



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



Université Amar THELIDJI- Laghouat

FACULTE : TECHNOLOGIE

DEPARTEMENT : GÉNIE MÉCANIQUE

MEMOIRE DE MASTER

Présenté par : Ahmed OTHMANI / Ismail ARARIA

DOMAINE : Sciences et Technologies

FILIERE : Génie Mécanique

OPTION : Énergétique

Thème

**Simulation Des Performances Thermique
Dans Le Bâtiment**

Jury de soutenance :

Nom et Prénom	Qualité
BENCHATTI Ahmed	Président
TEGGAR Mohamed	Examineur
MEDJELLED Ahmed	Encadreur

Année Universitaire : 2022-2023



REMERCIEMENTS

En premier lieu, nous tenons à remercier Dieu, notre créateur pour nous avoir donné la force pour accomplir ce travail.

*Nous tenons à remercier **Pr.MEDJELLED AHMED** notre **encadreur** pour son grand **soutien et ses conseils considérables.***

Nous remercions également tous les professeurs du département génie mécanique.

Il est également très agréable de remercier tous les agents administratifs du département.



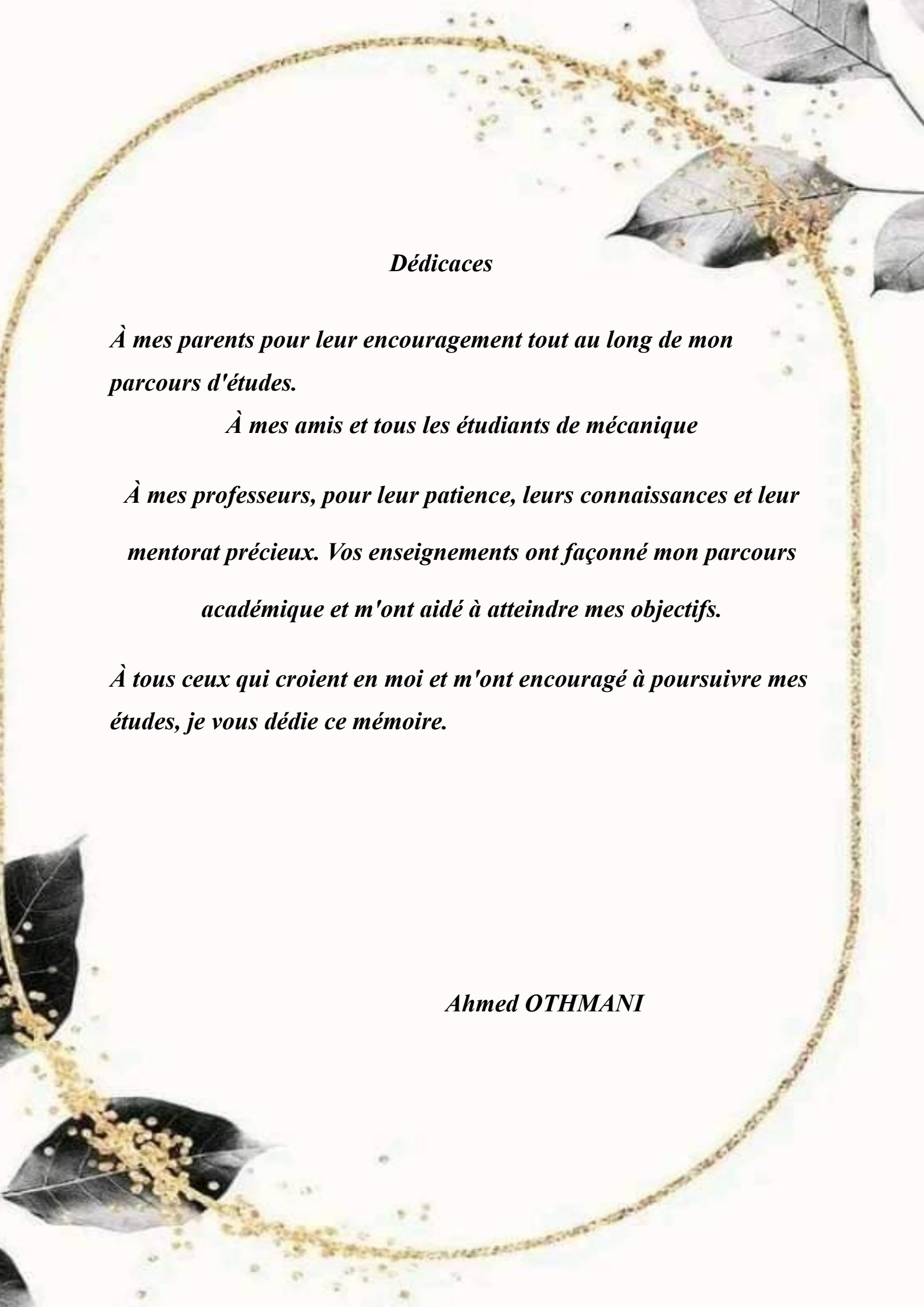
Dédicaces

À toutes ma famille, pour leur encouragement tout au long de mon parcours d'études.

À mes amis et tous les étudiants de mécanique

À mes professeurs, pour leur patience, leurs connaissances et leur mentorat précieux. Vos enseignements ont façonné mon parcours académique et m'ont aidé à atteindre mes objectifs.

Ismail ARARIA



Dédicaces

À mes parents pour leur encouragement tout au long de mon parcours d'études.

À mes amis et tous les étudiants de mécanique

À mes professeurs, pour leur patience, leurs connaissances et leur mentorat précieux. Vos enseignements ont façonné mon parcours académique et m'ont aidé à atteindre mes objectifs.

À tous ceux qui croient en moi et m'ont encouragé à poursuivre mes études, je vous dédie ce mémoire.

Ahmed OTHMANI

Table des Matières

Introduction	II
Chapitre I : Performance Énergétique Dans le Bâtiment	5
I.1. Consommation d'énergie dans le secteur du bâtiment	6
1.1.1 .Contexte énergétique mondial	6
1.1.2. Contexte énergétique en Algérie	7
I.2. Énergétique du bâtiment.....	8
I.2.1. Bâtiment est un gros consommateur d'énergie	8
I.2.2. Applications de l'énergétique du bâtiment.....	8
I.3. Performance Énergétique des bâtiments	9
1.3.1. Efficacité énergétique dans les bâtiments	9
1.3.2 .Démarche d'amélioration de l'efficacité énergétique	10
1.3.3 .Efficacité énergétique << passive>>.....	10
1.3.4 .Efficacité énergétique << active>>	10
1.3.5.Étapes d'amélioration de l'efficacité énergétique.....	10
1.3.6. Leviers de l'efficacité énergétique pour les bâtiments	11
I.4. Confort thermique	13
1.4.1.Facteurs ayant une incidence sur le confort thermique.....	13
I.5. Bâtiment devrait être confortable	13
I.6. Conclusion.....	15
Chapitre II : L'enveloppe du bâtiment et l'isolation thermique	16
II.1. Enveloppe du bâtiment	17
II.1.1. Défauts de l'enveloppe thermique	18
II.2. Amélioration du confort thermique	20
II.2.1. Ventilation de la maison.....	20
II.2.2. Régulation de chauffage	20
II.2.3. Isolation thermique.....	21
II.3. Matériaux d'isolation thermique	22
II.3.1. Sélection de matériau en fonction des caractéristiques thermiques	22
II.3.2. Caractéristiques thermiques	22
II.3.3. Types d'isolants thermiques	23
II.4. Amélioration thermique des façades.....	29
II.4.1. L'isolation des murs par l'extérieur	29

II.4.2. Isolation des murs par l'intérieur	30
II.4.3. Isolation des murs dans leur épaisseur	31
II.4.4. Isolation des toitures.....	32
II.4.5. Isolation des plancher's	33
II.5. Conclusion	34
Chapitre III : Simulation énergétique des bâtiments	35
III.1. PRESENTATION DE PROGRAMME UTILISÉ	36
III.1.1. Introduction :	36
III.1.2. Définition :	36
III.1.3. Avantages :	37
III.1.4. Inconvénients :	37
III.2. Étude d'un modèle virtuel à Laghouat	38
III.3. Les Étapes De Simulation.....	40
III.4. Conclusion	48
CHAPITRE IV : Résultat Et Discussion.....	49
IV.1. La variation de la température	50
IV.1.1. 1 ^{er} cas : Sans chauffage et climatisation	50
IV.1.2. Le 2ème cas le changement de la température avec le chauffage et climatisation :	54
IV.2. Conclusion :	61
Conclusion générale	62
Résumé :	64
REFERENCES.....	65

Liste des Tableaux

Tableau 1: locaux Nationales disponibles dans le logiciel Meteonorm	47
Tableau2 :Le temps ; de janvier à février ; avec TRNSYS	47
Tableau 3: La consommation énergétique dans des différentes cas	60

Liste des Figures

Chapitre I : Performance énergétique d'un bâtiment

Figure I. 1 : la consommation énergétique mondiale par secteur.....	15
Figure I. 2 : Consommation d'énergie finale globale par secteur.....	16
Figure I. 3 : Consommation final par secteur d'activité en 2005.....	16
Figure I. 4 : La démarche d'amélioration de l'efficacité énergétique.....	19
Figure I. 5 : Les leviers de l'efficacité énergétique.....	20
Figure I. 6 : Evolution des températures dans des bâtiments au cours de l'année, sans effet des installations techniques de chauffage ou climatisation.....	23

Chapitre II : L'enveloppe du bâtiment et l'isolation thermique

Figure II. 1 : L'enveloppe d'un batiment simple.....	17
Figure II. 2: : Répartition en % des déperditions pour une maison et un immeuble [15].	18
Figure II. 3: Pont thermique d'un plancher [15].	19
Figure II. 4: : les effets des ponts thermiques [16].....	20
Figure II. 5: Comparaison entre une construction bien isolé et non isolé[21, 22]	21
Figure II. 6: Le liege [26]	24
Figure II. 7: les fibres de bois [26].	24
Figure II. 8: Plumes de canard [27].	25
Figure II. 9: Panneau souple de laine de mouton [24].	25
Figure II. 10: Panneaux XPS.....	26
Figure II. 11: le verre cellulaire [16]	27
Figure II. 12: la laine de verre [16]	27
Figure II. 13: les aérogels [16].	28
Figure II. 14: les panneaux isolants sous vide [16].	28
Figure II. 15: les panneaux isolants sous vide [16].	30
Figure II. 16: application d'une isolation interne	31
Figure II. 17: La brique alvéolée en terre cuite (à gauche) et le béton cellulaire à (droite).	32

Chapitre III : Simulation énergétique des bâtiments

Figure III. 1: cette figure représente la localisation de Laghouat.....	38
Figure III. 2: les propriétés thermique des isolants	39

Figure III. 3: La fenêtre principale d'où il y'a le menu principal et les commandes principaux du présent logiciel	40
Figure III. 4: Fenêtre pour la création d'un nouveau projet multizone sous TRNSYS.....	40
Figure III. 5: représentation des zones	41
Figure III. 6: Figure III.4: dimensionnement des zones (suite).....	41
Figure III. 7: orientation et localisation des zones	42
Figure III. 8: Fenêtre ; infiltration et ventilation et climatisation.....	42
Figure III. 9: Fenêtre ; Gains et Eclairage.	43
Figure III. 10: Fenêtre de l'achèvement de création du projet	43
Figure III. 11: représentation visuelle du projet.	44
Figure III. 12: Fenêtre pour TRNbuild.....	44
Figure III. 13: Fenêtre pour TRNbuild (Activer le chauffage).....	45
Figure III. 14: Fenêtre pour TRNbuild (Activer la climatisation).....	45
Figure III. 15: les paramètres thermiques des isolants (conductivité, capacité et densité)	46
Figure III. 16: cette figure montrant l'épaisseur des couches de matériaux utilisés pour l'isolation et la construction	46

CHAPITRE IV : Résultat Et Discussion

Figure IV. 1: cette figure montre comment obtenir des résultats du programme TRNSYS.....	50
Figure IV. 2: La variation annuelle de la température (de janvier à décembre) Dans la zone étudiée (Sans chauffage et climatisation).	51
Figure IV. 3: Les températures intérieures changent au cours du mois de janvier.....	51
Figure IV4 .: Les températures intérieures changent au cours du mois de mars, avril, mai	52
Figure IV5 .: Les températures intérieures changent au cours du mois de juillet.....	53
Figure IV6 .: Les températures intérieures changent au cours du mois de de septembre à novembre	53
Figure IV. 7: le changement de la température en cas de chauffage sans isolation thermique avec la consommation de l'énergie.	54
Figure IV. 8: le changement de la température en cas de chauffage avec isolation thermique avec la consommation de l'énergie.	55
Figure IV. 9: la consommation d'Energie mois de janvier avec isolation (épaisseur 5+5cm).....	56
Figure IV. 10: la consommation d'Energie en mois de janvier avec isolation (épaisseur 15cm+10).57	
Figure IV. 11: le changement de la température en cas de climatisation sans isolation thermique avec la consommation de l'énergie.....	58

Figure IV. 12: le changement de la température en cas de climatisation avec isolation thermique avec la consommation de l'énergie.	59
Figure IV. 13: la consommation d'Energie en mois de juillet avec isolation (épaisseur 5cm).....	59
Figure IV. 14: la consommation d'Energie en mois de juillet avec isolation (épaisseur 15cm+10)...	60

Nomenclatures

q	Flux de chaleur[Kcal /h.m ² .°C]
T	Temperature [°C]
dl	épaisseur du matériau traversé par le flux de chaleur [m]
h	Coefficient de transfert thermique [w/m ² .°C]
S	la section d'aire traversée par le flux de chaleur [m ²]
T	Température de la surface du corps [°C]
λ	Conductivité thermique du fluide [W/(m.K)]
C	La capacité thermique spécifique [J/(kg K)]

Introduction

L'efficacité énergétique est devenue rapidement l'un des principaux défis de notre époque, et les bâtiments jouent un rôle majeur à cet égard. En effet, ils consomment plus d'énergie que tout autre secteur, contribuant ainsi de manière significative au changement climatique. Par conséquent, il est naturel que les gouvernements et les acteurs concernés cherchent des solutions pour améliorer les performances énergétiques des bâtiments, afin de répondre en partie aux enjeux énergétiques actuels tels que l'économie des ressources, la réduction des émissions de gaz à effet de serre et l'utilisation d'énergies renouvelables. L'objectif de la performance énergétique est de garantir un confort thermique optimal tout en optimisant l'utilisation annuelle des énergies consommées.

Il est important d'agir maintenant, car de nombreux nouveaux bâtiments sont construits sans prendre en compte l'efficacité énergétique. Cette situation entraîne une consommation excessive d'énergie et aggrave les problèmes environnementaux liés à l'augmentation des émissions de gaz à effet de serre. En réduisant la consommation d'énergie, nous pouvons réellement progresser dans la lutte contre la dégradation de l'environnement et les changements climatiques.

