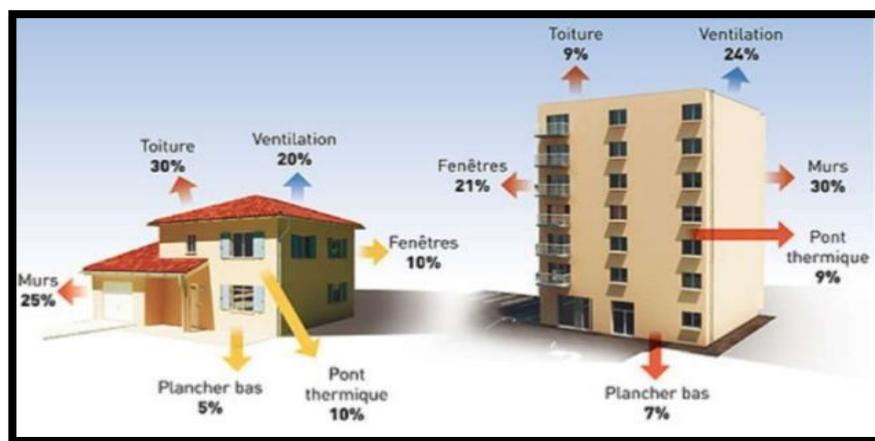


Figure 14: Répartition en % des déperditions pour une maison et un immeuble (11)

7.1.2. Ponts thermiques

Dans le bâtiment, un pont thermique, est une surface en contact direct entre l'intérieur et l'extérieur. Les ponts thermiques expriment les parties de l'enveloppe représentant des défauts d'isolation. La résistance thermique est affaiblie de façon sensible au niveau de ces endroits.

Généralement, les ponts thermiques sont disposés au niveau des points où l'isolation est absente ou présente des faiblesses.

Les principaux ponts thermiques d'un bâtiment se situent aux jonctions des façades et planchers, façades et refends, façades et toitures, façades et planchers bas.

Il existe deux types des ponts thermiques, les ponts thermiques linéaires et les ponts thermiques ponctuels. Les effets néfastes des ponts thermiques sont sur plus d'un niveau. Ils

provoquent des pertes de chaleur et des fuites calorifiques, donc des surconsommations énergétiques afin d'améliorer le niveau du confort thermique. Le risque de condensation et des moisissures peut entraîner la pollution de l'espace intérieur et une dégradation prématurée du bâtiment.

L'augmentation de la sensation d'inconfort est suite aux parois froides.

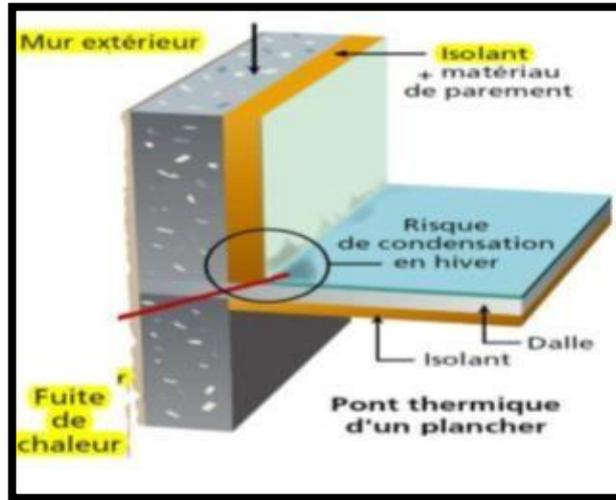


Figure 15: Pont thermique au niveau d'un plancher (11)

La thermographie à infrarouge permet de visualiser les ponts thermiques en connaissant la température des parois. (12)

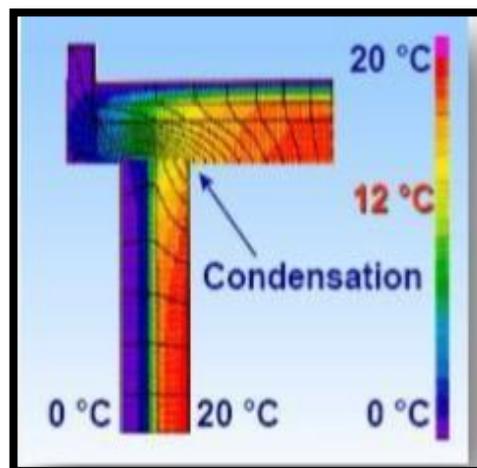


Figure 16 :Les effets des ponts thermiques (12)

8. Le confort thermique :

Il est très difficile de quantifier le confort thermique qui dépend de plusieurs variables dont certaines sont réfractaires à tout calcul :

- Des variables physiques (température de l'air, des parois, humidité et vitesse de l'air)
- Des variables physiologiques (vasomotricité, sudation, etc.)
- Des variables comportementales (activité présente et récente, etc.)
- Des variables psychologiques et sociologiques (sensibilité aux couleurs, etc.)

8.1. Confort d'hiver :

Dans la plupart des pays du nord, c'est la lutte contre le froid qui constitue l'essentiel du problème. Ceci explique que dans la littérature technique européenne on ne parle pratiquement que du chauffage. Nous allons utiliser ce qui est dit plus haut pour dégager les variables importantes lorsqu'on doit lutter contre le froid (hiver) ou contre la chaleur (été). Suivant la situation géographique du bâtiment à construire, il faudra favoriser plus ou moins l'une et l'autre de ces situations. Si on sait limiter les courants d'air, il ne reste comme variables que la température de l'air et celle des parois. La température des vitres prend une importance particulière : l'écart de température entre la vitre et les vêtements peut être d'une vingtaine de Kelvin, cela peut occasionner beaucoup de perte par rayonnement infrarouge.

8.2. Confort d'été.

Ici les températures de l'air, des murs et des vitres sont relativement voisines de celles des vêtements : la convection et le rayonnement infrarouge sont peu efficaces. Par contre l'évaporation de la sueur est très efficace. Ici les variables importantes sont donc l'humidité et la vitesse de l'air

8.3. Amélioration du confort thermique

8.3.1. Ventilation de la maison

La ventilation naturelle est l'un des moyens les plus simples de contribuer au confort thermique des usagers d'un bâtiment et l'amélioration la performance des bâtiments.

Dans un bâtiment fermé, renouveler l'air intérieur est indispensable pour préserver la qualité de l'air ambiant. Une bonne ventilation permet d'assainir l'air, en évacuant les odeurs de fumées et les polluants. Un apport d'air extérieur chargé d'oxygène préserve la santé des habitants de la maison et améliore la combustion des appareils de chauffage. Dans les pièces

humides (cuisine, buanderie, salle de bains,) une ventilation efficace évite la formation de moisissures et limite la condensation due à l'humidité, qui peut sur le long terme détériorer les peintures, les murs et les plafonds. (13)

8.3.2. Régulation de chauffage

La régulation de chauffage est l'action de régler et de rendre régulier la température ambiante d'une pièce ou d'un logement. Le maintien d'une température constante est d'éviter autant que possible les grandes variations de températures c'est sa régulation et programmation qui offrent des avantages économiques considérable.

En effet aujourd'hui, grâce à des systèmes de gestion de l'énergie et leur précision et à la possibilité de paramétrer des réglages de température, il est possible de tout contrôler chez soi :

- La température de chaque pièce.
- L'enclenchement et l'arrêt de ses chauffages.
- La programmation du chauffage, sur place. (14)

8.3.3. Isolation thermique

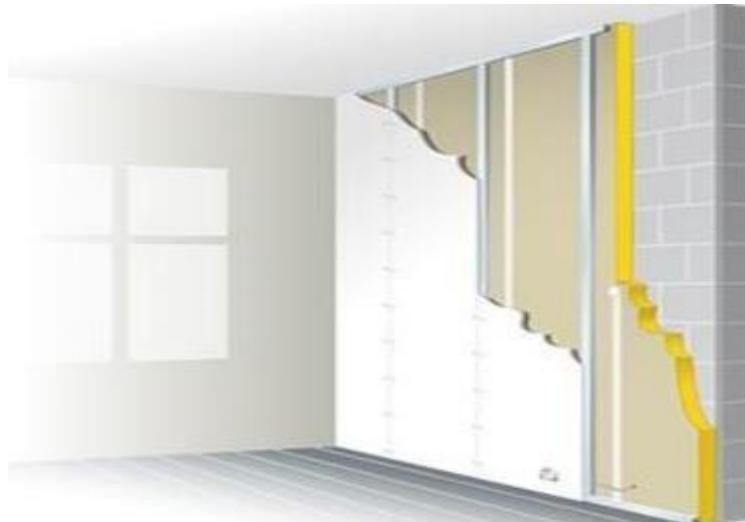


Figure 17: Application d'une isolation intérieure pour un mur (15)

L'isolation thermique désigne l'ensemble des techniques mises en œuvre pour limiter les transferts de chaleur entre un milieu chaud et un milieu froid. Elle est utilisée dans nombreux domaines incluant notamment : le bâtiment, l'industrie, l'automobile, etc. . (16)

L'isolation thermique d'un bâtiment est la conception et l'exécution de sa structure et de tous les éléments de l'enveloppe extérieure, Les isolants thermiques sont essentiellement caractérisés par leur résistance thermique et leur inertie thermique. Ils permettent d'éviter les déperditions ainsi que le phénomène de pont thermique.

L'isolation thermique à trois fonctions principales dans un logement

- Augmenter le confort thermique en hiver comme en été.
- Minimiser la consommation énergétique pour le chauffage et / ou la climatisation.
- Diminuant les pollutions liées au rejet des gaz à effet de serre dans l'atmosphère (12)

9. Amélioration thermique des façades

Les murs de façade et la toiture sont soumis aux intempéries et aux aléas du temps. Ce phénomène est causé par une mauvaise isolation des parois qui vont s'imprégner de la température extérieure et entraîner une baisse de température à l'intérieur. Pour y remédier, une seule solution : l'isolation thermique.

9.1. Isolation des murs par l'extérieur :

Isolation thermique par l'extérieur, ou isolation de façade, consiste à poser la couche d'isolation et un nouveau revêtement de façade sur les murs extérieurs, afin de créer une enveloppe thermique qui protégera le bâtiment.