L'amélioration de l'efficacité énergétique concerne tous les secteurs industriels, notamment la construction et les transports. Dans notre cas, nous nous intéressons particulièrement au secteur résidentiel, qui représente un potentiel considérable en termes d'efficacité énergétique.

Pour améliorer l'efficacité énergétique d'un bâtiment, il est nécessaire d'optimiser ses caractéristiques techniques intrinsèques, telles que son enveloppe et ses installations. L'enveloppe d'un bâtiment joue un rôle de protection contre les influences néfastes extérieures. Sa forme, son épaisseur, sa composition et sa couleur contribuent à réguler le climat intérieur et à optimiser l'efficacité énergétique. En effet, l'enveloppe d'un bâtiment a un impact considérable sur le confort, car les besoins en chauffage et en climatisation sont évalués en fonction des pertes ou des apports saisonniers.

La meilleure façon de rendre une enveloppe performante est de minimiser les influences extérieures sur l'intérieur en assurant une isolation optimale. L'isolation thermique joue ainsi un rôle clé pour atteindre l'objectif de réduction de la consommation d'énergie dans le secteur du bâtiment. C'est pourquoi l'isolation est au cœur des solutions envisagées pour réaliser des économies d'énergie futures. Cette approche implique l'utilisation de plusieurs matériaux présentant des caractéristiques thermiques intéressantes.

Afin de répondre aux exigences de performance énergétique d'un bâtiment, la simulation est une méthode efficace pour évaluer et étudier le comportement thermique des bâtiments dans des conditions variables en raison du coût et l'expérimentation du temps. La simulation thermique dynamique permet de créer un environnement virtuel à long terme, et le logiciel TRNSYS a été

sélectionné pour ses nombreux avantages. Ce travail est divisé en trois chapitres qui sont présentés comme suit:

Le premier chapitre offre une vue d'ensemble sur les performances énergétiques et l'efficacité énergétique. Il aborde les approches et les étapes nécessaires pour améliorer l'efficacité énergétique, en mettant l'accent sur le confort thermique dans les bâtiments et les facteurs qui l'influencent.

Le deuxième chapitre présente une introduction générale sur l'enveloppe thermique, son importance croissante dans la conception des habitations et des bâtiments, ainsi que l'importance de l'isolation.

Dans le troisième chapitre, nous abordons la simulation énergétique des bâtiments, les outils de simulation et leur rôle dans l'amélioration des performances énergétiques grâce à la conception d'alternatives mieux adaptées au projet étudié. Nous présentons également l'environnement de simulation avec l'utilisation du logiciel TRNSYS.

Le quatrième chapitre est consacré à l'étude d'un modèle virtuel à Laghouat, réalisée à l'aide du logiciel TRNSYS. Ce modèle virtuel simple a été choisi pour étudier l'impact du chauffage, de la climatisation et de l'isolation thermique sur les variations de température de l'air à l'intérieur d'une pièce, ainsi que sur la consommation d'énergie dans cette zone.

Enfin, une conclusion générale synthétise les résultats de cette recherche.

Chapitre I : Performance Énergétique Dans le Bâtiment

Ce chapitre offre une vue d'ensemble sur les performances énergétiques et de l'efficacité énergétique en expliquant la corrélation entre ces deux concepts. Nous commençons par aborder le contexte de la consommation d'énergie, en mettant l'accent sur le secteur du bâtiment. Ensuite, nous présentons les différentes approches et étapes suivies pour améliorer l'efficacité énergétique. Enfin, la dernière partie est consacrée à la conception du confort thermique dans les bâtiments.

1.1. Consommation d'énergie dans le secteur du bâtiment

1.1.1 .Contexte énergétique mondial

Toutes les activités humaines, et notamment celles qui concourent au développement économique et social, font appel à l'énergie, sauf que, la consommation mondiale d'énergie est restée très longtemps stable lorsque l'homme n'utilisait l'énergie que pour sa survie et ses besoins alimentaires. Néanmoins à partir de 1850, la révolution industrielle a provoqué une augmentation brutale des besoins en énergie.

Comme le montre la Figure (1.1): la consommation énergétique mondiale par secteur se répartit comme suit

- Bâtiment résidentiel, tertiaire : 44%.
- Transports: 32%.
- .Industrie : 21%.
- Agriculture: 3%.

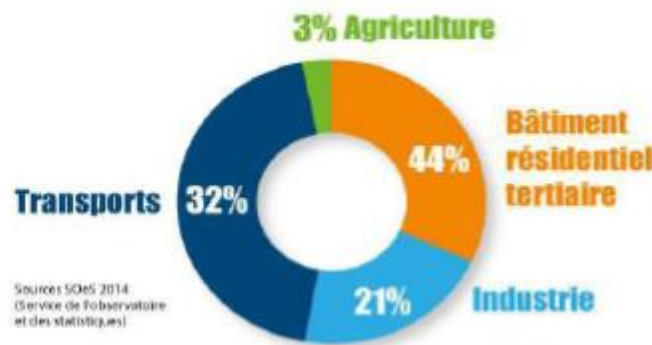


Figure I. 1: la consommation énergétique mondiale par secteur

Suivant le rapport de la situation mondiale de 2017, le secteur mondial des bâtiments a consommé près de 30% de la consommation totale d'énergie finale, qui comprend la consommation d'énergie pour le chauffage et le refroidissement des locaux, le chauffage de l'eau, l'éclairage, la cuisson, les appareils ménagers et autres charges. La construction de bâtiments représentait une augmentation de 6% de l'utilisation énergétique finale mondiale estimée (voir figure 1.2). Compte tenu de la production

d'électricité en amont, les bâtiments représentaient 28% des émissions mondiales de CO₂ liées à l'énergie, les émissions directes dans les bâtiments provenant de la combustion de combustibles fossiles représentant environ un tiers du total.

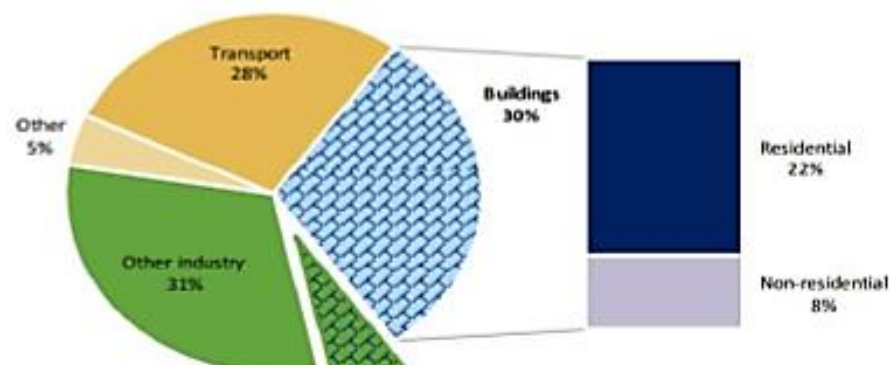


Figure I. 2: Consommation d'énergie finale globale par secteur.

I.1.2. Contexte énergétique en Algérie

La consommation énergétique en Algérie a fortement augmenté ces dernières années et cela est dû principalement à l'augmentation du niveau de vie de la population et au développement socio-économique des ménages. L'augmentation du niveau de vie, du aux besoins de confort toujours grandissant des populations, tels que les climatisations, se développent et masquent les effets de diminution du chauffage.

La surconsommation de l'énergie fossile accentuant les émissions atmosphériques de gaz à effet de serre (GES) mais également le fait que le bâtiment soit le premier poste de consommation de l'énergie.

Le secteur du bâtiment est celui qui consomme le plus en terme de consommation énergétique finale par rapport aux autres secteurs (Figure 1.3), cette consommation a triplé durant les trois dernières décennies et il est prévu sa multiplication par le même facteur d'ici les horizons 2025.

Donc, l'investissement la plus important doit être à la conception architecturale performante du bâtiment qui est inscrit harmonieusement dans son environnement (site, climat, matériaux,)

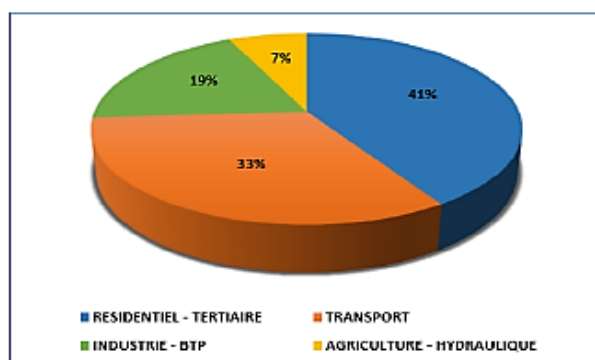


Figure I. 3: Consommation final par secteur d'activité en 2005.

Le directeur général de l'APRUE (en 2017) a relevé l'importance de l'efficacité énergétique, qui constitue, selon lui, << l'un des grands enjeux économiques du pays ». Il a, à ce sujet, fait savoir que le bâtiment est l'un des secteurs dont la consommation d'énergie a un impact significatif sur la consommation globale d'énergie du pays (42% de la consommation globale). De ce fait, l'amélioration de l'efficacité énergétique dans ce secteur en pleine expansion constitue un axe prioritaire.

I.2. Énergétique du bâtiment

I.2.1. Bâtiment est un gros consommateur d'énergie

Le secteur des bâtiments est un grand consommateur énergivore et en tant que tel une source majeure de pollution. Cette énergie est l'objet de nombreux usages, notamment:

- Le chauffage et/ou le refroidissement, pour assurer un climat intérieur confortable.
- La circulation de fluides tels que l'air (ventilation), l'eau (eau chaude, chauffage).
- Les transports (ascenseurs).
- L'éclairage.

Les communications (téléphone, radio, télévision).

- La production de biens (fabriques, cuisines, couture, etc.).

Dans les climats tempérés et froids, il nécessite une augmentation de la température intérieure des bâtiments est nécessaire pour le chauffage. D'autre part, dans les climats plus chauds, il nécessite une réduction de la température intérieure des bâtiments pour refroidir et sécher l'air

I.2.2. Applications de l'énergétique du bâtiment

Pour limiter la consommation d'énergie à des valeurs raisonnables, il est nécessaire de savoir où agir.

Il faut :

pouvoir prédire les flux d'énergie dans le bâtiment, afin d'offrir un confort élevé les mesures d'économie d'énergie doivent être plus efficaces.

La connaissance des flux d'énergie au travers d'un bâtiment est nécessaire à la prise de décisions ou à la planification de travaux, notamment pour les tâches suivantes:

- Tous les critères nécessaires doivent être pris en compte dans le choix des stratégies lors de la rénovation ou de la construction des bâtiments, parmi lesquels figurent non seulement le coût, la l'esthétique ou l'habitabilité, mais aussi la consommation d'énergie.

- Dimensionner correctement les installations énergétiques, en calculant la puissance de pointe minimum nécessaire
- Diminuer la consommation d'énergie primaire en les faisant passer aux bons endroits et capturer de manière la chaleur de l'environnement (énergie solaire, pompes à chaleur)[6] .

1.3. Performance Énergétique des bâtiments

La performance énergétique d'un bâtiment est une donnée généralement corrélée à celle d'efficacité énergétique. Si cette dernière désigne le rapport entre l'énergie absorbée par le bâtiment et l'énergie consommée à l'intérieur de celui-ci, la performance énergétique sert de point de repère pour connaître la dépense énergétique du bâtiment sur l'année.[7]

La notion de performance énergétique des bâtiments est couramment mobilisée dans les sujets relatifs à la transition écologique et énergétique, ou encore dans les secteurs du bâtiment et du logement. Elle permet de formuler des objectifs de réduction des consommations d'énergie et donc d'améliorer l'efficacité énergétique d'un bâtiment. L'optimisation de la performance énergétique est donc un des enjeux majeurs du changement climatique et revient à agir sur l'amélioration de la consommation en énergie sur l'année tout en garantissant un certain niveau de confort thermique. C'est la raison pour laquelle la notion de performance énergétique est liée à celle d'efficacité énergétique. Les deux sont interdépendantes.

1.3.1. Efficacité énergétique dans les bâtiments

Il existe plusieurs définitions de l'efficacité énergétique, nous retiendrons que quelques unes: • C'est le rapport entre le service délivré au sens large (performance, produit, énergie, confort, service) et l'énergie qui y a été consacrée.

- C'est de réduire à la source la quantité d'énergie nécessaire pour un même service, mieux utilisé l'énergie à qualité de vie constante.
- L'augmentation de l'efficacité énergétique permet ainsi de réduire les consommations d'énergie, à service rendu égal.

De ces définitions se dégage un point commun; l'efficacité énergétique d'un système est le rapport énergétique entre la quantité d'énergie délivrée et la quantité d'énergie absorbée. Moins de perte il y a et meilleure efficacité énergétique, elle est d'autant meilleure que le système énergétique utilise le moins d'énergie possible, que cela soit le chauffage, la production d'eau chaude sanitaire, la climatisation, l'éclairage ou toute sorte de besoin énergétique. Consommer moins et mieux pour le même confort thermique, tel est l'objectif de tout concept d'efficacité énergétique[7] .

1.3.2 .Démarche d'amélioration de l'efficacité énergétique

En matière d'efficacité énergétique, il faut jouer principalement sur deux leviers:

- Diminuer les besoins qui sont relatifs au bâti proprement dit.
- Améliorer les équipements techniques du bâtiment et leur gestion.



Figure I. 4: La démarche d'amélioration de l'efficacité énergétique [8]

Un troisième levier très difficile à quantifier et qui est le comportement de l'utilisateur être inclus.[8]

1.3.3 .Efficacité énergétique << passive>>

L'efficacité énergétique passive résulte:

D'une part de l'isolation du logement et sa perméabilité à l'air, en utilisant par exemple des matériaux performants d'isolation thermique ou des menuiseries à triple vitrage.

D'autre part, du choix d'équipements les plus performants c'est à dire des produits qui rendront le même service en consommant moins.

1.3.4 .Efficacité énergétique << active>>

L'efficacité énergétique active permet de:

- Réduire les consommations d'énergie, donc la facture énergétique.
- Améliorer la qualité et la disponibilité de l'énergie en consommant l'énergie juste nécessaire.
- Réaliser les deux simultanément.

1.3.5.Étapes d'amélioration de l'efficacité énergétique

L'approche conceptuelle d'amélioration de l'efficacité énergétique est identique pour les secteurs résidentiel et tertiaire. En revanche la mise en pratique sur le terrain sera différente en raison des divergences liées aux[9]:

- Aspects techniques.
- Matériels à mettre en œuvre.

- Coûts d'exploitation et de maintenance.
- Méthodes de financement.
- Temps de retour sur investissement.



Figure I. 5: Les leviers de l'efficacité énergétique[4].

1.3.6. Leviers de l'efficacité énergétique pour les bâtiments

► Utilisation de produits performants

Pour réduire les consommations d'énergie, il est indispensable de choisir des équipements possédant le meilleur rendement énergétique possible, c'est-à-dire le meilleur rapport entre l'énergie consommée et le service rendu.

► Intégration des énergies renouvelables

Le recours aux énergies renouvelables dans une démarche d'amélioration énergétique permet d'obtenir une partie de l'énergie nécessaire au bâtiment (électricité, chauffage, eau chaude sanitaire) de façon renouvelable et donc de diminuer voire supprimer l'apport d'énergie extérieur. Par exemple, l'installation de panneaux solaires photovoltaïques permet de produire de quoi alimenter une entreprise, sans frais d'exploitation. Les énergies renouvelables sont donc un rôle prépondérant afin d'assurer une politique énergétique durable.

► Mesure des consommations

La gestion de l'énergie d'un bâtiment consiste en premier lieu à compter/mesurer les consommations. Pour contrôler et optimiser le fonctionnement des systèmes des indicateurs permettront de savoir si les

objectifs d'amélioration de la performance énergétique ont été atteints ou non. Par exemple, concernant l'énergie électrique, le recueil des informations pourra se faire via des compteurs divisionnaires permanents permettant de fournir la répartition des consommations par poste (chauffage, eau chaude sanitaire, ventilation...), le comptage ou la mesure des consommations permet la réalisation du bilan énergétique, la prise de conscience par l'utilisateur.

► Affichage des consommations

Après avoir collecté et traité les informations mesurées par les différents systèmes de mesure, il est important de les afficher en temps réel dans les lieux de vie (via des écrans muraux, etc.).

Un afficheur permet une visualisation pour les différents usages de la consommation ou des coûts instantanés, horaires, journaliers, ou mensuels, l'historique des consommations voire les économies réalisées. Le simple fait de mesurer et d'afficher les consommations d'énergie permet de sensibiliser les usagers sur leur empreinte écologique et d'un suivi dans le temps de la performance énergétique.

► Systèmes intelligents de Régulation et Gestion

La régulation est gérée par des automates qui sont plus au moins complexes selon les exigences du cahier des charges initial et selon le type de bâtiment : habitat individuel, collectif ou tertiaire, la mise en place de systèmes intelligents de régulation et de gestion, est un excellent moyen d'améliorer la performance.

Energétique. Par exemple, les systèmes de gestion technique du bâtiment (GTB) permettent de centraliser les informations des équipements électriques, de climatisation, de chauffages afin de les optimiser, les sécuriser et contrôler l'énergie consommée.

Ces systèmes s'installent sur des sites neufs, mais également sur des sites existants.

Ils permettent ainsi de:

- Consommer ce qui est nécessaire pour maintenir ou améliorer la qualité de vie dans le bâtiment (notion de confort) tout en contribuant à économiser l'énergie.
- Fournir un outil de pilotage de l'installation à l'utilisateur.
- Aider à modifier le comportement humain afin d'adopter de bon réflexe (comme par exemple éteindre le chauffage lorsqu'une fenêtre est ouverte).[10]

1.4. Confort thermique

Défini par la norme internationale ISO 7730 considérations étant la satisfaction exprimée en relation avec l'ambiance thermique. Il est tout ce qui contribue à la création d'une ambiance thermique rassurant le bien-être, et c'est exprimé par une sensation agréable procurée par la satisfaction de besoins physiologiques (l'assurance d'un bilan équilibré entre les échanges thermiques du corps humain et de l'ambiance environnante).

Le confort thermique concerne principalement la température intérieure des pièces, sa répartition harmonieuse dans l'espace et la qualité de l'air ambiant[11].

1.4.1.Facteurs ayant une incidence sur le confort thermique

Température de l'air

Une température idéale de chaque espace dépend de l'activité qu'on y pratique, du moment de la journée et des préférences de chacun. L'idéal est d'éviter les grands écarts de température dans le temps entre le jour et la nuit ou entre les saisons.

● Humidité de l'air

L'humidité relative de l'air influence aussi la sensation de confort thermique. Idéalement, vous devez être entre 30% et 70% en hiver.

En été, il est préférable que l'air soit sec pour favoriser la transpiration du corps.

● Courants d'air

hiver, car ils facilitent les échanges thermiques entre le corps et l'air, Le courant d'air provoque une

Courant d'air ou courants d'air sont des phénomènes de mouvements naturel d'air, sont très pénibles en sensation d'inconfort surtout en période d'hiver car le jet d'air froid inconmode. Très agréables en été, Puisqu'ils favorisent la transpiration, le courant d'air crée par un climatiseur peut être ressenti comme une recherche de confort.[4]

1.5. Bâtiment devrait être confortable

Si un bâtiment est bien conçu et construit, il peut fournir un confort nettement supérieur (courbe de la Figure 1.6). Un tel bâtiment ne surchauffe pas ou peu en été et profite des gains solaires pendant les périodes froides.

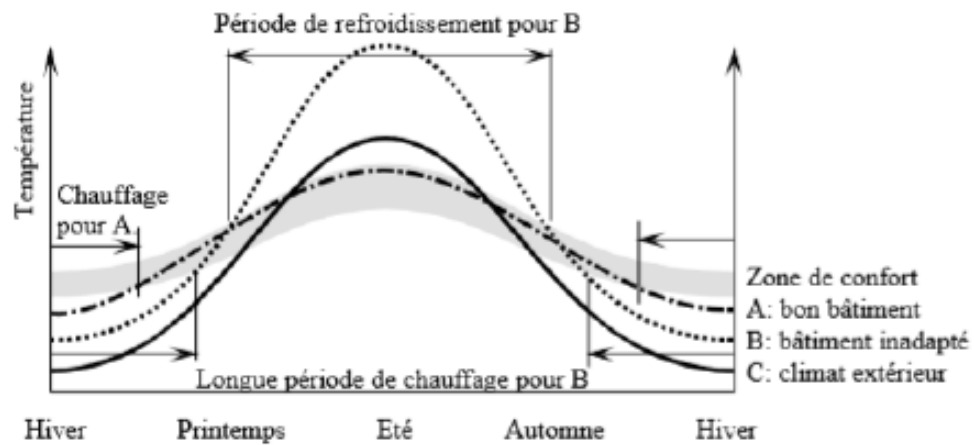


Figure I. 6: Evolution des températures dans des bâtiments au cours de l'année, sans effet des installations techniques de chauffage ou climatisation

La bande grisée représente les exigences de confort. C représente la température extérieure, A un bâtiment bien conçu et B un bâtiment inadapté à son climat.

Un bâtiment inadapté à son climat, a tendance à surchauffer en saison chaude et à être glacial en saison froide. Ces bâtiments consomment de grandes quantités d'énergie pour assurer un confort acceptable.[6]

I.6. Conclusion

Pour une bonne efficacité énergétique, nous devons prendre en considération une conception efficace du bâtiment et une performance des équipements de chauffage, ventilation et climatisation. Une conception efficace de l'habitat revient à bien choisir l'orientation, l'isolation thermique et le type de vitrages ainsi que les matériaux de l'enveloppe.

L'efficacité énergétique à travers les mesures soulignées dans ce chapitre, est bénéfique autant pour le consommateur à travers son confort et l'allègement de ces factures énergétiques, que pour l'environnement, car la maîtrise de l'énergie atténue la pression sur l'impact environnemental.

Chapitre II : L'enveloppe du bâtiment et l'isolation thermique

Ce chapitre est dédié à l'enveloppe du bâtiment et l'importance de l'isolation thermique. La première partie est consacrée à défauts de l'enveloppe thermique et méthodes d'amélioration du confort thermique dans le bâtiment. Dans la deuxième partie de ce chapitre, nous allons présenter le rôle des matériaux d'isolation thermique dans une enveloppe d'un bâtiment et la grande variété des types d'isolants et comment améliorer thermiquement les façades.

II.1. 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 [12].



Figure II. 1 : L'enveloppe d'un batiment simple

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[14].

II.1.1. 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.

II.1.2.1. 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.[15]

- 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.

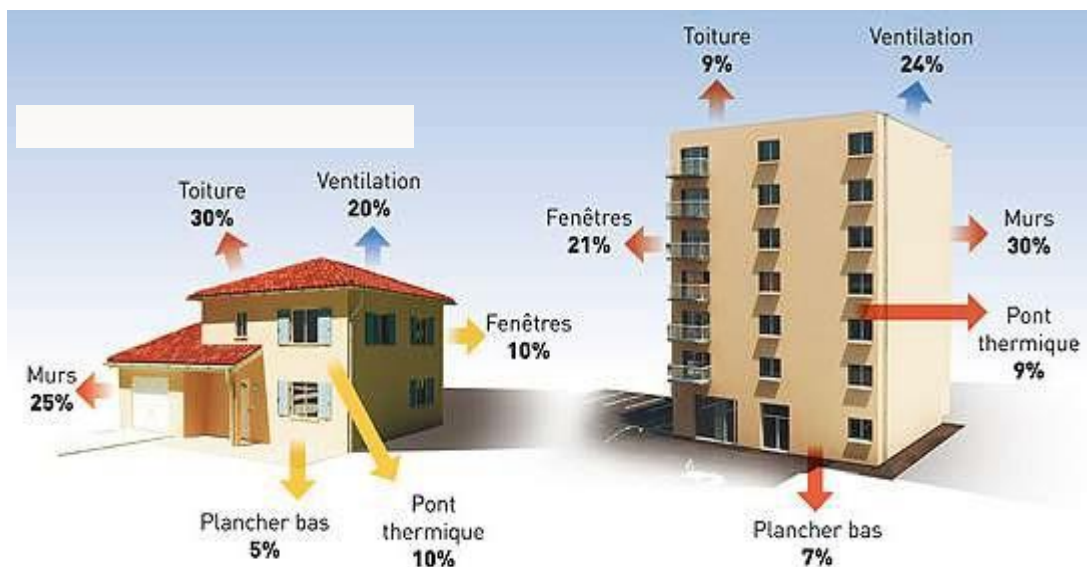


Figure II. 2: : Répartition en % des déperditions pour une maison et un immeuble [15].

II.1.2.2. 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 de 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.

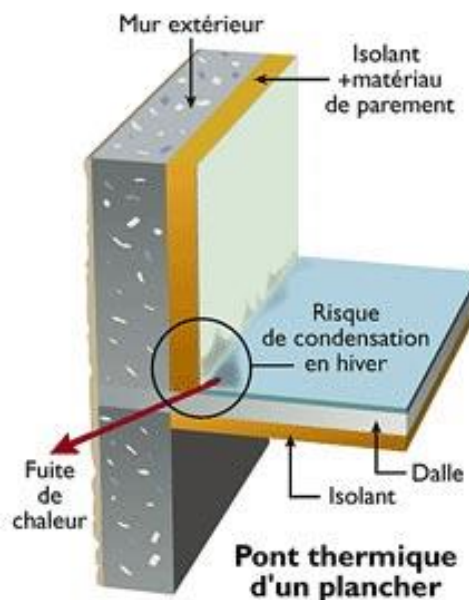


Figure II. 3: Pont thermique d'un plancher [15].

La thermographie à infrarouge permet de visualiser les ponts thermiques en connaissant la température des parois [16].

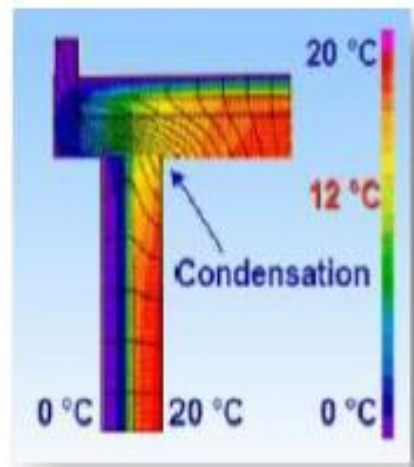


Figure II. 4: : les effets des ponts thermiques [16]

II.2. Amélioration du confort thermique

II.2.1. 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.[17]

II.2.2. 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[18]

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

II.2.3. Isolation thermique

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. est utilisée dans nombreux domaines incluant notamment : le bâtiment, l'industrie, l'automobile, etc.[19] .

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: [16]

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.

II.2.3.1. Comparaison entre une construction bien isolé et non isolé

- Construction non isolé:

En hiver, les pertes sont les plus importantes sur tous les murs opaques et vitrés et les connexions structurales. La ventilation naturelle est incontrôlée et augmente la consommation d'énergie, et en été, le soleil chauffe l'atmosphère interne du bâtiment.

- Construction bien isolé:

En hiver comme en été, les transferts de chaleur sont réduits sur l'ensemble des parois. La ventilation mécanique contrôlée, optimise le renouvellement d'air pour le moins de déperditions possibles. Il réduit également les besoins énergétiques [20].



Figure II. 5: Comparaison entre une construction bien isolée et non isolée[21, 22]

II.3. Matériaux d'isolation thermique

II.3.1. Sélection de matériau en fonction des caractéristiques thermiques

La connaissance de tous les matériaux n'est pas possible, mais le choix ne doit pas, pour autant, être le fait du hasard, celui d'une croyance injustifiée, elle doit simplement de la prise compte des caractéristiques qui doivent être contrôlées et de préférence certifiées, afin de vérifier si les matériaux retenus sont en mesure de remplir le rôle qui leur est dévolu ou non. Pour être en mesure de juger de leur utilité réelle d'un point de vue thermique, il n'y a pas d'autre solution que de connaître les caractéristiques physiques qui influencent principalement leur qualité d'isolation mais aussi d'inerties par transmission et par absorption, [23] parce que les matériaux reçoivent différemment les rayons solaires selon leur degré de transparence ou d'opacité, leur couleur et leur texture de surface. Et pour cela qu'ils ont des caractéristiques thermiques particulières tenant à leur structure et à leur masse.

II.3.2. Caractéristiques thermiques

►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 .[21]

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 (p, 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.

►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.[16]

II.3.3. Types d'isolants thermiques

Les matériaux utilisés pour isoler les bâtiments peuvent être classés selon leur nature:

II.3.3.1. Isolants traditionnels

L'isolation thermique existe depuis longtemps, d'ailleurs l'homme a constaté que certains matériaux aident à assurer un confort intérieur à l'époque où les appareils de chauffage et climatisation n'existaient pas encore, de parmi ces isolateurs.[24]

► Isolants d'origine végétale

Ces isolants sont les plus couramment employés en construction écologique et leur utilisation est en croissance rapide vu 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.[25]

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.



Figure II. 6: Le liège [26]

► Isolation en fibre de bois

La fibre de bois est un matériau isolant, naturel et écologique. En effet, les panneaux de fibre de bois sont écologiques et entièrement recyclables, ce qui contribuera à rendre votre intérieur plus sain et confortable. Une isolation en fibre de bois offre aussi l'avantage d'avoir une bonne régulation hygrométrique des pièces, les panneaux de fibre de bois vont aider à réguler la vapeur d'eau et permettent d'avoir une bonne "respiration" des murs existants grâce à sa très bonne perspirance [26].