Cette technique est particulièrement intéressante pour isoler les murs en rénovation, ou quand l'isolation des murs par le creux est impossible ou insuffisante.

On choisit généralement l'isolation thermique par l'extérieur lorsque l'on souhaite rénover complètement la façade d'un bâtiment et améliorer sa performance énergétique. C'est donc une solution idéale pour la rénovation d'anciennes habitations non isolées et dont la façade doit être remise en état. (17)



Figure 18: L'isolation par l'extérieur (15)

9.2. Isolation des murs par l'intérieur

L'isolation thermique par l'intérieur est une technique utilisée pour renforcer la performance énergétique des murs.

L'isolant est installé sous forme de plaques posé du côté intérieur du mur. L'isolation par l'intérieur est facile à placer, moins chère que l'isolation par. On peut faire cette technique par plusieurs isolants comme la laine minérale qui est une solution performante et économique. Cette technique est utilisée pour des travaux de rénovation, renforcement de l'isolation. (18)

9.3. L'isolation des murs dans leur épaisseur

Cette technique appelée aussi « l'isolation répartie »

L'isolation thermique répartie (ITR) se distingue des deux autres techniques, car elle consiste à utiliser un matériau aux propriétés isolantes pour construire le mur. Il ne s'agit donc plus d'habiller le mur d'un matériau isolant, mais de faire en sorte que le mur soit lui-même isolant, Elle est caractérisée par l'utilisation de l'isolation en tant que matériau de construction, Il peut s'agir de briques isolantes ou de blocs de parpaings isolants Deux grandes familles sont proposées sur le marché :

- La brique alvéolée en terre cuite ou mono mur.
- Les blocs et panneaux hauteur d'étage en béton cellulaire. (17)

9.4. L'isolation des toitures :

L'isolation des toitures est très rentable car le potentiel d'économies d'énergie est important. Sachant que la toiture transmet jusqu'aux 2/3 des transferts de chaleur de l'enveloppe vers l'intérieur du bâtiment, la réflectivité et l'isolation de la toiture limitent ces apports thermiques.

9.4.1. Isolation des charpentes

Elle est réalisée au moyen de panneaux de toiture porteurs qui comprennent le support ventilé de couverture, l'isolation et un parement du côté intérieur. Cette technique préserve la charpente des variations de température et d'humidité et garantit la ventilation de la couverture.

9.4.2. Toitures terrasse

Ce genre de toitures subit des contraintes climatiques très rigoureuses ce qui entraîne des dilatations et des rétractations de la couverture et de l'étanchéité. L'isolation thermique doit donc respecter ces contraintes et l'isolant doit être choisi en fonction des charges qu'il pourra supporter.

➤ Isolation sur étanchéité « toiture inversée »

Dans ce cas, l'isolant est disposé sur une étanchéité existante. Selon l'accessibilité cette couche d'isolant est recouverte d'une couche de gravier ou d'un dallage sur sable. Son avantage réside dans la protection de l'étanchéité des intempéries. Son inconvénient est que l'isolant chargé de protection lourde, subit le ruissellement des eaux pluviales.

➤ Isolation sous étanchéité

L'isolant est installé au-dessus de la dalle puis recouvert par l'étanchéité et par une protection lourde en gravillons pour les toitures non accessibles ou en dallage lorsqu'une circulation est prévue. Son avantage est la protection plus efficace de la maçonnerie des variations de température et de ce fait elle limite les mouvements de dilatation et de réfraction.

9.5. Isolation des planchers

L'appréciation de la qualité thermique d'un plancher, pour aider à déterminer le choix en termes d'isolation, se fonde sur des critères indissociables :

- La constitution du plancher.
- La nature des liaisons entre plancher et parois verticales adjacentes.
- La présence et la nature d'un éventuel volume d'air sous le plancher.

En rénovation, il est souvent difficile d'isoler le sol d'un logement, la présence d'un vide sanitaire ou d'une cave peut cependant permettre la mise en place en dessous de la dalle d'isolation. (17)

10. Matériaux pour l'isolation thermique

10.1. Choix des matériaux isolants

Pour choisir l'isolant adéquat à notre construction on doit d'abord connaître les caractéristiques de plusieurs matériaux d'isolation, notamment les caractéristiques thermiques qui sont classés sous deux volets :

10.1.1. Caractéristiques statiques

Ce sont la conductivité et la capacité thermique

➤ La conductivité thermique (λ) :

C'est la capacité d'un matériau de ralentir les échanges calorifiques entre l'intérieur et l'extérieur. Plus la conductivité est faible, plus le matériau est isolant.

Le matériau isolant thermique est un matériau à faible conductivité thermique externe. C'est donc un matériau qui ne transfère pas bien la chaleur, que ce soit par conduction, convection ou rayonnement. (19)

- Pour éliminer la conduction, doit être éliminée la matière. Le vide ne conduit pas la chaleur.
- Pour éliminer la convection, il faut immobiliser ou supprimer les fluides.
- Pour éliminer le rayonnement, il faut des écrans opaques au rayonnement, ou des surfaces non émissives être réfléchissantes au rayonnement thermique.
- Pour éliminer l'évaporation - condensation, il faut utiliser des matériaux secs.

➤ La capacité thermique (ρ, c) :

C'est la capacité d'un matériau d'emmagasiner la chaleur par rapport à son volume. Elle dépend de trois paramètres :

- La conductivité thermique du matériau (λ).
- La chaleur spécifique du matériau.
- La densité ou masse volumique du matériau.

10.1.2. Caractéristiques dynamiques :

Ce sont la diffusivité et l'effusivité.

➤ La diffusivité thermique (a)

La diffusivité thermique est la capacité d'un matériau à transférer un changement de température, elle augmente avec la conductivité thermique et décroît avec l'augmentation de sa chaleur volumique. C'est aussi la vitesse de diffusion de la chaleur à l'intérieur d'un matériau.

➤ L'effusivité thermique (b)

Il s'agit de la capacité d'un matériau d'absorber ou de restituer une puissance thermique. Plus l'effusivité est élevée, plus le matériau absorbe l'énergie sans se réchauffer.

Pour réduire l'effet du flux thermique, il faut augmenter l'effusivité des parois et diminuer la diffusivité. (12)

10.2. Types de matériaux isolants

10.2.1. Isolants d'origine végétale

Ces isolants sont les plus couramment employés en construction écologique et leur utilisation est en croissance rapide vus les avantages qu'ils présentent : ce sont des matériaux renouvelables et à faible impact environnemental pouvant être produits localement à partir de matière première peu chère et ne présentent pas de dangers sanitaires pour les habitants. (20)

➤ Le liège :

Le liège est par essence une matière renouvelable : l'écorce prélevée sur le chêne-liège se régénère naturellement. Le liège est un matériau écologique, renouvelable et noble. En effet, C'est un matériau étanche, régulateur d'humidité, imputrescible et stable dans le temps, bon isolant thermique, acoustique isolation en liège peut être réalisée pour des projets de rénovation ou de construction. La plaque de liège peut servir à isoler les sols, les murs, les plafonds, avec des produits plus adaptés en fonction d'une isolation en intérieur ou en extérieur. (21)



Figure 19: Panneaux de liège (21)

10.2.2. Isolants d'origine animale

➤ Laine de mouton :

Laine de mouton est un isolant à faible empreinte environnementale. Elle peut absorber 33% de son poids de vapeur d'eau ce qui fait d'elle un excellent régulateur hygroscopique, elle est sensible au feu et l'isolation acoustique du bâtiment, ils sont disponibles en rouleaux ou panneaux semi-rigides. (22)



Figure 20: Panneau souple de laine de mouton (21)

10.2.3. Isolants synthétiques

Les isolants synthétiques sont des produits dérivés de l'industrie pétrolière et issus de transformations chimiques. Par exemple le polystyrène extrudé est fabriqué à partir de billes de monomère styrène mélangées et extrudées avec un agent gonflant (CO₂ ou HFC) suivant les besoins.

➤ Polystyrène expansé :

Le polystyrène expansé est fabriqué à base de pétrole brut. Son processus de fabrication consiste à lier entre elles une multitude de billes par compression lors d'un moulage qui va emprisonner l'air sec immobile. Le polystyrène expansé est utilisé sous forme de panneaux et en vrac pour les bétons allégés. Il a une bonne capacité d'isolation, il est perméable à la vapeur

d'eau. C'est un matériau très léger, facile à travailler et avec une résistance mécanique élevée. Par contre son isolation phonique est médiocre et son mode de fabrication polluant ; il est également très nocif en cas d'incendie. (23)

Tableau 1 : avantages et inconvénients de Polystyrène expansé

avantages	inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> • Pose facile • Bonne capacité d'isolation • Bonne perméabilité à la vapeur d'eau • Très bonne résistance à la compression • Facile à travailler • économique 	<ul style="list-style-type: none"> • Isolation acoustique médiocre • Mode de fabrication polluant • Dégagement de gaz toxiques en cas d'incendie • Facilement inflammable • Déconseillé sur les surfaces irrégulières

• **Les entrevous en polystyrène :**

Les entrevous en polystyrène disposent de plusieurs avantages :

- Ils offrent une excellente isolation thermique (ils permettent de répondre à la réglementation thermique). Ils ne nécessitent pas d'isolation thermique rapportée.
- Ils sont légers. Ainsi, ils permettent d'alléger fortement le plancher par rapport à des hourdis en béton.
- Ils peuvent être découpés à la scie égoïne, ce qui facilite la pose.
- Ils offrent la possibilité de passer des gaines.

Cependant, les hourdis en polystyrène expansé ont aussi des inconvénients :

- Ils ont de mauvaises performances acoustiques.
- Leur prix est bien plus élevé que celui des hourdis traditionnels.
- Ils sont très fragiles. A l'inverse des hourdis en béton, ils ne peuvent pas supporter des charges trop conséquentes. Ils ne sont donc pas conseillés si les charges d'exploitation du plancher sont élevées.
- Leur manutention est plus complexe.
- Ils ont une mauvaise résistance au feu.
- Vous ne pourrez pas fixer le faux plafond dessus car cela risque de fragiliser la structure.