Figure II. 7: les fibres de bois [26].

► Isolants d'origine animale

En théorie, tous les poils et plumes des animaux pourraient être utilisés comme isolants. Cependant, dans le contexte économique, la ressource doit être suffisamment abondante, et organisée. C'est le cas de laine de mouton et des plumes de canards

• Plumes de canard:

Cet isolant se compose de 70% de plumes, 10% de laine de mouton et 20% de fibres thermo-fusibles, entièrement recyclable et renouvelable, il est issu d'un produit non valorisé et consomme très peu d'énergie lors de sa fabrication.



Figure II. 8: Plumes de canard [27].

• 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.[25]



Figure II. 9: Panneau souple de laine de mouton [24].

► 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. La Figure 11 montre les formes les plus courantes d'isolants synthétiques que nous rencontrons sur les chantiers de bâtiment Les classes d'isolants synthétiques sont:[28]

- La gamme de polystyrènes expansés PSE ou extrudés XPS.
- Le polyuréthane PIR.
- Le polyisocyanurate PIR
- Les phénolique.
- Isolants minéraux



Figure II. 10: Panneaux XPS

Ces isolants sont issus de matières premières minérales (silice, argile, roches, Volcaniques...) qui sont généralement transformées en fibres fines, rouleaux, panneaux ou granules en leur incorporant des additifs. Les caractéristiques des matériaux dépendent de leur texturation et leur densité. Le recyclage des matériaux dépend de la Nature des produits et des additifs utilisés.

- **Verre cellulaire:**

Il est obtenu à partir des matières premières de verre fondues à haute température auxquelles est ajoutée de la poudre de carbone. Ce matériau est résistant au feu et à l'humidité et est incompressible. Compte tenu de sa haute qualité technique, il peut parfois apporter des solutions ponctuelles en éco construction.



Figure II. 11: le verre cellulaire [16]

Laine de verre :

Les laines de verre et de roche sont les plus utilisées dans le bâtiment ; les laines de verres sont obtenues à partir de la fusion de sable siliceux et/ou de verre recyclé, tandis que les laines de roche sont obtenues à partir de roches volcaniques (basalte)., ils sont disponibles en panneaux, rouleaux [25].



Figure II. 12: la laine de verre [16]

II.3.3.2. Nouveaux isolants

Les avancées technologiques sont mises au service des performances thermiques et phoniques des habitations. Entre le PIV et les aérogels, et sont des isolants possédant d'excellentes propriétés thermiques très a une performance bien meilleure que celle classique:

•Aérogels

Les aérogels sont un matériau d'une légèreté incomparable. Composés de 99,8% d'air, ils sont dix fois plus légers que le polystyrène expansé. Complètement transparents, Leurs performances thermiques et phoniques sont exceptionnelles. Néanmoins, c'est un matériau extrêmement cher et difficile à produire, donc peu accessible pour les particuliers.



Figure II. 13: les aérogels [16].

• Panneaux isolant sous vide (PIV)

Le panneau d'isolants sous vide est un isolant nouvelle génération, qui présente d'excellentes propriétés thermiques. Il est néanmoins très fragile. D'une épaisseur très fine, c'est un matériau "âme", c'est-à-dire qu'il est destiné à être emprisonné par d'autres matériaux. Dans ce cas, il est emprisonné dans un film étanche, puis mis en dépression. S'il est percé, il perd ses propriétés thermiques [29].



Figure II. 14: les panneaux isolants sous vide [16].

II.4. Amélioration thermique des façades

Les murs de façade 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 des murs de façade.

II.4.1. L'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.

En bref, l'isolation thermique par l'extérieur est un bon choix si [30] :

- Vous souhaitez rénover complètement votre façade (nouveau revêtement ou bardage).
- La maison n'a pas de murs creux ou il est impossible de les isoler.
- La façade actuelle est en mauvais état et a éventuellement des problèmes d'étanchéité.

Les avantages et les inconvénients de cette technique d'isolation se résument dans le tableau suivant (tableau. II.1).



Figure II. 15: les panneaux isolants sous vide [16].

Les avantages et les Inconvénients d'isolation par extérieur :

Avantages	Inconvénients
• Traite un plus grand nombre de ponts thermiques en les recouvrant efficacement. • Ne modifie pas les surfaces habitables et ne nécessite pas la reprise de la décoration. • Protège les murs des intempéries et des variations climatiques.	• Augmente le coefficient d'occupation au sol sur le terrain. • Modifie l'aspect global de la maison. • Réduit la grandeur des ouvertures et donc de l'apport lumineux en procédant à l'isolation des tableaux et des appuis de fenêtres

Tableau. II.1: Avantages et inconvénients de l'isolation par l'extérieur [31].

II.4.2. 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 [24].

Pour envisager l'isolation par l'intérieur, il faut absolument s'assurer que :

- Le mur de parement extérieur doit être en bon état et capable de supporter les intempéries puisqu'il n'y a plus l'influence du climat interne.
- Le mur porteur intérieur est sec et protégé des infiltrations.

Chapitre II : L'enveloppe du bâtiment et l'isolation thermique

Une inertie suffisante L'isolation intérieure réduit l'inertie thermique, c'est pourquoi l'inertie thermique doit être reconstituée.

Les avantages et les inconvénients de cette technique d'isolation se résument dans le tableau suivant (tableau. II.2) [31].



Figure II. 16: application d'une isolation interne

Avantages	Inconvénients
• Ne modifie pas l'espace extérieur. • Augmente la performance thermique globale du bâtiment. • Supprime les condensations sur parois froides. • Supprime l'effet parois froides. • Améliore le confort acoustique intérieur • Coût d'exécution moins onéreux qu'une solution d'isolation par l'extérieur. • Systèmes d'isolation faciles et rapides à mettre en œuvre.	• Réduit l'espace habitable. • Révision du plan électrique. • Embrasure des portes et des fenêtres à prévoir pour réduire au minimum les déperditions lumineuses. • Décoration intérieure à refaire

Tableau.II.2 : les avantage d'isolation

II.4.3. 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 [31] :

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

► Béton cellulaire

C'est un matériau fabriqué à partir des ressources naturelles, 64% de sable blanc très pure, 15% de chaux, 20% de ciment, 1% de gypse et 1% - 0.05% des agents d'expansion comme la poudre d'aluminium [16].



Figure II. 17: La brique alvéolée en terre cuite (à gauche) et le béton cellulaire à (droite).

Les avantages de cette technique sont :

- Un gain de temps pour la mise en œuvre structure porteuse et isolation thermique en un seul produit.
- Une facilité dans la mise en œuvre des menuiseries, plomberies et réseau électrique.

Une réduction des ponts thermiques.

Une amélioration du confort thermique de par le bon compromis entre l'inertie thermique et l'isolation.

II.4.4. 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.

II.4.4.1. 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.

II.4.4.2. 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.

II.4.4.3. 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. II.4.4.4. 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.

II.4.5. Isolation des plancher's

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'une isolation [31].

II.5. Conclusion

En économisant la consommation énergétique. Alors que l'ignorance de cette phase peut favoriser

La conception de l'enveloppe thermique est une phase très importante pour assurer la sensation de confort 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 certain 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 III : Simulation énergétique des bâtiments

L'objectif de ce chapitre est d'étudier l'évolution de la température de l'air et la consommation énergétique dans un bâtiment située dans la ville de Laghouat à l'aide du programme TRNSYS. La première partie est consacrée aux étapes de simulation. Dans la deuxième partie de ce chapitre, les résultats obtenus au cours de ce travail sont présentés et discutés.

III.1. PRESENTATION DE PROGRAMME UTILISÉ

III.1.1. Introduction :

TRNSYS est un logiciel de simulation avancé utilisé pour l'analyse et la conception de systèmes énergétiques durables. TRNSYS est l'acronyme de "Transient System Simulation Tool" et offre un environnement flexible et puissant pour la modélisation et l'analyse des performances des systèmes énergétiques dans les bâtiments et les communautés.

III.1.2. Définition :

TRNSYS est un logiciel informatique basé sur la modélisation des systèmes énergétiques complexes à état variable et dynamique. Il est considéré comme l'un des outils les plus complets dans le domaine de la modélisation énergétique, et peut être utilisé pour représenter et analyser un large éventail de technologies énergétiques telles que l'énergie solaire, le chauffage, la climatisation, la ventilation, le contrôle de l'éclairage, et bien d'autres.

Le logiciel TRNSYS se distingue par sa capacité à modéliser les interactions des systèmes complexes et à conserver les variations temporelles des variables énergétiques. Cela signifie qu'il peut être utilisé pour analyser et évaluer les performances des systèmes énergétiques sur une période de temps donnée, et prédire l'impact des variations saisonnières et des conditions environnementales sur la consommation d'énergie et le confort thermique.

TRNSYS est largement utilisé dans la recherche scientifique, l'industrie du bâtiment et la conception de systèmes énergétiques durables. Il aide à prendre des décisions de conception optimales pour les bâtiments, à analyser l'efficacité énergétique et à évaluer l'impact des technologies énergétiques durables.

TRNSYS offre une large gamme de composants énergétiques pré-définis qui peuvent être utilisés pour construire des modèles de systèmes énergétiques.

III.1.3. Avantages :

1. Flexibilité : TRNSYS offre une grande flexibilité pour modéliser différents systèmes énergétiques, ce qui permet de simuler diverses configurations et de prendre en compte des paramètres spécifiques.
2. Composants prédéfinis : Le logiciel propose une bibliothèque étendue de composants énergétiques prédéfinis, ce qui facilite la modélisation des systèmes complexes et accélère le processus de conception.
3. Variété de technologies : TRNSYS prend en charge une large gamme de technologies énergétiques, ce qui permet de modéliser des systèmes solaires, géothermiques, de chauffage, de climatisation, etc.
4. Précision des résultats : Le logiciel tient compte des variations temporelles et des interactions complexes entre les composants, ce qui permet d'obtenir des résultats précis et réalistes pour évaluer les performances des systèmes énergétiques.
5. Utilisation dans la recherche et l'industrie : TRNSYS est largement utilisé dans la recherche scientifique, l'industrie du bâtiment et la conception de systèmes énergétiques durables, ce qui en fait un outil fiable et reconnu.

III.1.4. Inconvénients :

1. Apprentissage nécessaire : En raison de sa complexité, l'utilisation de TRNSYS nécessite une courbe d'apprentissage pour maîtriser les fonctionnalités du logiciel et utiliser efficacement tous ses composants.
2. Temps de simulation : La simulation de systèmes énergétiques complexes peut nécessiter des ressources informatiques importantes et prendre du temps, en particulier pour des périodes de simulation prolongées.
3. Coût : TRNSYS est un logiciel commercial et son acquisition peut représenter un investissement financier pour les utilisateurs.
4. Besoin de données précises : Pour obtenir des résultats fiables, il est essentiel d'avoir des données précises sur les composants du système, les conditions environnementales et les charges énergétiques, ce qui peut nécessiter des efforts supplémentaires pour collecter et intégrer ces données.

Il est important de noter que certains inconvénients peuvent être atténués par une formation adéquate, l'utilisation de ressources matérielles adaptées et la disponibilité de données précises.

III.2. Étude d'un modèle virtuel à Laghouat

La wilaya de Laghouat est l'une des wilayas de la région de la steppe centrale, située au cœur de l'Algérie, dans le Sahara, en Afrique du Nord. C'est l'un des cinquante-huit états du pays, et il porte le numéro (03) au sein de la division administrative. La région a un climat semi-continental, avec des étés chauds et des hivers froids sur tout son territoire.

Les coordonnées géographiques de la ville de Laghouat peuvent se résumer comme suit :

- Latitude : 33,8091 degrés nord
- Longitude : 2,8729 degrés est

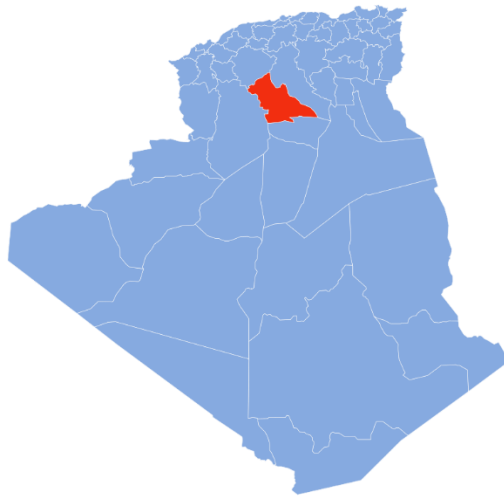


Figure III. 1: cette figure représente la localisation de Laghouat

Cette étude porte sur le cadre bâti résidentiel autoproduit à Laghouat. Les tests de simulation ont été effectués pour l'année (soit le mois de janvier). L'investigation a porté sur les principaux composants de la maison : les parois verticales (les murs) et horizontales (les toitures), considérant que ces éléments ont un impact effectif sur le confort thermique et la consommation énergétique. L'étude paramétrique s'est basée sur un modèle virtuel, le modèle correspond à une chambre d'une hauteur sous plafond de 3 m, de longueur de 4m, et de largeur de 6m

Les tests visent à évaluer la performance énergétique, en calculant les besoins énergétiques à l'intérieur d'une chambre (modèle virtuel) qui sera simulée, à l'aide du logiciel TRNSYS 16, sous les conditions climatiques de Laghouat. Nous avons étudié les points suivants :

- La variation annuelle de la température intérieure à l'absence de chauffage et de climatisation.
- La variation annuelle (mois de Janvier et Juillet) de la température intérieure avec le chauffage et la climatisation.

CHAPITRE III : Simulation énergétique des bâtiments

- L'effet de l'isolation thermique sur la température intérieure pour un mois de janvier
- L'effet de l'isolation thermique sur la consommation énergétique de chauffage.
- L'effet de l'isolation thermique sur la température intérieure pour un mois de Juillet.
- L'effet de l'isolation thermique sur la consommation énergétique de climatisation.