Les entrevous en polystyrène sont particulièrement adaptés au-dessus des pièces non chauffées ou d'un vide sanitaire (sous-sol ou rez-de -chaussée). (24)



Figure 21:Pose de hourdis en polystyrène (24)

11. Conclusion

La conception de l'enveloppe thermique est une phase très importante pour assurer la sensation de confort en économisant la consommation énergétique. Alors que l'ignorance de cette phase peut favoriser l'inconfort intérieur, lorsque l'enveloppe thermique ne répond pas aux exigences du confort, l'introduction d'une isolation permet corriger les défauts d'étanchéité d'une enveloppe thermique. L'isolation va créer une barrière contre les fuites de la chaleur ou de la fraîcheur

Le rôle des matériaux de construction dans une enveloppe d'un bâtiment est primordial. Elle ne nécessite que le choix judicieux des matériaux, c'est la solution essentielle en construction passive. Le choix des matériaux a un impact direct sur la qualité de l'air intérieur et le respect des conditions de confort des usagers, Les caractéristiques thermiques des matériaux de construction vont permettre d'augmenter ou de diminuer la performance énergétique.

La grande variété des types d'isolants donne à l'utilisateur à choisir selon certains critères. Le respect de la santé de l'occupant, le coût convenable et l'efficacité sont des éléments à prendre en considération lors du choix.

Chapitre 02 : La simulation thermique en régime dynamique par le logiciel TRNSYS

1. Introduction

Les outils des simulations énergétique permettent la simulation de comportement thermique d'un bâtiment et de calculer les besoins énergétiques nécessaire au maintien du confort thermique en période hivernale et estivale.

A l'aide de l'outils TRNSYS, nous allons étudier l'impact de la variation de l'isolation thermique d'un bâtiment sur la consommation de chauffage et de climatisation, ainsi que son impact sur la variation de la température.

2. Présentation de l'outils de simulation

2.1. Principe de la simulation énergétique

Une simulation (ou modélisation) énergétique d'un bâtiment est une analyse assistée par ordinateur des effets d'éclairage naturel, de la consommation d'énergie du bâtiment et cela est généralement fait avec l'aide d'un spécialiste du logiciel qui permet vous d'entrer des données spécifiques à la construction que nous sommes la modélisation, telles que la surface, la composition et l'orientation des murs, du toit et du plancher, le type d'occupation, les équipements, l'éclairage utilisé ainsi que les systèmes mécaniques. Ces données sont associées à un fichier météorologique choisi selon la position géographique du bâtiment, sont traitées dans un moteur de calcul permettant d'évaluer ces interactions et fournissant, par la suite, des estimations quantitatives. (24)

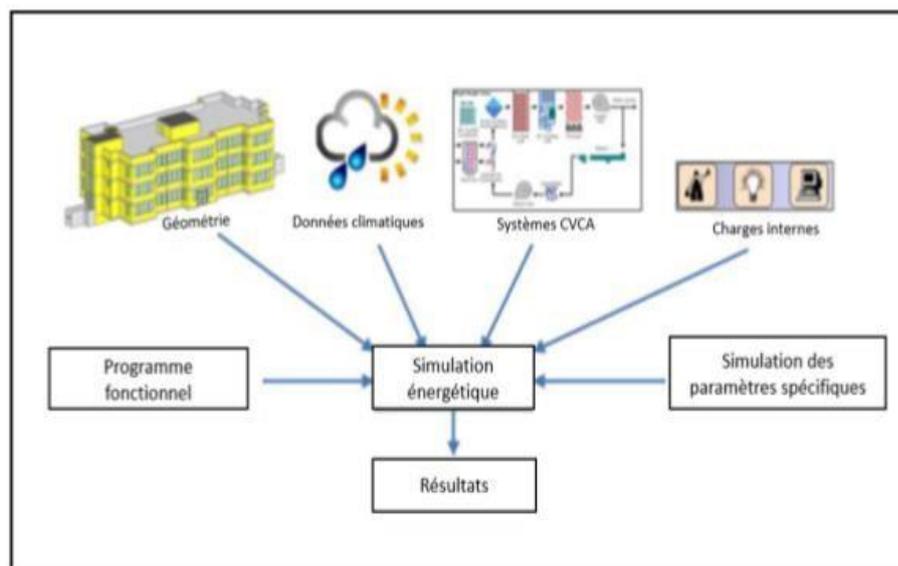


Figure 22: Schématisation du flux des données dans un outil de simulation énergétique (24)

2.2. Processus de simulation énergétique

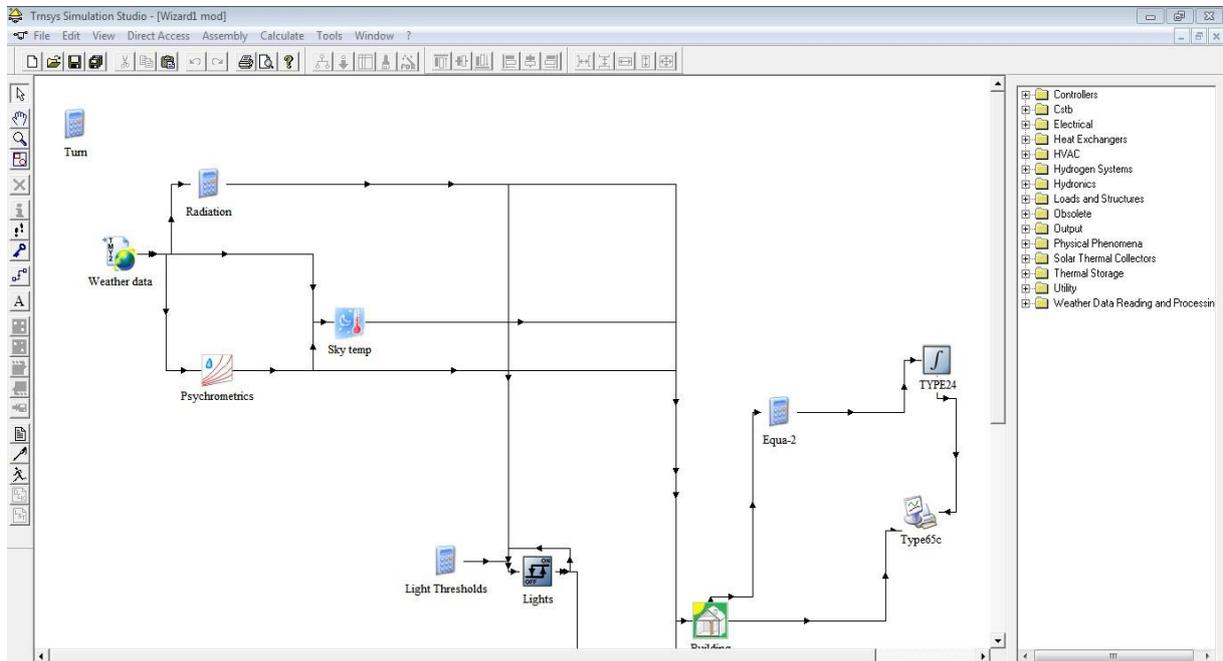


Figure 23: Interface TRNSYS

Plusieurs caractéristiques du projet sont à définir dans le but de réaliser une modélisation énergétique de l'immeuble et pour déterminer la consommation énergétique du bâtiment, le logiciel serait simuler une année d'occupation en utilisant les informations récupérées.

- Une description géométrique du bâtiment par saisie de plans, où l'on spécifie les dimensions et orientations des pièces, parois, vitrages, ouvrants...
- Une description de l'environnement proche du bâtiment (bâtiments et végétation à proximité pouvant faire de l'ombrage, ...) ainsi que les données de localisation correspondantes (latitude, longitude et altitude).
- Une description de l'enveloppe du bâtiment, avec indication de la composition des parois, des vitrages, des portes... et des propriétés physiques (thermiques et optiques) des matériaux qui les constituent.
- Une description des équipements (chauffage, ventilation, eau chaude sanitaire, éclairage...) à travers les paramètres qui décrivent leur fonctionnement.

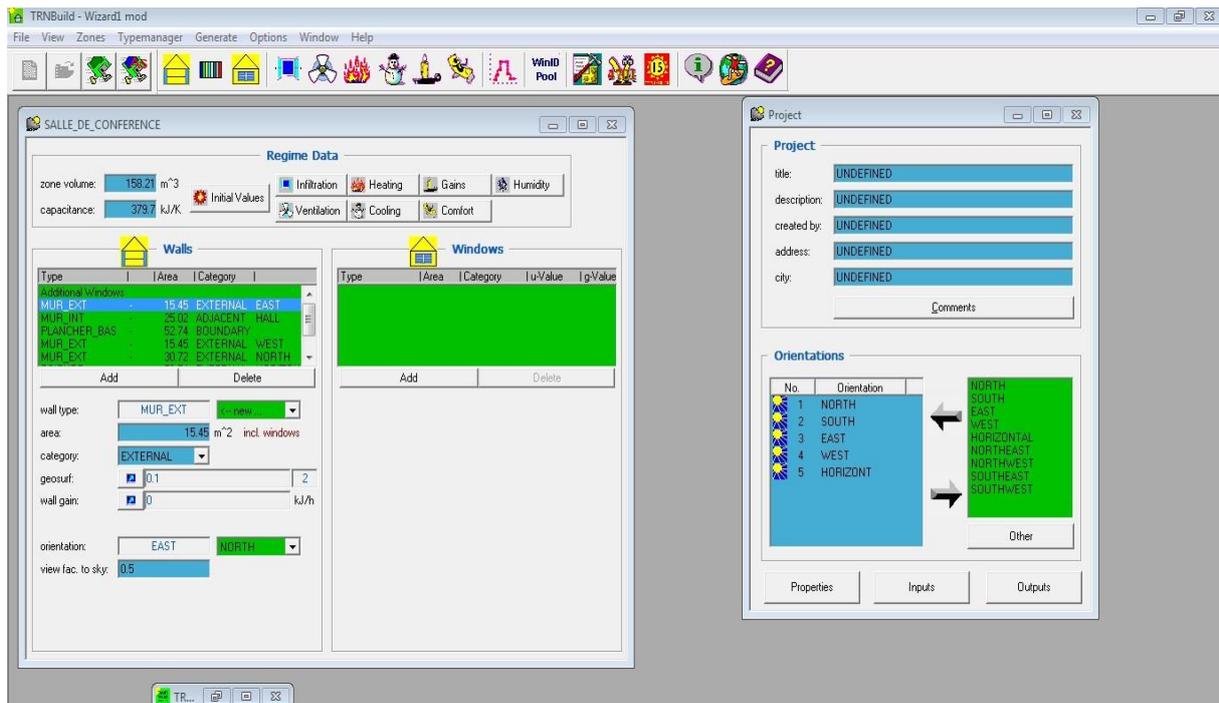


Figure 24: Interface TRNBUILD

3. Caractéristiques générales du site

3.1. Présentation du site



Figure 25: Situation géographique du site

Souidania est une commune de la wilaya d'Alger en Algérie, située à environ 21 km au sud-ouest d'Alger avec une superficie de 13.56 km² et Latitude : 36.708, Longitude : 2.91256 36° 42' 29" Nord, 2° 54' 45". Son altitude est de 136m.

3.2. Données climatologiques

Selon le document technique réglementaire DTR C 3-2, Souisania appartient à la zone A avec un climat méditerranéen chaud.

Les conditions climatologiques varient en fonction des saisons. Les figures suivantes représentent les caractéristiques du site 'Souidania' importés du logiciel Métronome.

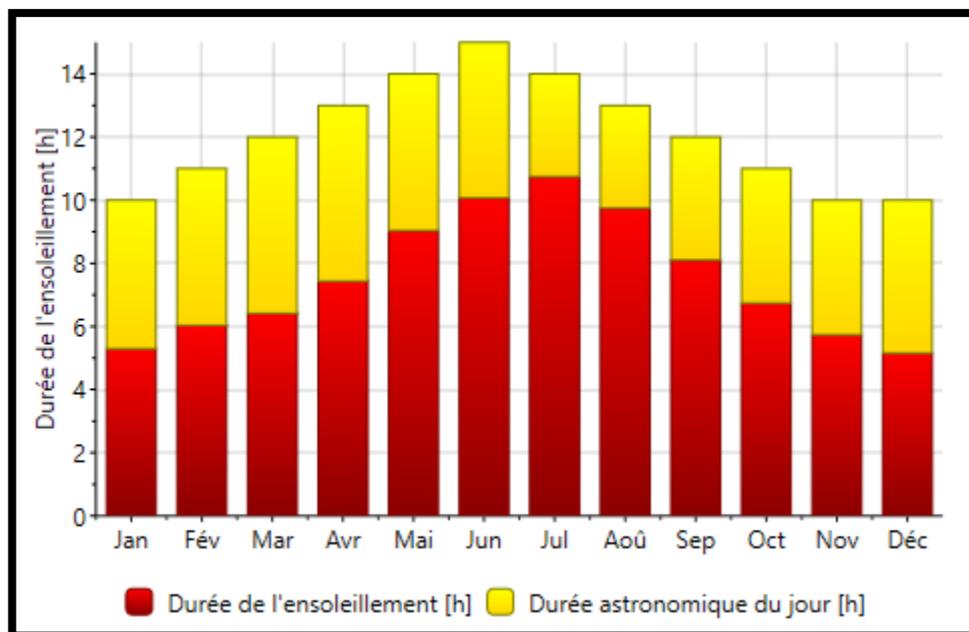


Figure 26:Durée d'ensoleillement à Souidania

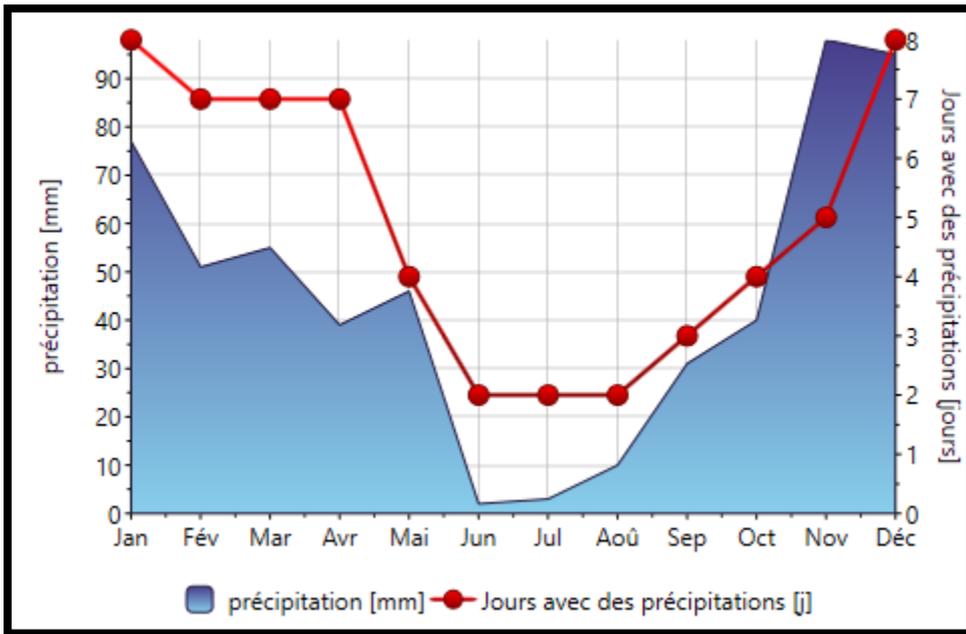


Figure 27 :Précipitations à Soudania

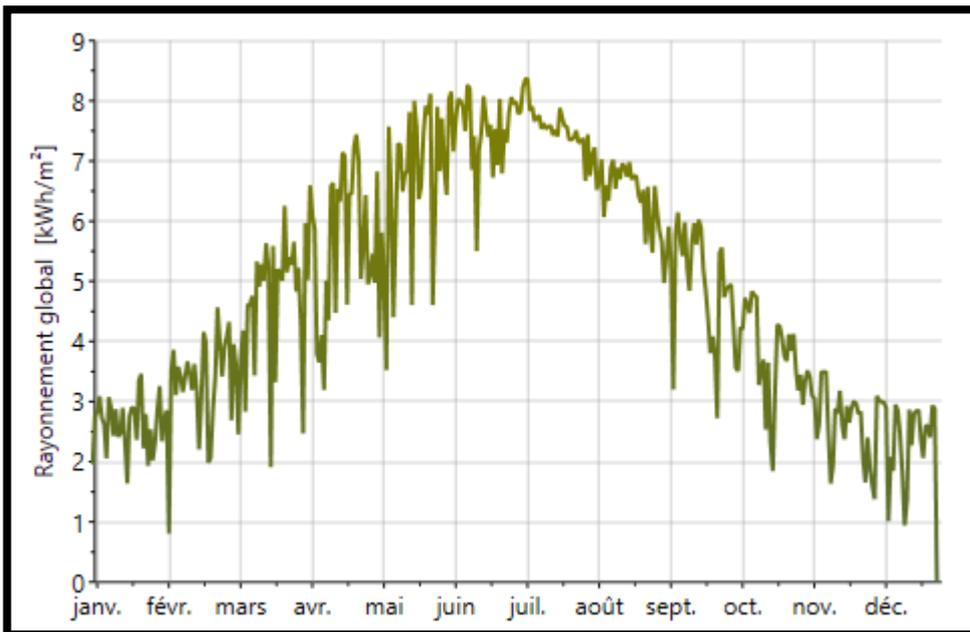


Figure 28 :Rayonnement global journalier à Soudania

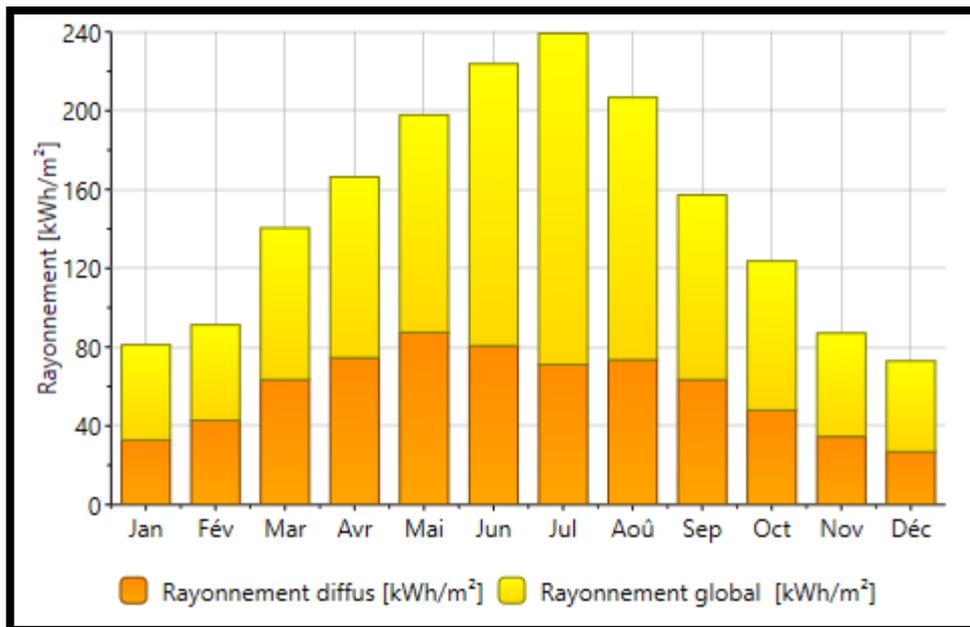


Figure 29 :Rayonnement annuel à Soudania

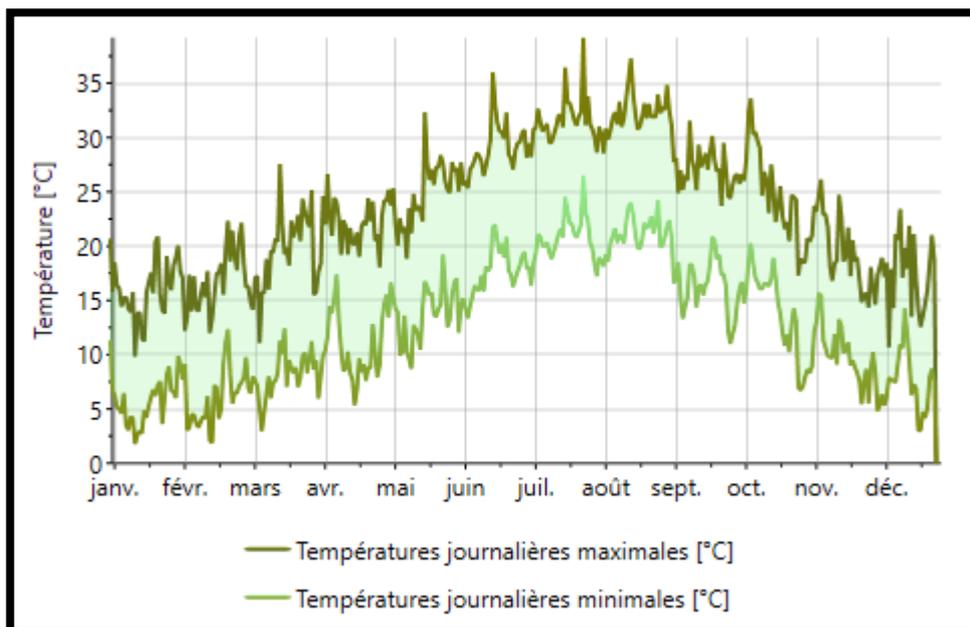


Figure 30 :Température journalière à Soudania

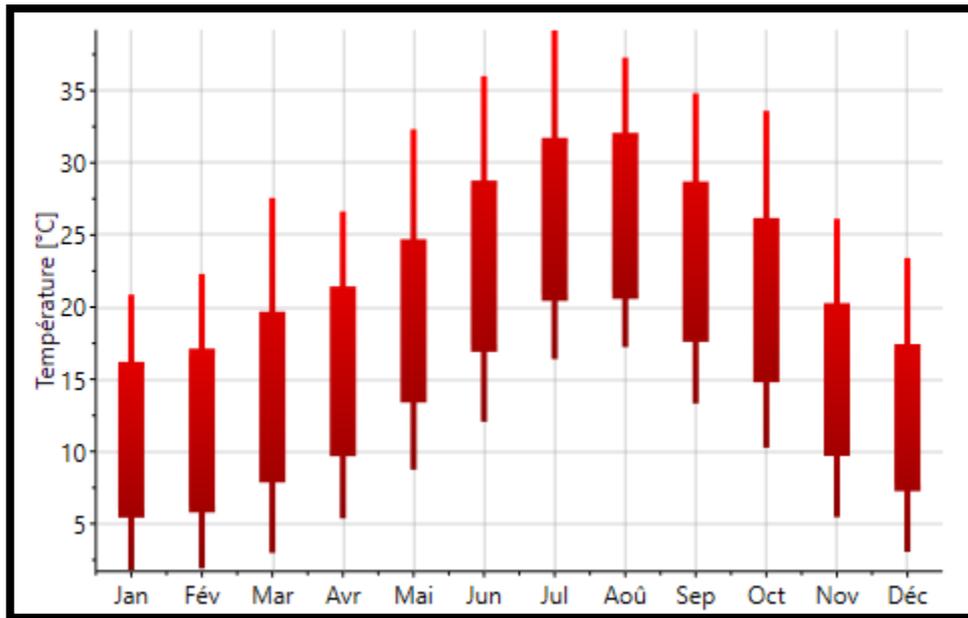


Figure 31 :Température annuelle à Soudania

4. Description du cas d'étude

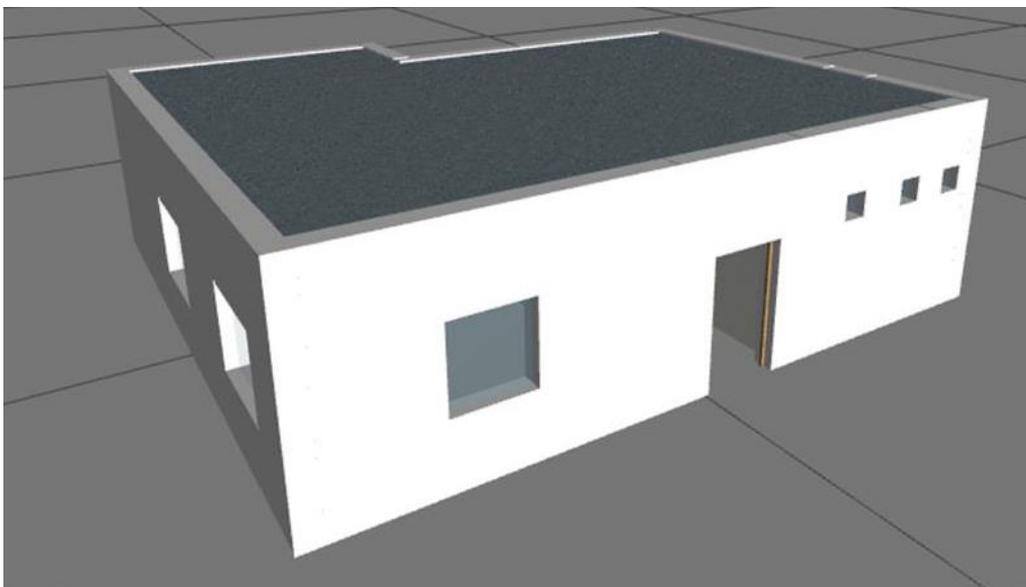


Figure 32 :Vue du bâtiment en 3D

Le bâtiment étudié est un local à usage de bureau d'une surface de 105.02 m², situé au sein du Centre National de l'Etude et de la Recherche Intégrée du Bâtiment à SOUIDANIA-Alger.