Le tableau suivant présente les propriétés thermo-physiques de quelques matériaux d'isolation thermique, nous en choisissons deux matériaux :

المادة العازلة	الكثافة كجم/م ³	الاستخدام	معامل التوصيل الحراري عدد 24 متوبة واط/م.كلفن	النسبة المئوية لامتصاص الماء % من حجم المادة (ASTM C272)	نفاذية بخار الماء ببرم/بوصة ASTM (E96)	قوة تحمل الضغط كجم/م ²	مقاومة الحريق	تغير الصفات الحرارية مع الزمن
قوالب أو ألواح البوليستيرين الحبيبي الممدد <i>Expanded or Molded Polystyrene</i>	20 – 13	الجدران	0.0374	2.5	5 – 0.6	528 – 80	يحترق ويخرج دخاناً	لا يتأثر
	35 – 32	الأسطح	0.0331					
ألواح البوليستيرين المبثوق <i>Extruded Polystyrene</i>	28 – 26	الجدران	0.0288	0.3	1.4 – 0.4	2000 – 240	يحترق ويخرج دخاناً	يتأثر كثيراً لاستخدام غاز الفلورون في إنتاجه
	35 – 32	الأسطح	0.0288					
البوليوريثين <i>Polyurethane</i>	28 – 26	الجدران	0.026	5 – 2	4 – 2	960 – 320	يحترق ويخرج دخاناً	يتأثر كثيراً لاستخدام غاز الفلورون في إنتاجه
	48 – 35	الأسطح	0.023					
الحرسنة الخفيفة <i>Light Weight Concrete</i>	240 – 1040	للجدران والأسقف	0.43 – 0.065	49.33 – 12.52 امتصاص عالي يمكن معالجته	—	—	يقاوم الحرارة وينصهر عدد 1100 س	لا يتأثر
الزجاج الرغوي	140	للجدران والأسقف	0.55	صغير	—	—	يقاوم الحرارة وينصهر عدد 430 س	لا يتأثر
الألياف الزجاجية <i>Fiber Glass</i>	120 – 17	الأسقف المعدنية والجدران	0.051	مرتفعة جداً	مرتفعة جداً	ضعيفة	الألياف مقاومة للحريق والمواد الرابطة تحترق	لا يتأثر
الصوف الصخري <i>Rock wool</i>	120 – 29	الأسقف المعدنية والجدران	0.051	مرتفعة جداً	مرتفعة جداً	ضعيفة	الألياف مقاومة للحريق والمواد الرابطة تحترق	لا يتأثر
البيرلايت <i>Perlite</i>	240 – 80	الجدران	0.39 – 0.16	مرتفعة جداً	مرتفعة جداً	يعتمد على قوة تحمل الحاكمة الإسمنتية	يقاوم الحرارة وينصهر عدد 1300 س	لا يتأثر

Figure III. 2: les propriétés thermique des isolants

III.3. Les Étapes De Simulation

Nous allons décrire dans ce qui suit les différentes étapes de simulation :

1ère étape : Lancement du programme et création d'un projet

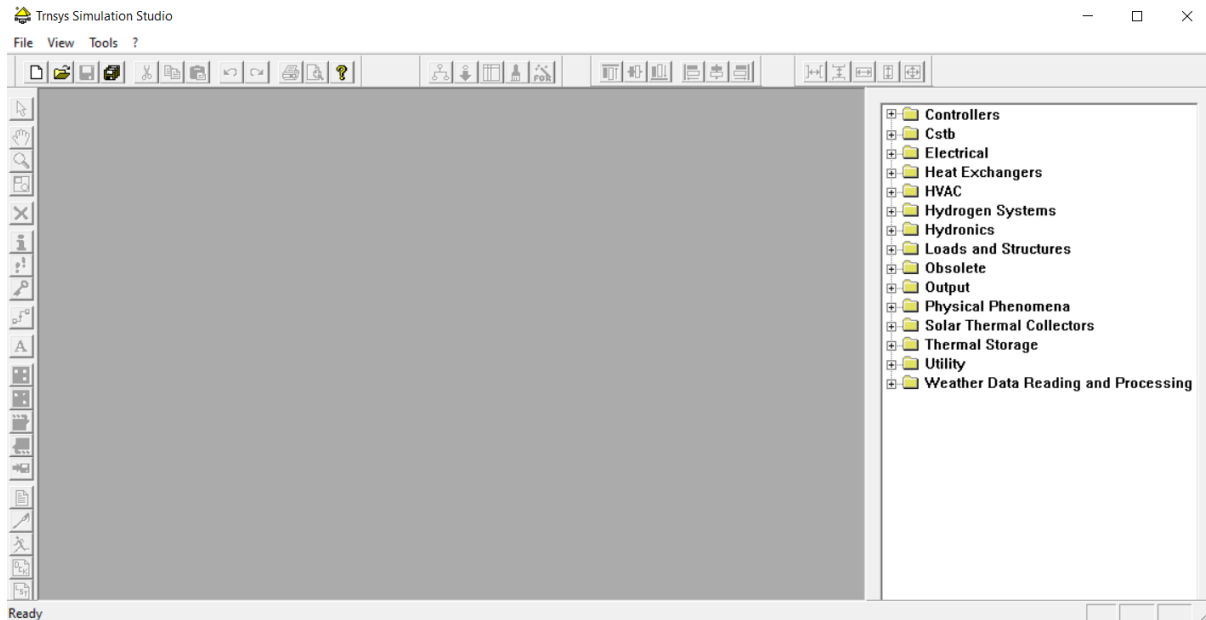


Figure III. 3: La fenêtre principale d'où il y'a le menu principal et les commandes principaux du présent logiciel

La simulation de bâtiments multizone sous TRNSYS commence par le choix de « Building Project » pour créer un nouveau projet. Il est présenté dans la figure IV.2

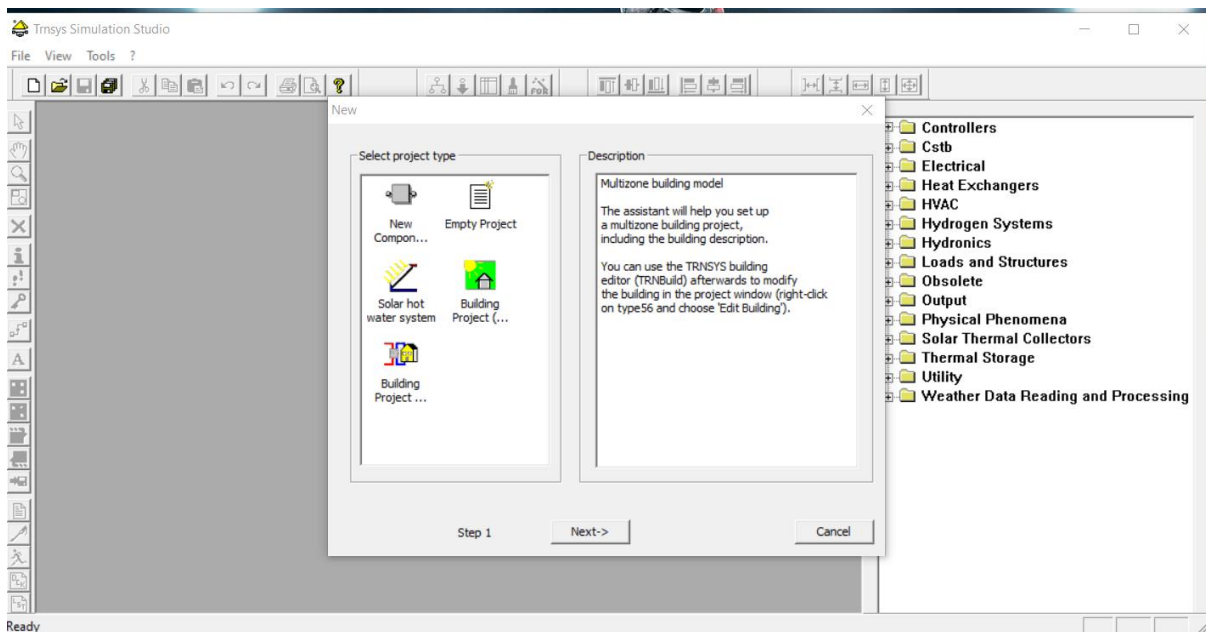


Figure III. 4: Fenêtre pour la création d'un nouveau projet multizone sous TRNSYS

Nous Sélectionnons de la zone à étudier

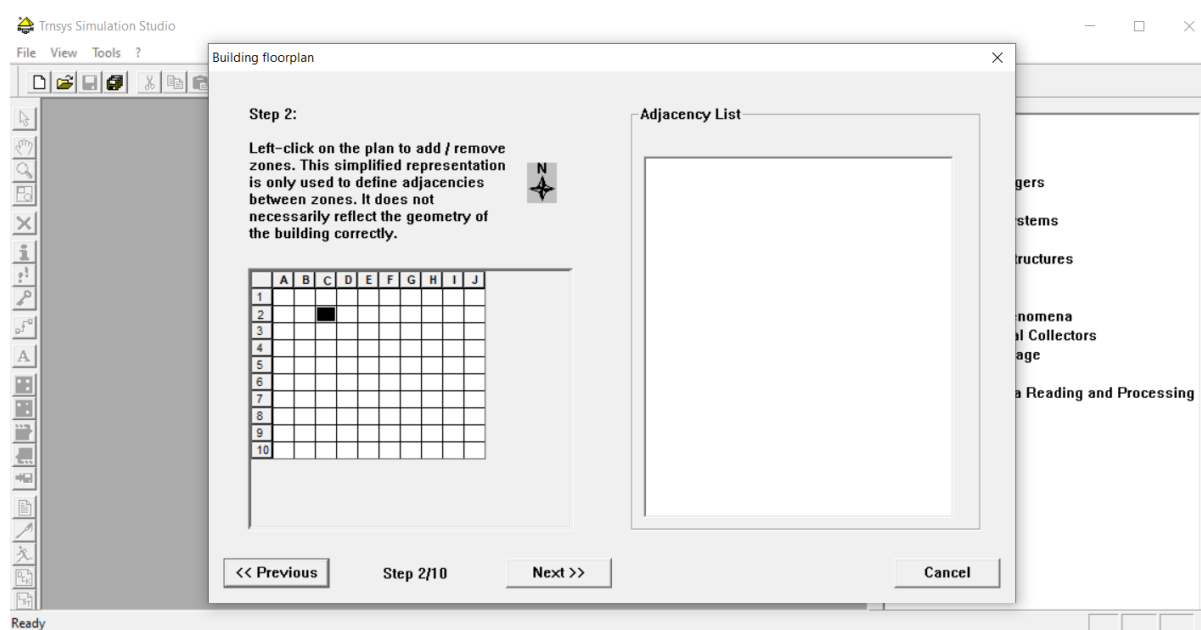


Figure III. 5: représentation des zones

Dimensionnement de la zone. Cette fenêtre est pour définir les dimensions des zones. Donnant la main pour la sélection de la zone à dimensionner, nous introduisons la hauteur, la largeur et la profondeur de la chambre et le volume sera calculé automatiquement.

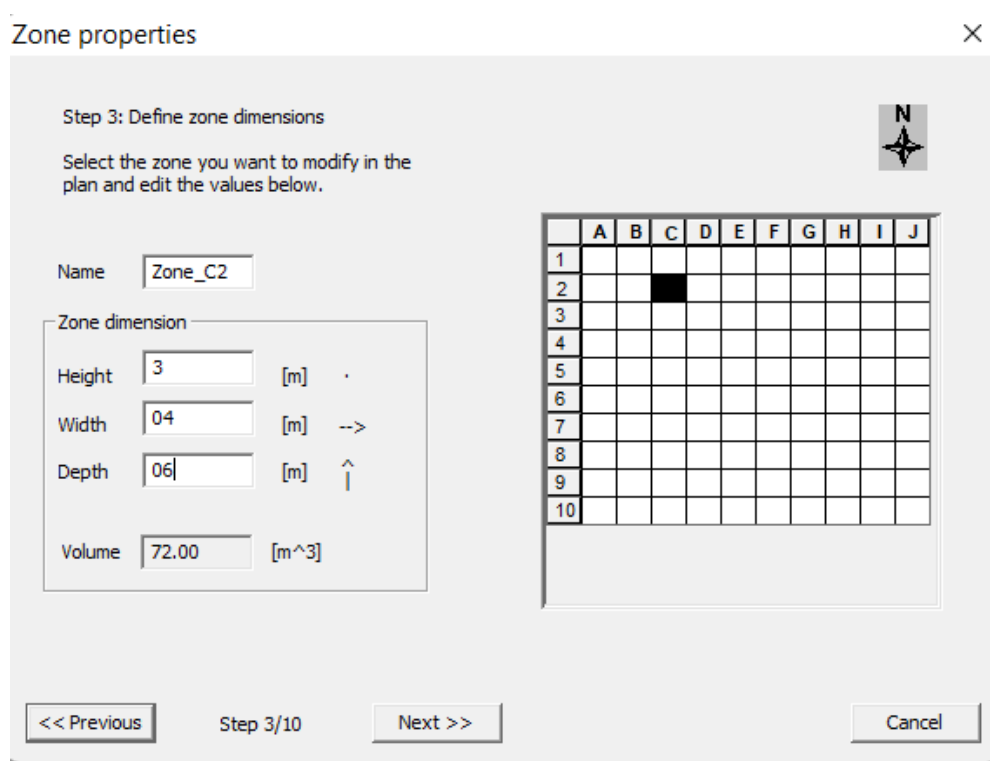


Figure III. 6: dimensionnement des zones (suite).

CHAPITRE III : Simulation énergétique des bâtiments

Introduction des données climatiques

La fenêtre est consacrée à l'orientation de la zone, et pour choisir la localité à étudier en cliquant sur bouton Browse....

Nous choisissons la localité et les données climatiques de la ville « Laghouat », la figure IV.5 montre une interface graphique de la modélisation réalisée sous TRNSYS 16

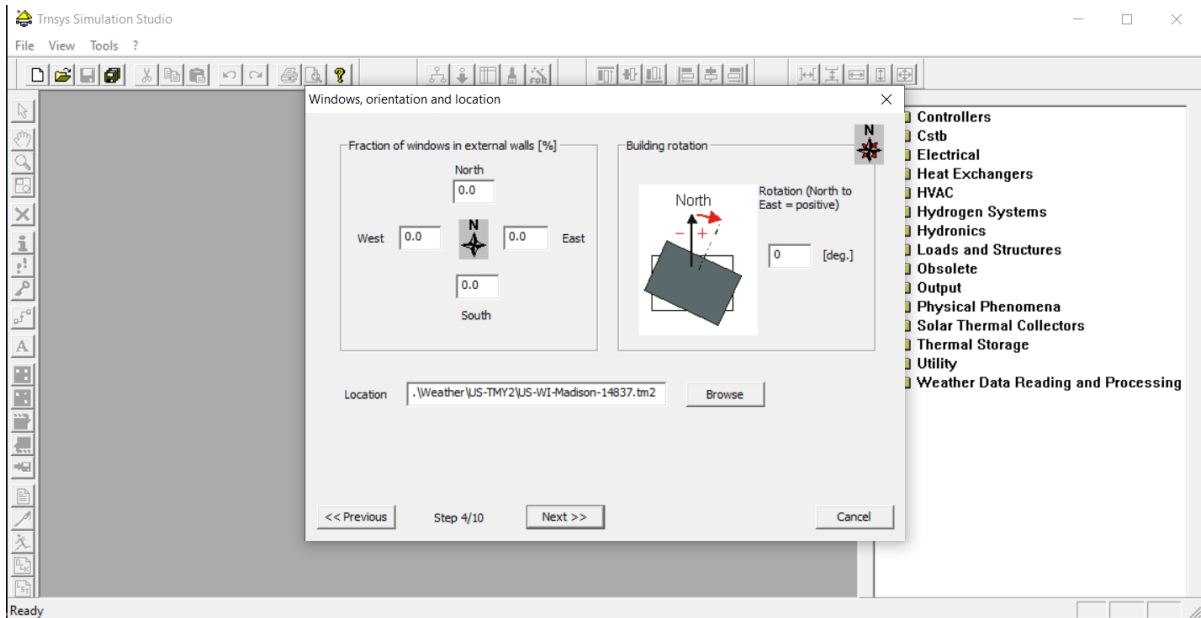


Figure III. 7: orientation et localisation des zones

Chauffage et Climatisation.