Le local est composé d'une salle de conférence d'une surface de 52.73m² contenant deux grandes fenêtres côté Nord de surface 2.25m² chacune et une autre fenêtre côté Ouest d'une surface de 1.8m², un bureau de 23.36m² contenant une fenêtre coté Est et une autre coté Sud de surface 2.25m² chaque une, des sanitaires de surface 12.25m² contenant deux fenêtres identiques de surface 0.25m² et une autre d'une surface de 0.3m² de 1.8m² et un hall de 16.68m² (en utilisant des fenêtres en triple vitrage).

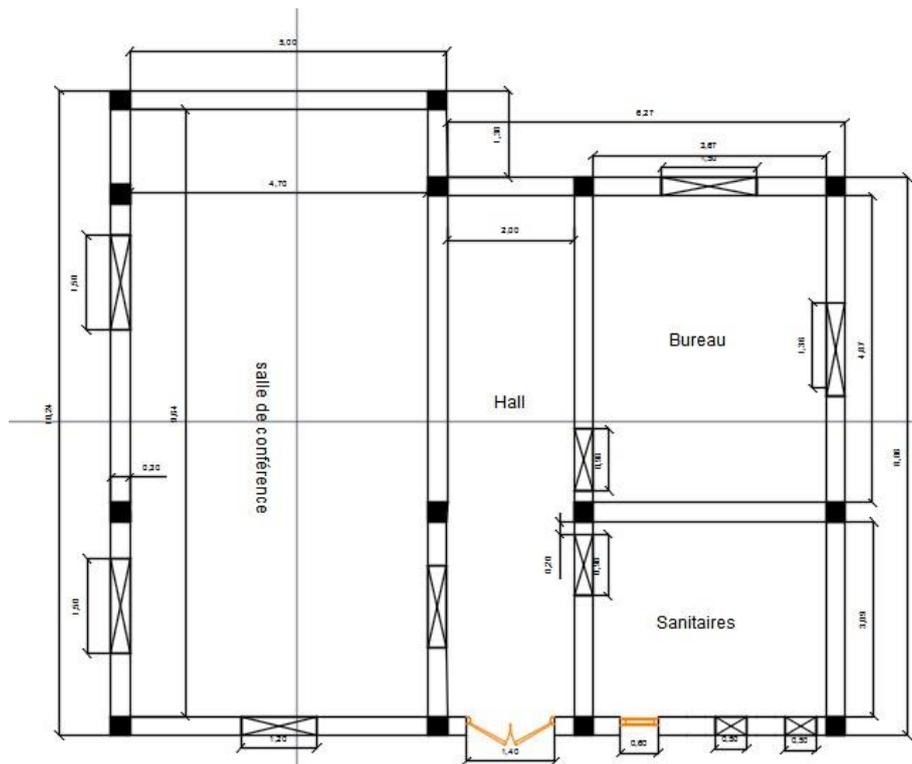


Figure 33 :Plan intérieur de la maison

Cette maison se distingue par l'optimisation de certains paramètres de construction dans le but de minimiser la consommation énergétique (Chauffage, climatisation et éclairage). Pour ce faire, des principes ont été appliqués pour que celle-ci soit la plus économe possible en énergie :

- Minimiser les pertes de chaleur vers l'extérieur (par transmission et par renouvellement d'air).
- Maximiser l'exploitation des apports gratuits d'énergie (apport interne, apport par des parois vitrées...etc.).

Pour ce faire, certains éléments de construction ont été conçus de manière différente pour répondre à ce but. Ainsi, cette maison se distingue donc des autres maisons par :

- Son isolation thermique.
- L'optimisation de l'utilisation de l'énergie solaire d'une façon active et passive.
- La présence d'une importante masse thermique.
- L'utilisation de la ventilation naturelle.
- L'utilisation des lampes à basse consommation.

5. Composition des parois

5.1. Cas du bâtiment isolé :

Tableau 2: Composition des parois du bâtiment isolée

Matériau	e (mm)	λ (W/m°C)	C (J/Kg°C)	ρ (Kg/m ³)
Composition de mur extérieur				
Panneau de plâtre (Panneau HGP)	25	0.35	936	1000
Brique mono'mur	300	0.15	936	850
Mortier ciment	20	1.4	1080	2200
Composition de la toiture				
Faux plafond	13	0.054	-	-
Entrevous en Polystyrène	80 à 160	var	830	1290
Béton armé	60	1.7	840	2500
Polystyrène	50	0.046	1404	13
Mortier de ciment	20	1.4	1080	2200

Composition du plancher				
Béton Armé	150	1.7	840	2500
Mortier de ciment	20	1.4	1080	2200
Polystyrène	50	0.046	1404	13
Carrelage	10	1	940	2000
Composition de mur intérieur				
Panneau de plâtre (Panneau HGP)	25	0.35	936	1000
Brique mono-mur	300	0.15	936	1200
Panneau de plâtre (Panneau HGP)	25	0.35	936	1000

5.2. Cas du bâtiment classique

Tableau 3: Composition des parois du bâtiment classique

Matériau	e (mm)	λ (W/m°C)	C (J/Kg°C)	ρ (Kg/m³)
Composition de mur extérieur				
Enduit plâtre	15	0.35	936	1000
Brique perforée	150	0.56	936	1200
Lame d'air	50	0.31	1227	2200
Brique perforée	100	0.56	936	1200
Mortier de ciment	20	1.4	1080	2200

Composition de la toiture				
Enduit plâtre	15	0.35	936	1000
Béton armé	150	1.7	840	2500
Mortier de ciment	20	1.4	1080	2200
Composition du plancher				
Carrelage	10	1	940	2000
Mortier de ciment	20	1.4	940	2200
Béton armé	150	1.7	840	2500
Composition de mur intérieur				
Enduit plâtre	15	0.35	936	1000
Brique perforée	150	0.56	936	1200
Enduit plâtre	15	0.35	936	1000

6. Les scénarios proposés pour la simulation

6.1. Scénarios d'occupation

6.1.1. Occupation jour de semaine

Tableau 4: Scénario d'occupation journalière - jour de semaine

Période journalière	Valeur
De 00h à 08h	0
De 08h à 12h	1
De 12h à 13h	0
De 13h à 17h	1

De 17h à 24h	0
--------------	---

6.1.2. Occupation week-end

Tableau 5: Scénario d'occupation journalière - weekend

Période journalière	Valeur
De 00h à 24h	0

6.1.3. Occupation hebdomadaire

Tableau 6: Scénario d'occupation hebdomadaire

Jour de semaine	Occupation
dimanche	occupation journalière
lundi	occupation journalière
mardi	occupation journalière
Mercredi	occupation journalière
Jeudi	occupation journalière
Vendredi	occupation week-end
Samedi	occupation week-end

6.2. Scénarios de chauffage

Le chauffage ne fonctionnera que lorsque le bâtiment sera occupé. Il sera activé quand la température est inférieure à 21°C.

Tableau 7: Scénario de chauffage

Période journalière	Valeur
De 00h à 08h	0
De 08h à 17h	1

De 17h à 24h	0
--------------	---

6.3. Scénarios de climatisation

De même que pour le chauffage, la climatisation ne fonctionnera que lorsque le bâtiment sera occupé. Il sera activé quand la température est supérieure à 24°C.

Tableau 8: Scénario de climatisation

Période journalière	Valeur
De 00h à 08h	1
De 08h à 17h	0
De 17h à 24h	1

6.4. Scénarios d'occultation

L'ouverture des volets est fixée à 0.8 pendant l'hiver et 0.2 pendant l'été et ceci pour les deux types de vitrage utilisés (vitrage simple pour la maison classique et triple vitrage pour la maison optimisée).

6.5. Les gains

6.5.1. Salle de conférences

Tableau 9: Les gains thermiques au niveau de la salle de conférences

Source d'apports de 8h à 17h	Charge thermique (W)
10 Ordinateurs	1400
Eclairage (5W/m ²)	230
10 personnes	750
imprimante	376
Data show	300

6.5.2. Salle de réunion

Tableau 10: Les gains thermiques au niveau de la salle de réunion

Source d'apports de 8h à 17h	Charge thermique (W)
5 ordinateurs	700
Eclairage (5W/m²)	120
5 personnes	375
Réfrigérateur	100
Cafetière	300

6.5.3.Hall et sanitaires

Les gains de hall et sanitaire sont dus l'éclairage artificiel, estimé de 85W pour les sanitaires et 62W pour le hall.

6.6. La ventilation naturelle et l'infiltration

Pour la ventilation naturelle on a pris une valeur constante égale à 0.6. Quant à l'infiltration, la valeur est fixée à 0.2.

Chapitre 03 : Résultats et discussion

1. Introduction

Dans ce chapitre, nous allons expliquer et comparer les résultats des différents résultats obtenus.

2. Interprétation et discussion des données

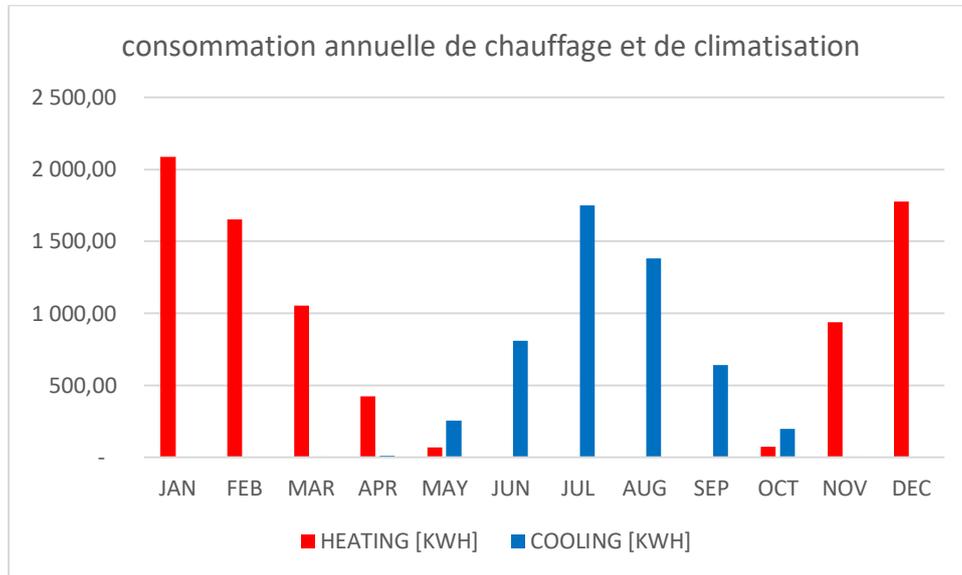


Figure 34 :Consommation de chauffage et de climatisation du bâtiment classique

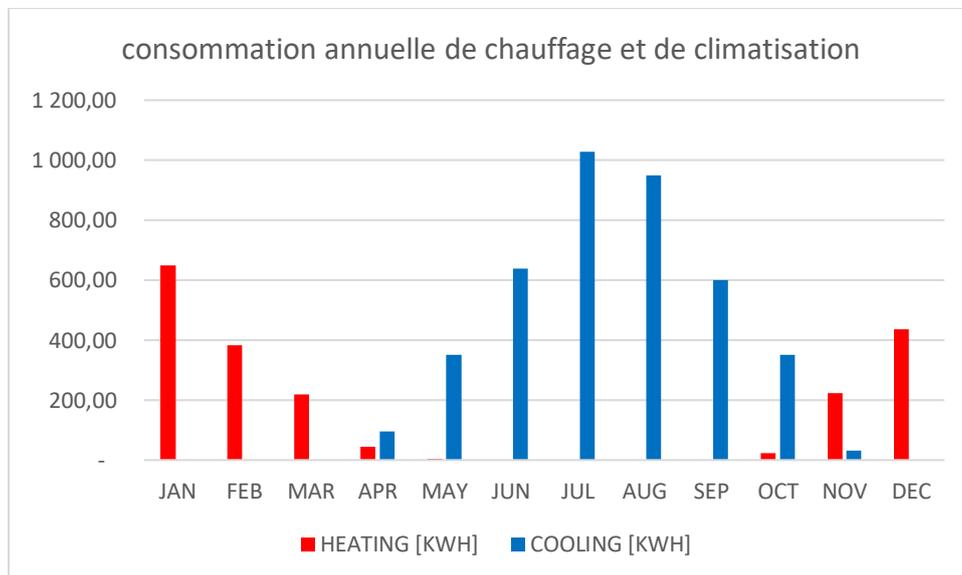


Figure 35:Consommation de chauffage et de climatisation du bâtiment amélioré avec entrevous de 8cm

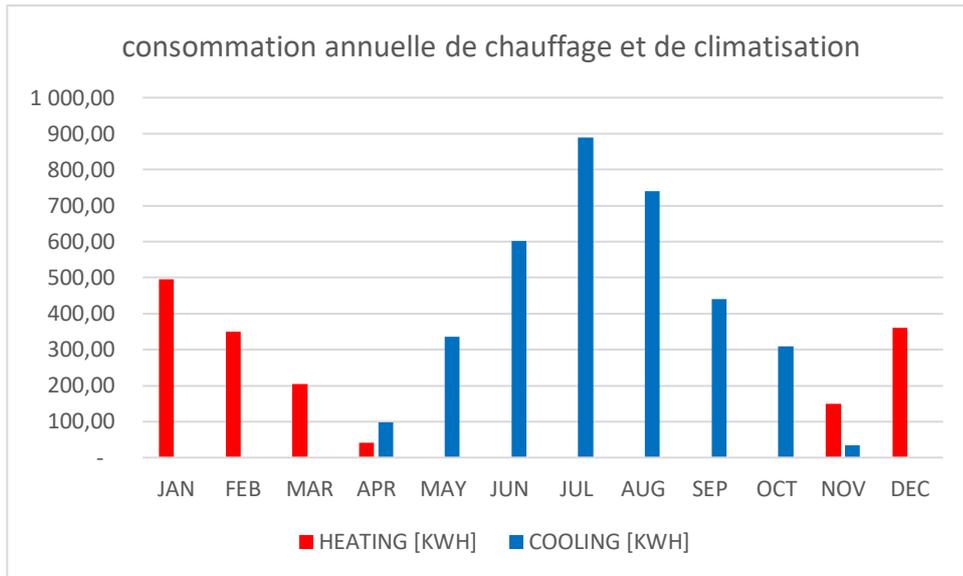


Figure 36: Consommation de chauffage et de climatisation du bâtiment amélioré avec entrevous de 12cm