On spécifie le taux de renouvellement d'air puis on clique sur «next »

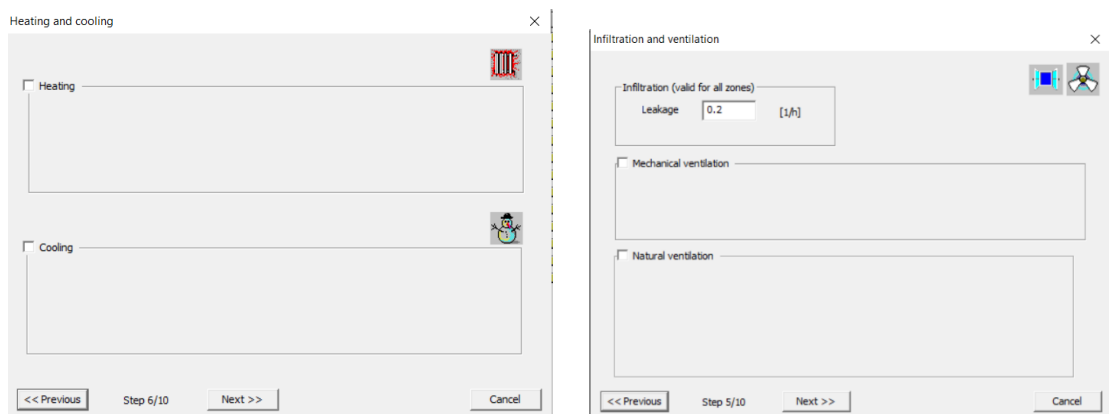


Figure III. 8: Fenêtre ; infiltration et ventilation et climatisation

Gains et Eclairage

On spécifie les différents apports intérieurs et on clique sur «next »

Gains and lighting

Internal gains

Specific gains [W/m²]

Occupant density [occupants/m²]

Values apply to all zones. They can be changed in TRNBuild later.

Lighting

Light ON if total horizontal rad < [W/m²]

Light OFF if total horizontal rad > [W/m²]

Specific light [W/m²]

Values apply to all zones. They can be changed in TRNBuild later.

<< Previous Step 7/10 Next >> Cancel

Figure III. 9: Fenêtre ; Gains et Eclairage.

Génération du projet

On clique sur « Create Project ».A ce niveau du logiciel, le projet est généré

Description complete

Building description complete !

You are now ready to generate a building simulation project.

Push the 'Create project' button to create the project files and open the project in the TRNSYS Simulation Studio.

Use the 'Edit Building' (right-click on TYPE 56) function in the Simulation Studio to modify or refine the building model.

Push the '<< Previous' button to return to the previous steps of this assistant.

<< Previous Step 10/10 Create project ! Cancel

Figure III. 10: Fenêtre de l'achèvement de création du projet

2ème étape: TRNbuild

La représentation de notre projet s'affiche sous forme d'icônes reliés entre eux par des liens, les icônes représentent le bâtiment et les autres facteurs intervenants et qu'on effectue sur notre système construit.

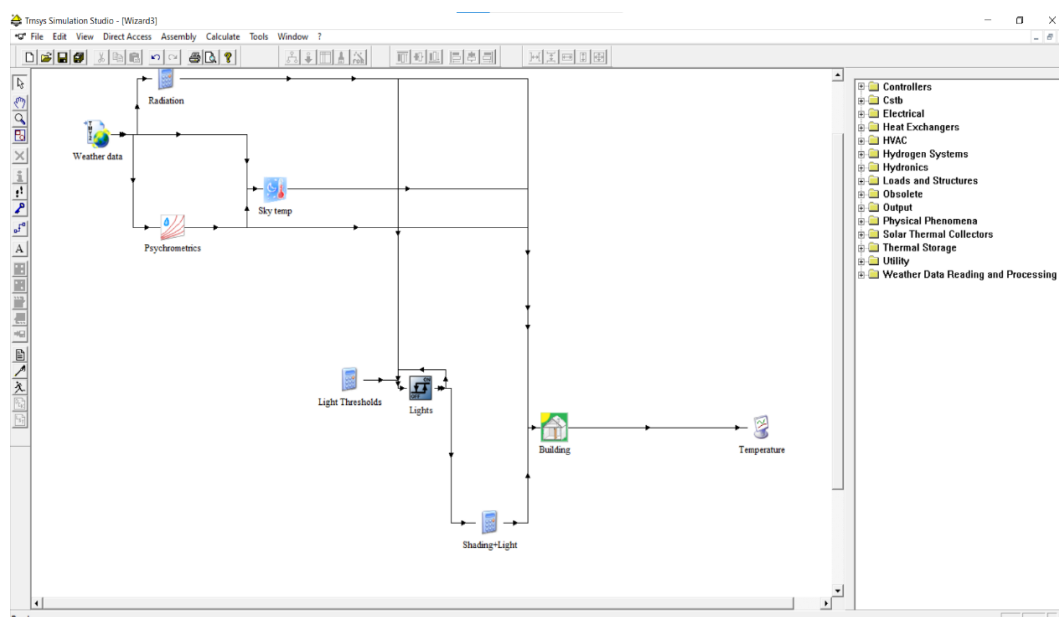


Figure III. 11: représentation visuelle du projet.

The SALA window displays the 'Regime Data' and 'Walls' configuration. The 'Regime Data' section includes the following fields and buttons:

- zone volume: 72 m³
- capacitance: 172.8 kJ/K
- Initial Values button
- Buttons: Infiltration, Heating, Gains, Humidity, Ventilation, Cooling, Comfort

The 'Walls' section shows a table of wall properties:

Type	Area	Category
Additional Windows		
OUTWALL	12.00	EXTERNAL NORTH
OUTWALL	12.00	EXTERNAL SOUTH
OUTWALL	18.00	EXTERNAL EAST
OUTWALL	18.00	EXTERNAL WEST
GROUND	24.00	BOUNDARY

Below the table, there are configuration options for the selected wall:

- wall type: OUTWALL (new button)
- area: 12 m² incl. windows
- category: EXTERNAL
- geosurf: 0.1 (1 button)
- wall gain: 0 kJ/h
- orientation: NORTH (NORTH button)
- view fac. to sky: 0.5

The 'Windows' section is currently empty, showing only 'Add' and 'Delete' buttons.

Figure III. 12: Fenêtre pour TRNbuild

Activer le chauffage

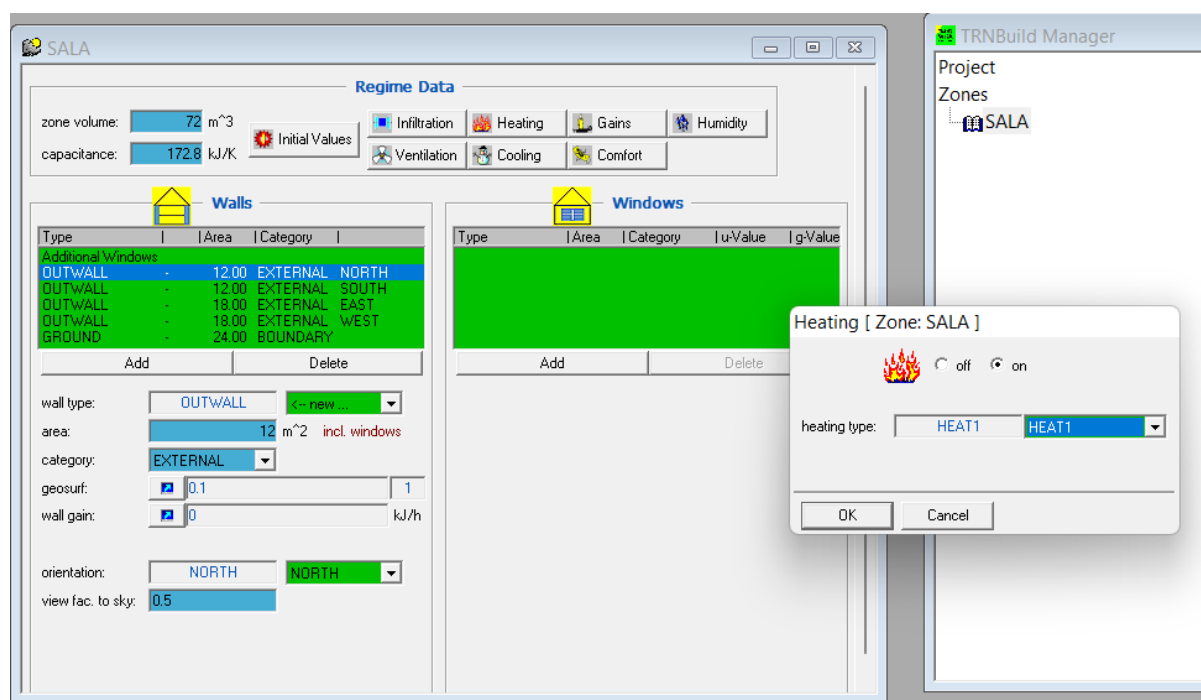


Figure III. 13: Fenêtre pour TRNbuild (Activer le chauffage).

Activer la climatisation

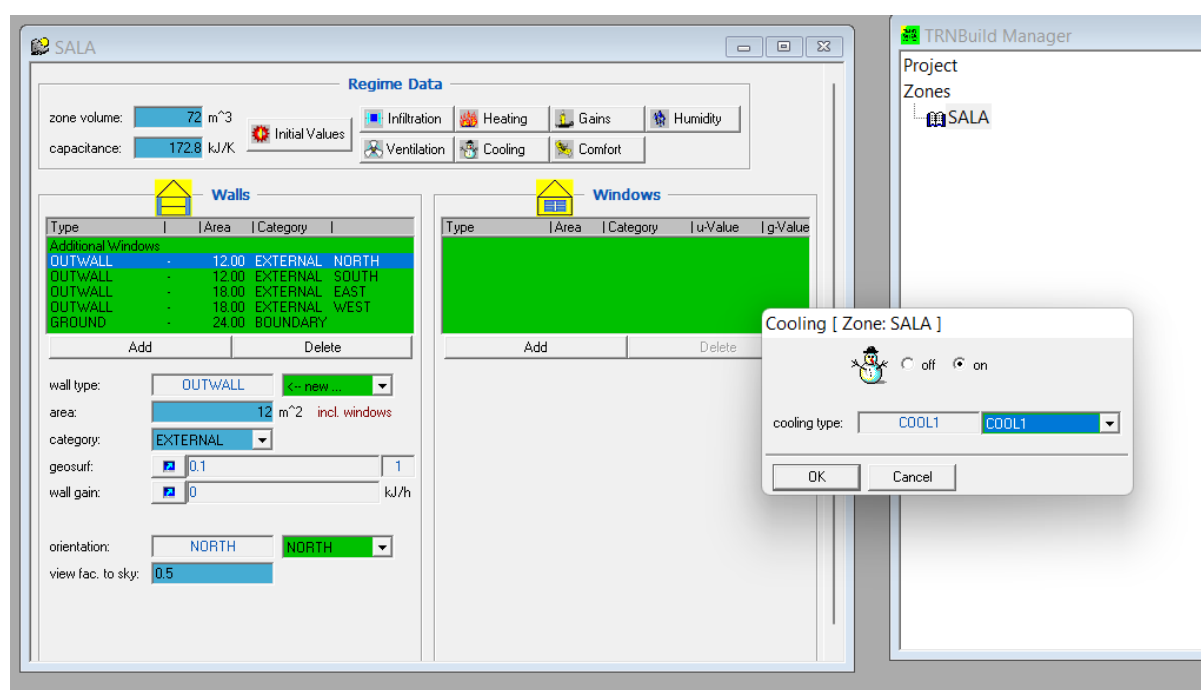


Figure III. 14: Fenêtre pour TRNbuild (Activer la climatisation)

➤ Ajouter un isolant

Layer Type Manager

layer type: **POLYSTER**

☒ Massive Layer ☐ Massless Layer ☐ Active Layer ☐ Cooled Ceiling

Massive Layer

conductivity: **0.118** kJ / h m K

capacity: **1.32** kJ / kg K

density: **25** kg / m³

OK Cancel Save to user library **R D C N**

Layer Type Manager

layer type: **ROCKWOOL**

☒ Massive Layer ☐ Massless Layer ☐ Active Layer ☐ Cooled Ceiling

Massive Layer

conductivity: **0.047** kJ / h m K

capacity: **0.84** kJ / kg K

density: **21** kg / m³

OK Cancel Save to user library **R D C N**

Figure III. 15: les paramètres thermiques des isolants (conductivité, capacité et densité)

Isolation des limites :

Wall Type Manager

wall type: **ROOF**

front / inside

No.	Layer	Thickness	Type
1	CONCRETE	0.240	massive
2	INSUL	0.160	massive
3	POLYSTER	0.150	massive

back

total thickness: **0.550** m

u - value: **0.224** W/m² K

Solar Absorptance of Wall

front: **0.35**

back: **0.75**

Convective Heat Transfer Coefficient of Wall

Front: ☒ userdefined ☐ internal calculation **11** kJ/h m² K

Back: ☒ userdefined ☐ internal calculation **64** kJ/h m² K

OK Cancel Save to user library **R D C N**

Wall Type Manager

wall type: **OUTWALL**

front / inside

No.	Layer	Thickness	Type
1	BRICK	0.240	massive
2	ROCKWOOL	0.200	massive
3	GYPSUM	0.002	massive

back

total thickness: **0.442** m

u - value: **0.131** W/m² K

Solar Absorptance of Wall

front: **0.75**

back: **0.3**

Convective Heat Transfer Coefficient of Wall

Front: ☒ userdefined ☐ internal calculation **11** kJ/h m² K

Back: ☒ userdefined ☐ internal calculation **64** kJ/h m² K

OK Cancel Save to user library **R D C N**

Figure III. 16: cette figure montrant l'épaisseur des couches de matériaux utilisés pour l'isolation et la construction

CHAPITRE III : Simulation énergétique des bâtiments

- Après avoir enregistré le projet dans TRNBUILD, nous retournons dans TRNSYS pour démarrer la simulation.

Les données climatiques se trouvent dans la base de données météo mondiale "Meteonorm" qui facilitent les exports vers TRNSYS.