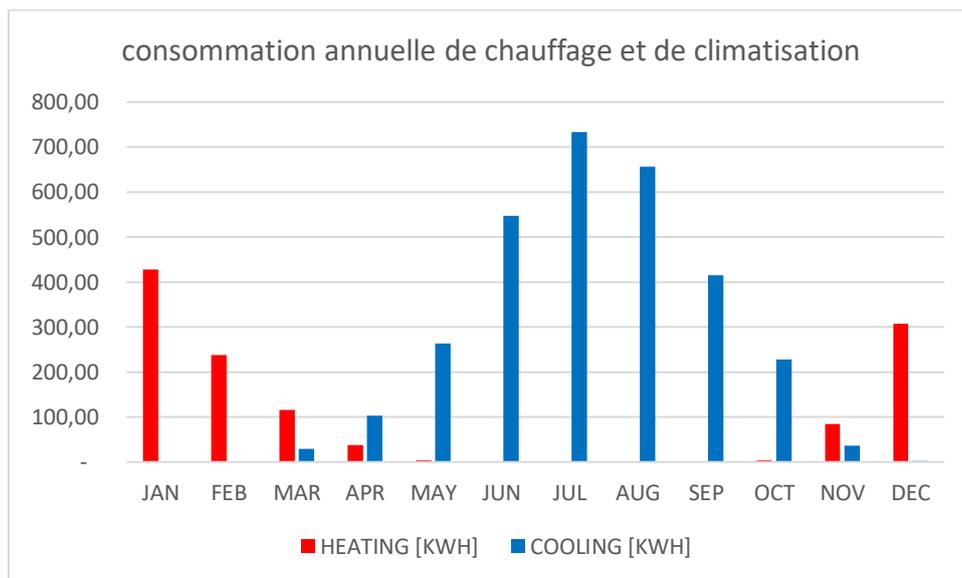


Figure 37: Consommation de chauffage et de climatisation du bâtiment amélioré avec entrevous de 16cm

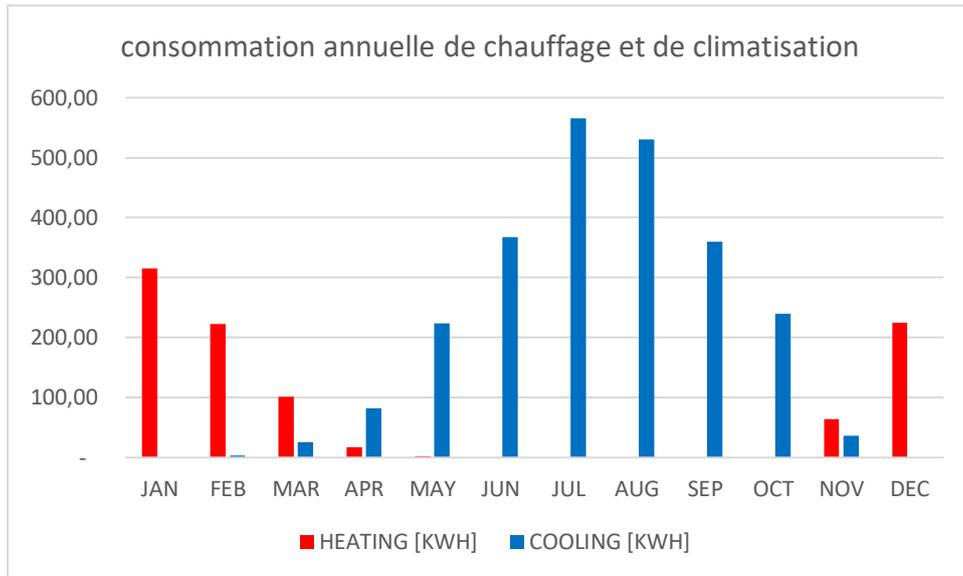


Figure 38: Consommation de chauffage et de climatisation du bâtiment amélioré avec un isolant de 5cm+entrevous 8cm

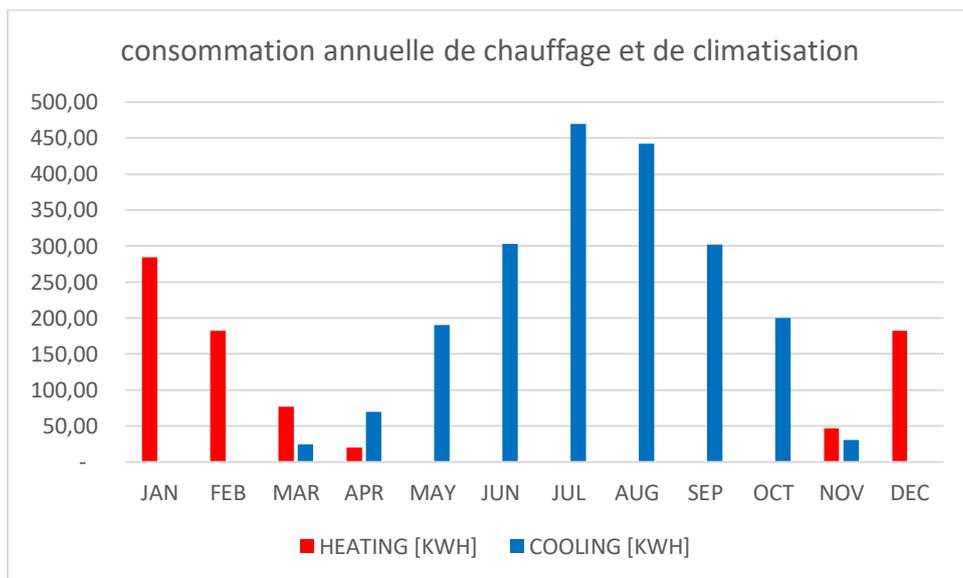


Figure 39: Consommation de chauffage et de climatisation du bâtiment amélioré avec un isolant de 5cm+entrevous 12cm

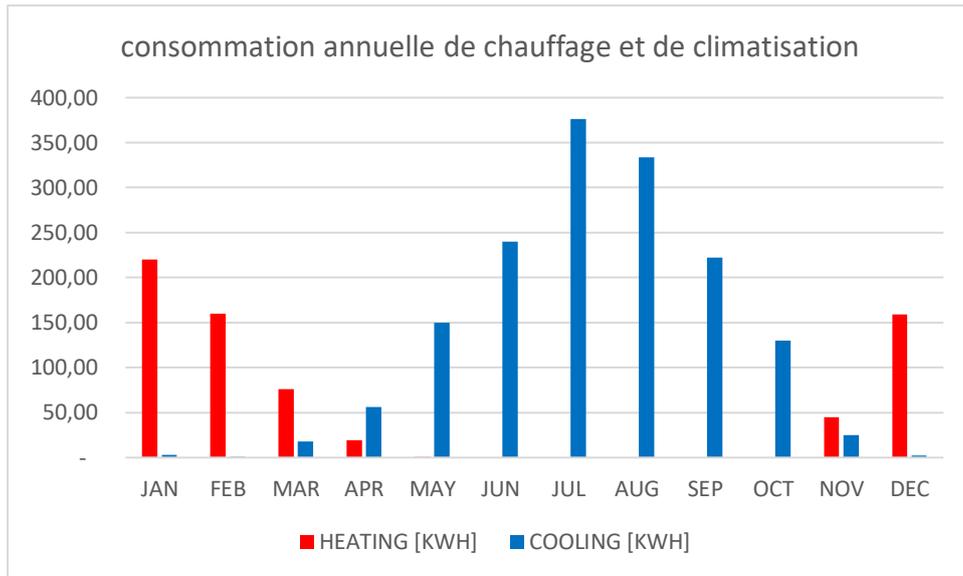


Figure 40: Consommation de chauffage et de climatisation du bâtiment amélioré avec un isolant de 5cm+entrevous 16cm

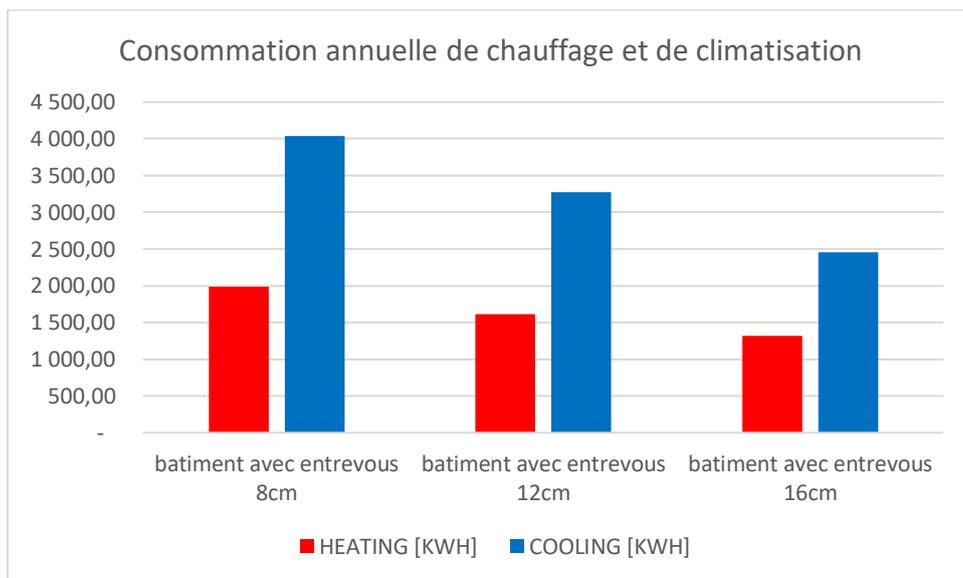


Figure 41: consommation du bâtiment amélioré pour différentes épaisseurs d'entrevous

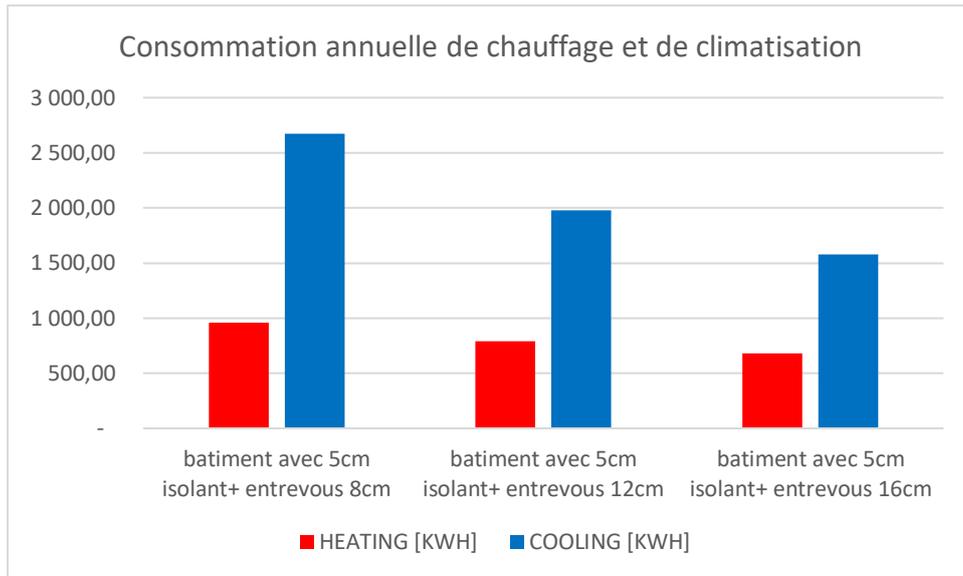


Figure 42: Consommation du bâtiment amélioré + 5 cm d'isolant pour différentes épaisseurs d'entrevous

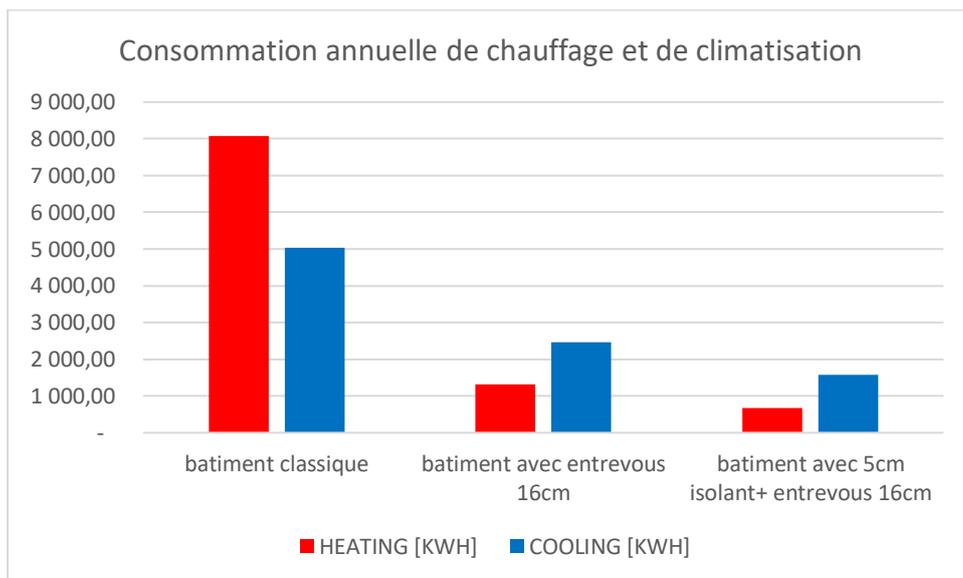


Figure 43: comparaison des consommations

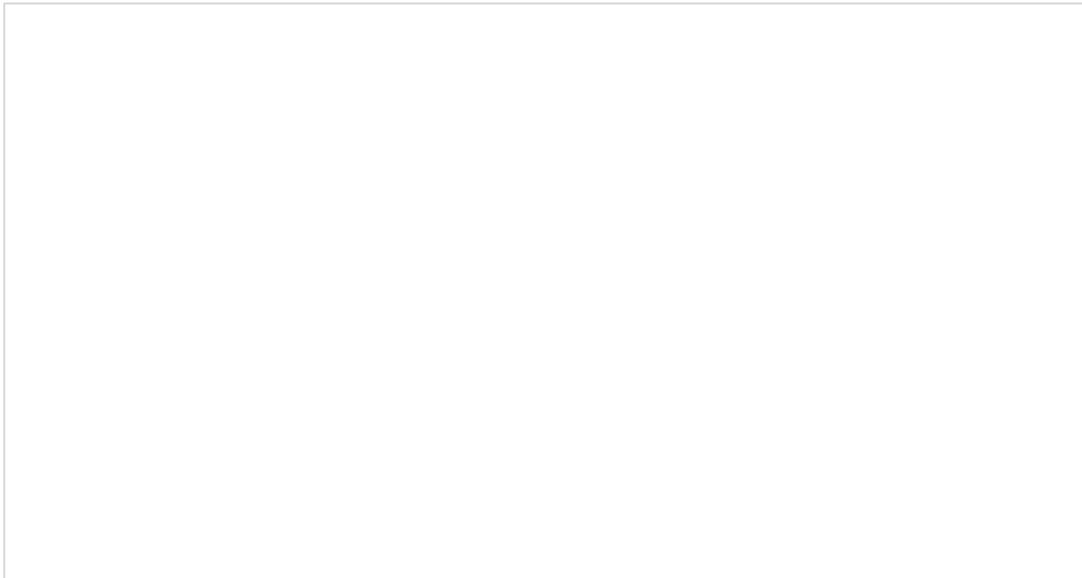


Figure 44: températures de la semaine la plus chaude

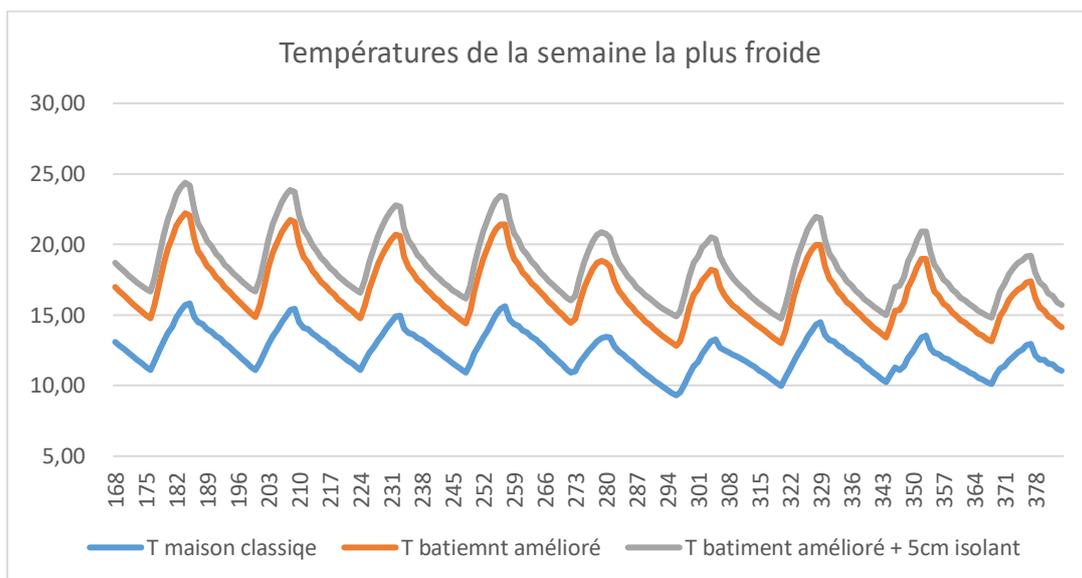


Figure 45: Températures de la semaine la plus froide

Sur la figure 34, on remarque que la consommation de chauffage et de climatisation du bâtiment classique est très importante, on peut dire que c'est un bâtiment énergivore.

Les figures 35, 36 et 37 montrent la consommation de chauffage et de climatisation pour le bâtiment amélioré avec les épaisseurs d'entrevous qui suivent dans l'ordre : 8, 12 et 16 cm. On remarque une diminution de la consommation de climatisation et de la consommation de chauffage avec l'augmentation de l'épaisseur de l'entrevous utilisé.

Les figures 38, 39 et 40 montrent la consommation de chauffage et de climatisation pour le bâtiment ayant la même configuration précédente, avec l'intégration d'une isolation en polystyrène expansée d'une épaisseur de 5 cm.

On observe toujours une diminution de la consommation de climatisation et de la consommation de chauffage avec l'augmentation de l'épaisseur de l'entrevous utilisé.

Depuis les figures 41 et 42, on observe les résultats précédents plus clairement et on remarque aussi la diminution de la consommation de chauffage et de climatisation avec l'intégration de l'isolant d'épaisseur égale à 5 cm.

La figure 43 nous laisse constater l'importante économie en consommation d'énergie de chauffage et de climatisation faite au niveau du bâtiment amélioré dans lequel on a utilisé les entrevous en polystyrène avec une épaisseur de 16 cm et une isolation de 5 cm de polystyrène.

Sur les figures 44 et 45, on observe la variation de la température de la maison classique comparée à celles des maisons isolées.

3. Conclusion

D'après les simulations faites on a pu constater que la variation de l'épaisseur des entrevous en polystyrène utilisé en toiture influence positivement sur la consommation énergétique de la maison, l'isolation assurée par l'entrevous en polystyrène nous a permis d'économiser énormément en consommation de climatisation et surtout de chauffage.

L'utilisation de panneau de polystyrène expansé avec 5 cm d'épaisseur a également agité sur la réduction de la consommation énergétique.

Quant à la consommation de climatisation qui est plus ou moins grande, elle peut être justifiée par les apports internes (occupations, appareils électriques, lumière...)

Une bonne isolation du bâtiment assure la réduction de la consommation énergétique du bâtiment jusqu'à la moitié par rapport au bâtiment classique. Le polystyrène qui est considéré comme l'un des isolants les plus fiables par rapport à la qualité prix et disponibilité et dont l'inertie thermique d'isolant joue un grand rôle dans la minimisation de la consommation énergétique.

Conclusion générale

Ce travail avait pour objectif d'évaluer l'impact de l'intégration des entrevous en polystyrène en toiture sur les performances énergétique d'un bâtiment, afin d'atteindre un confort optimal, de réduire sa consommation et son impact sur l'environnement.

Des généralités sur l'enveloppe du bâtiment et l'isolation thermique ont été présentés dans ce travail.

La simulation thermique en régime dynamique réalisé avec le logiciel TRNSYS nous a permis de déterminer la consommation en chauffage et en climatisation pour plusieurs types de bâtiments et de comparer les résultats.

D'après les simulations effectuées, on a obtenu plusieurs résultats qui ont montré que l'isolation de l'enveloppe du bâtiment permet de réduire remarquablement sa consommation énergétique. L'augmentation de l'épaisseur de l'entrevous en polystyrène assure une bonne isolation thermique et agit en faveur de l'économie de l'énergie.

Au terme de ce travail, il ressort que le confort thermique peut être atteint par un choix judicieux des matériaux et paramètres de construction et une bonne étude qui prend en considération tous les facteurs, pour essayer de réduire au maximum la consommation d'énergie et ainsi le cout et l'impact sur l'environnement.