Le tableau présente une liste des bâtiments en Algérie, avec la latitude, la longitude et l'élévation du site. Stations primaires pour lesquelles des données de rayonnement solaire ont été obtenues enregistrer avec le numéro "1" dans la colonne "SR"

No	Location	Lat [°N]	Lon [°E]	Elev [m]	SR	FileName
Algeria (DZ)						
1	Bechar	31.62	-2.23	772	1	DZ-Bechar-605710.tm2
2	Darel Beida	36.72	3.25	25	1	DZ-Darel-Beida-603900.tm2
3	Tamanrasset	22.78	5.52	1377	1	DZ-Tamanrasset-606800.tm2

Tableau 1: locaux Nationales disponibles dans le logiciel Meteonorm

(Base des données météorologiques mondiales), Algérie

N.B. :

D'après les informations données dans le programme Meteonorm, nous remarquons que le site de l'état de Laghouat n'est pas disponible dans la base de données météorologique, nous allons donc essayer d'inclure les informations qui s'y rapportent.

Le tableau ci-dessous montre comment calculer le temps dans TRNSYS :

Mois	Jour	heure	heure
JAN	1	0	774
FEB	32	774	1416
MAR	60	1416	2160
ABR	91	2160	2880
MAY	121	2880	3624
JUN	152	3624	4344
JUL	182	4344	5088
AUG	213	5088	5832
SEP	244	5832	6552
OCT	274	6553	7296
NOV	305	7296	8016
DEC	335	8016	8760

Tableau 2 : Le temps ; de janvier à février ; avec TRNSYS

III.4. Conclusion :

La simulation joue un rôle crucial dans le développement et l'adaptation des bâtiments face aux enjeux énergétiques et aux changements climatiques. L'intégration d'outils de modélisation énergétique dans le processus de conception présente de nombreux avantages. Cependant, elle comporte également des inconvénients et des défis importants, tels que l'absence de valeur par défaut et la variation de précision.

L'un des principaux avantages de la simulation est qu'elle permet d'évaluer et d'optimiser les performances énergétiques d'un bâtiment avant sa construction. Cela permet de prendre des décisions éclairées concernant l'efficacité énergétique, la consommation d'énergie et le confort des occupants. De plus, la simulation permet de tester différentes stratégies et technologies pour trouver la meilleure solution en termes de performances énergétiques.

Cependant, il est important de noter que la simulation n'est pas dénuée d'inconvénients. L'un des principaux défis est l'absence de valeur par défaut. Cela signifie que chaque simulation nécessite des données spécifiques et personnalisées, ce qui peut rendre le processus plus complexe et chronophage. De plus, la précision des résultats peut varier en fonction de plusieurs facteurs, tels que la qualité des données d'entrée, la définition du modèle et le niveau de détail utilisé. Il est donc essentiel de prendre en compte ces variations de précision lors de l'interprétation des résultats de la simulation.

Malgré ces défis, la simulation reste un outil précieux pour améliorer la conception des bâtiments en termes de performances énergétiques et de durabilité. Elle permet de prendre des décisions éclairées et d'identifier les meilleures solutions pour réduire la consommation d'énergie et atténuer l'impact environnemental des bâtiments.

CHAPITRE IV : Résultat Et Discussion

Dans ce chapitre, nous avons traité diverses simulations permettant de connaître les propriétés thermiques de la maison isolée et la répartition de la chaleur à l'intérieur du bâtiment.

Ainsi que l'effet de l'isolation thermique polyester et laine de roche sur la température ambiante et la consommation d'énergie. Dans cette étude, nous discutons des spécifications de l'isolant le meilleur et le moins cher, qui se caractérise par une faible conductivité thermique, car nous avons cherché à mettre en évidence l'effet de l'épaisseur du matériau isolant sur les résultats de l'étude.

Après avoir ajusté les paramètres et entré les données précédentes, les résultats de ce chapitre suivent les calculs du programme TRNSYS comme suit .(voir IV Figure 15)

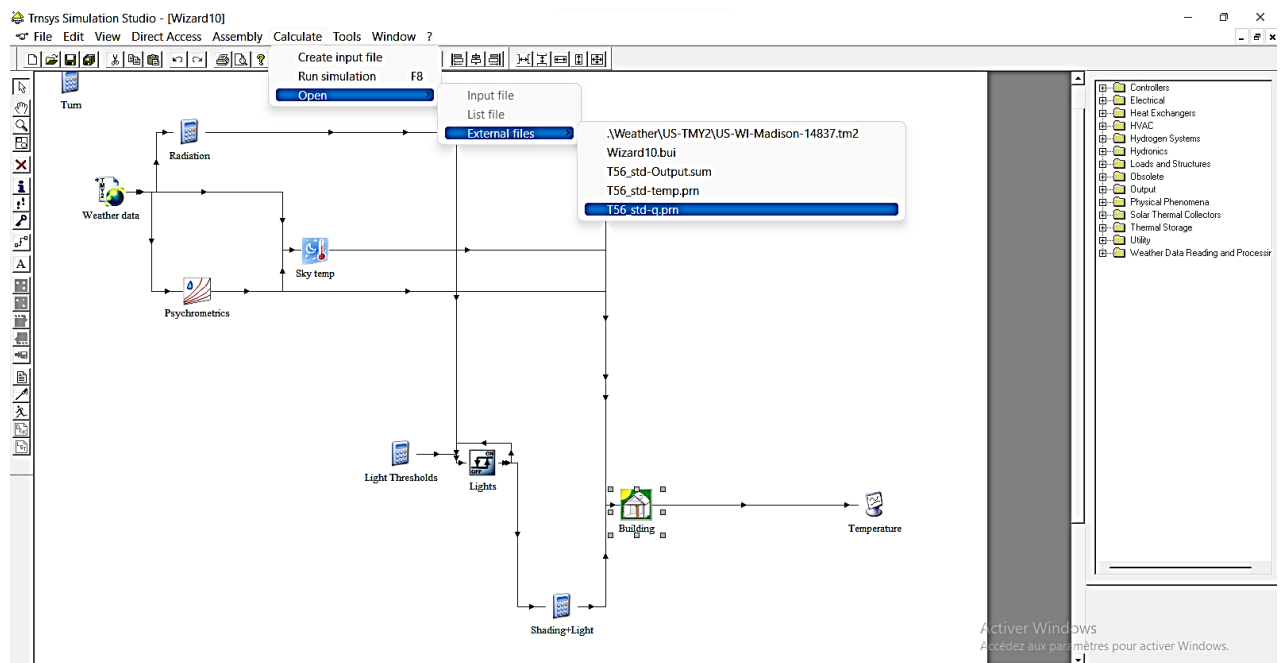


Figure IV. 1: cette figure montre comment obtenir des résultats du programme TRNSYS

IV.1. La variation de la température

IV.1.1. 1^{er} cas : Sans chauffage et climatisation

La figure montre la variation de température dans la région de Laghouat (la période d'étude est d'un an de janvier à décembre) selon les conditions climatiques de la région.

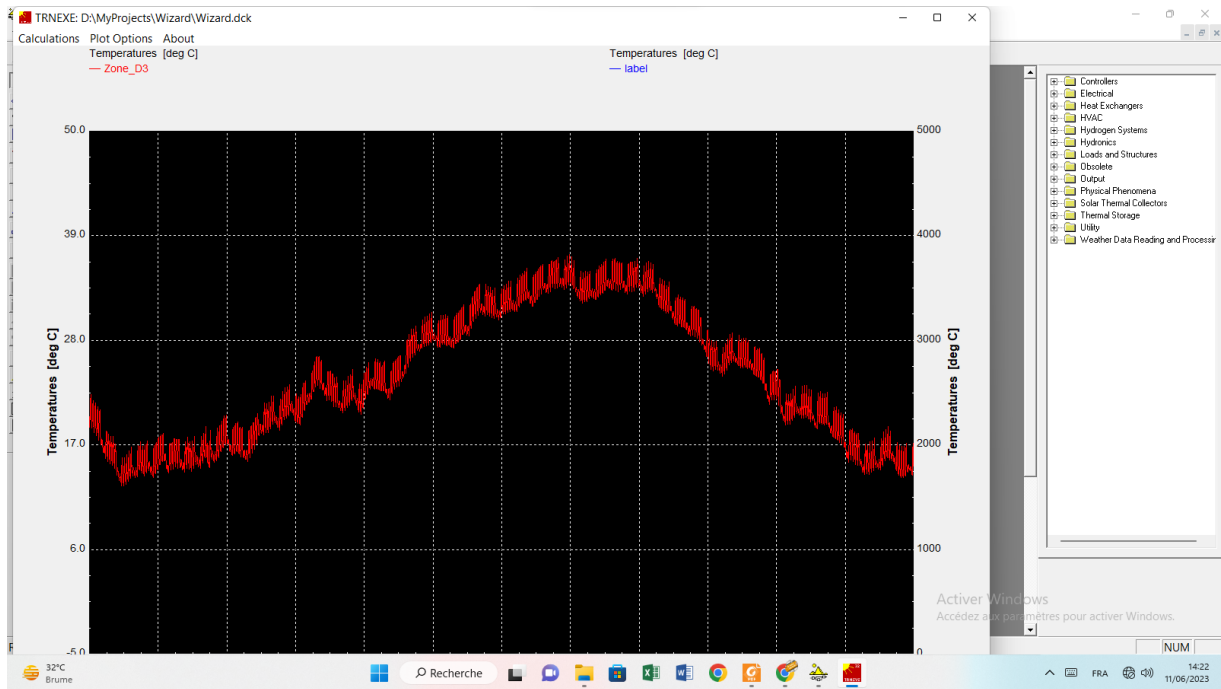


Figure IV. 2: La variation annuelle de la température (de janvier à décembre) Dans la zone étudiée (Sans chauffage et climatisation).

L'année s'étendant sur quatre saisons spécifiques, et chaque saison se distingue des autres par des conditions climatiques telles que des températures basses ou élevées.

Selon la figure, nous remarquons que les températures changent au mois de janvier de 12 degrés la nuit jusqu'à 17 degrés le matin, et parfois elles chutent fortement à 3 degrés. Il est important de noter que le mois de janvier est le mois le plus froid de l'année, nous allons donc nous concentrer sur ce mois dans le processus de chauffage.

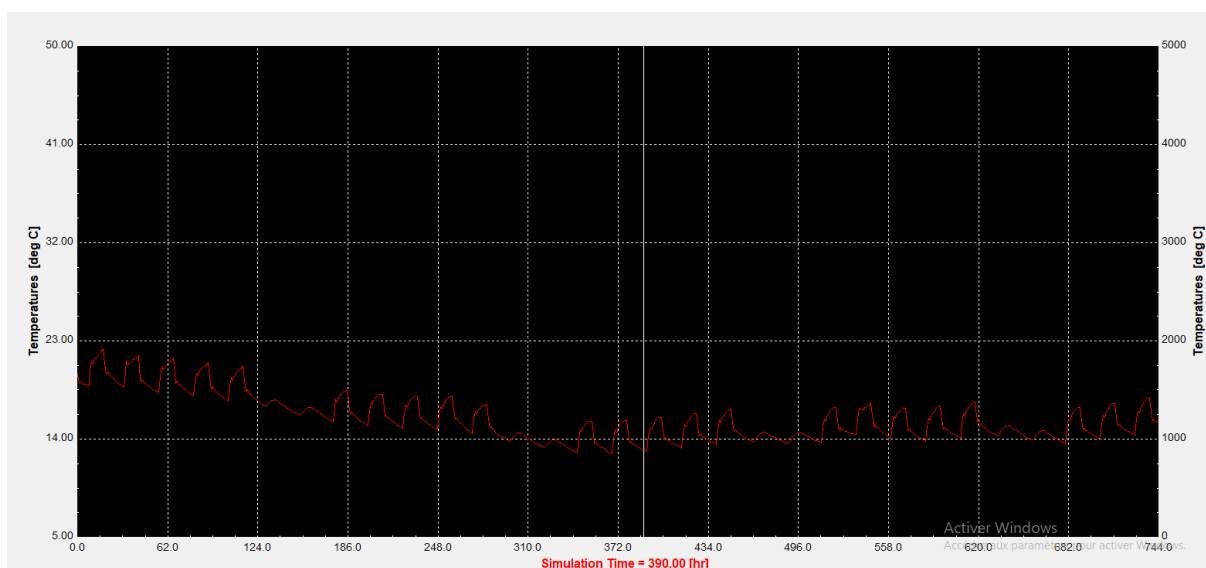


Figure IV. 3: Les températures intérieures changent au cours du mois de janvier

Quant aux mois de mars, avril et mai, il y a une légère augmentation des températures au printemps, jusqu'à atteindre des valeurs de 24 à 30 degrés Celsius. Au printemps, le temps devient plus chaud et plus humide.

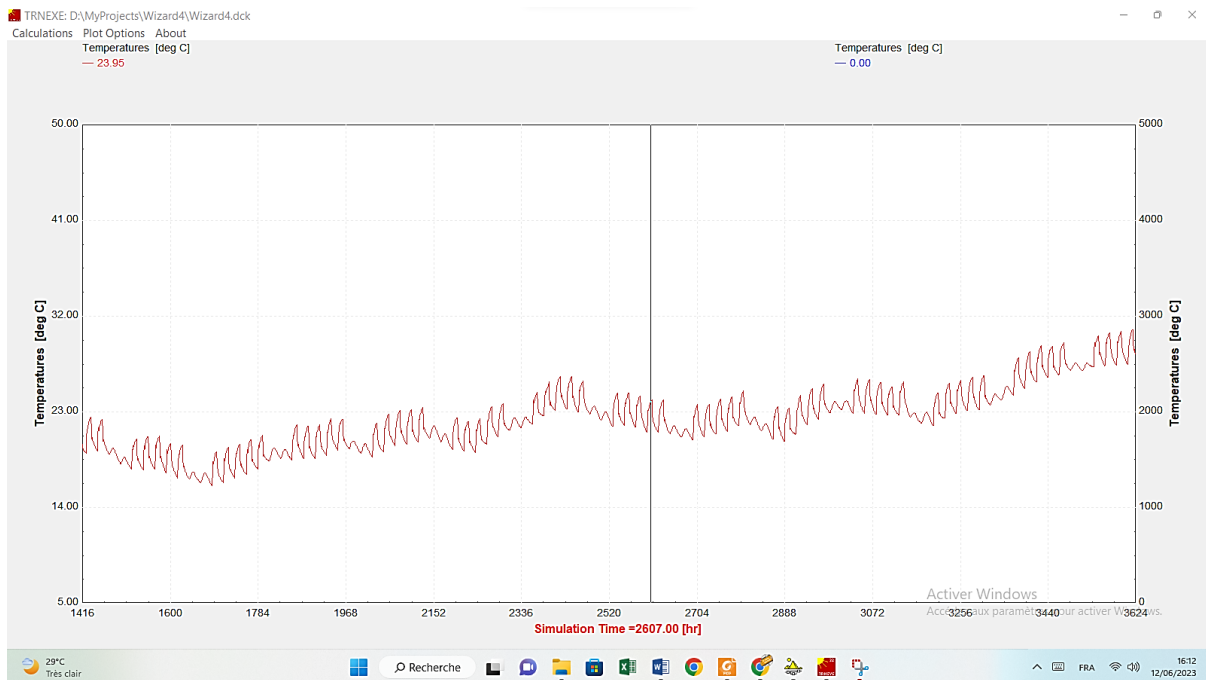


Figure IV4 .: Les températures intérieures changent au cours du mois de mars, avril, mai

L'été (juin à août) la température monte très vite jusqu'à atteindre 35 degrés Celsius et dépasse parfois celle-ci pour atteindre 39 degrés Celsius à l'intérieur du bâtiment.

En général, c'est la saison la plus chaude de l'année, nous allons donc concentrer notre étude sur le côté rafraichissant sur ce mois de juillet

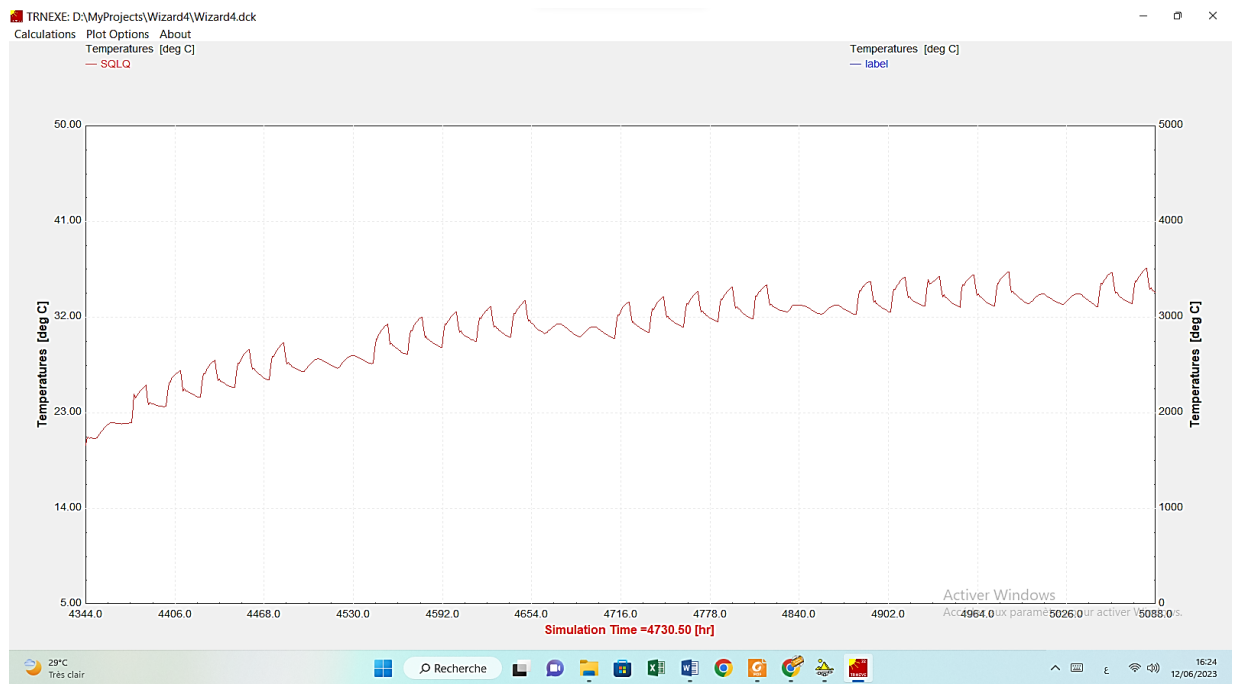


Figure IV5 .: Les températures intérieures changent au cours du mois de juillet

Après cela, nous remarquons une baisse continue de la température de 24 à 14 degrés Celsius de la saison d'automne jusqu'à la saison d'hiver.

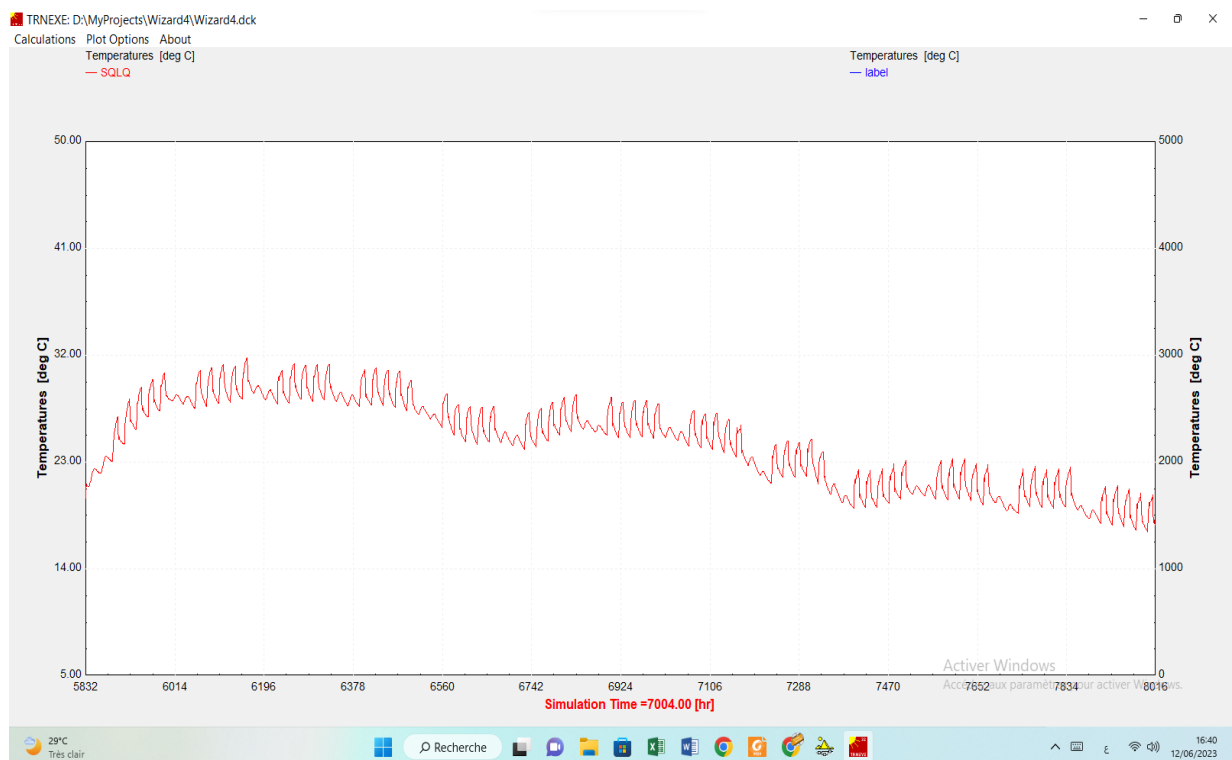


Figure IV6 .: Les températures intérieures changent au cours du mois de de septembre à novembre

IV.1.2. Le 2ème cas le changement de la température avec le chauffage et climatisation :

a) Le chauffage :

La figure montre la variation de température dans le cas d'un chauffage au mois de janvier sans isolation thermique

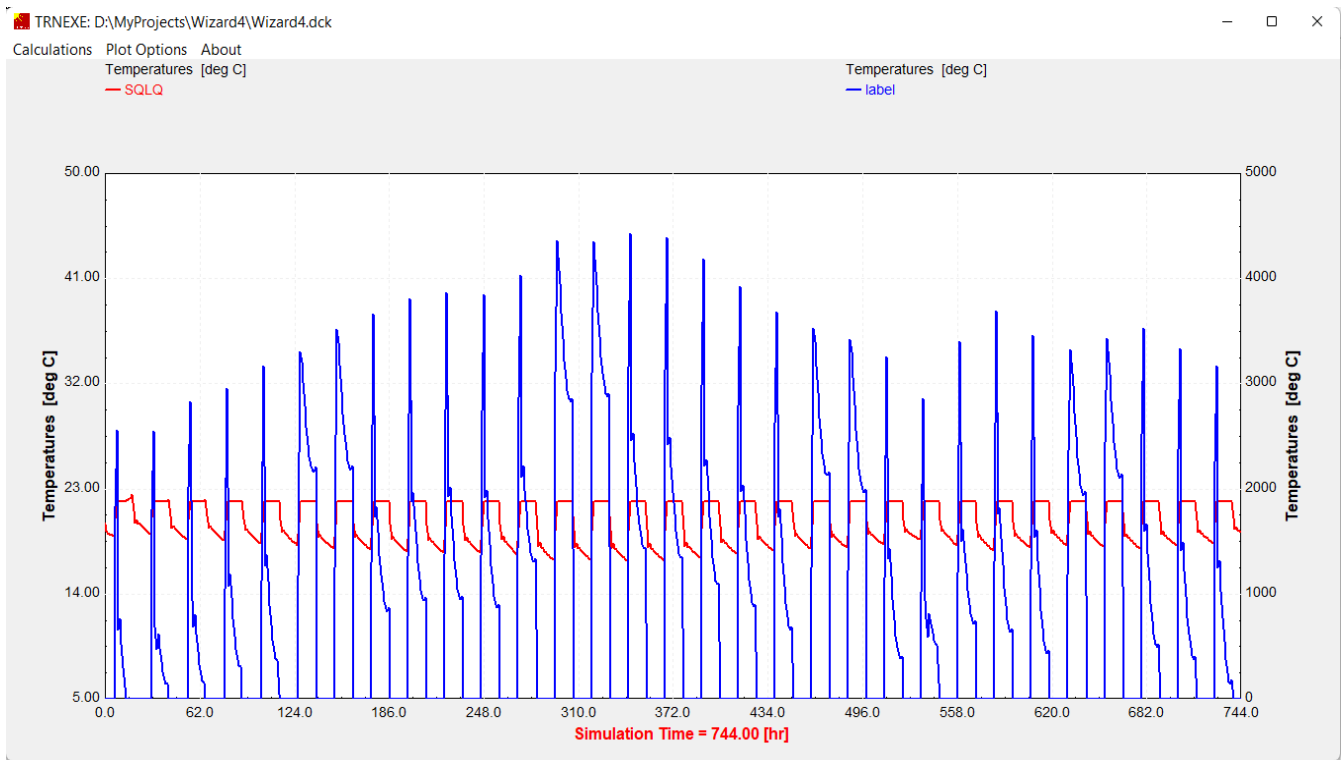


Figure IV. 7: le changement de la température en cas de chauffage sans isolation thermique avec la consommation de l'énergie.

Nous constatons que la température varie de 15 degrés à 22 degrés, ce qui est la température nécessaire pour élever le niveau de confort à l'intérieur de la maison et correspond à une augmentation significative de la consommation d'énergie.

Il y a une fluctuation de la consommation d'énergie due au changement permanent de température, car on remarque que le 14 janvier (à 336 heures sur la figure) est une grande consommation d'énergie car c'est le jour le plus froid du mois de janvier.

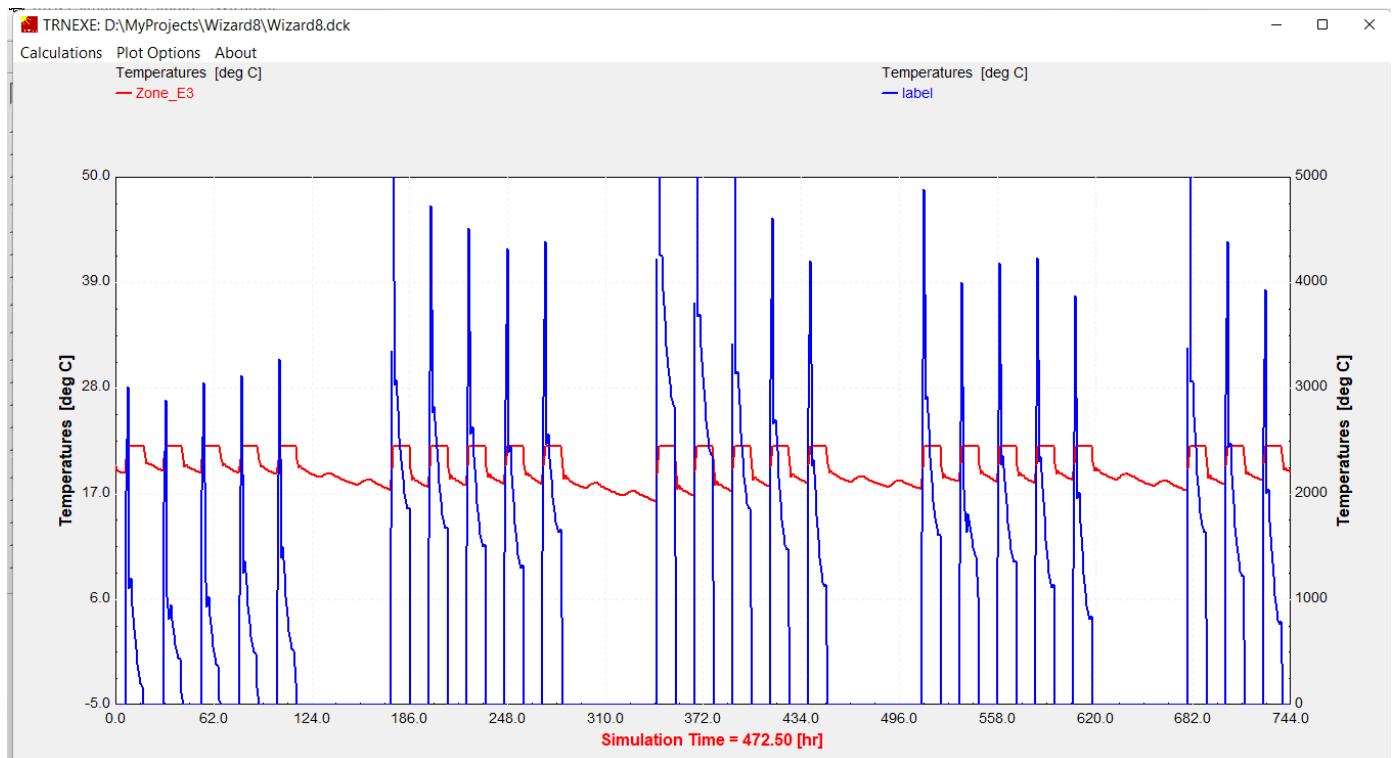


Figure IV. 8: le changement de la température en cas de chauffage avec isolation thermique avec la consommation de l'énergie.

Après avoir utilisé le chauffage, on observe une variation de la température entre 17 et 22 degrés. De plus, grâce à une bonne isolation, les pertes de chaleur de l'intérieur vers l'extérieur sont réduites pendant l'hiver. Cela signifie qu'une quantité moindre de chauffage est nécessaire, ce qui permet de réduire les coûts associés au chauffage. Par ailleurs, une diminution significative de la consommation d'énergie est également constatée.

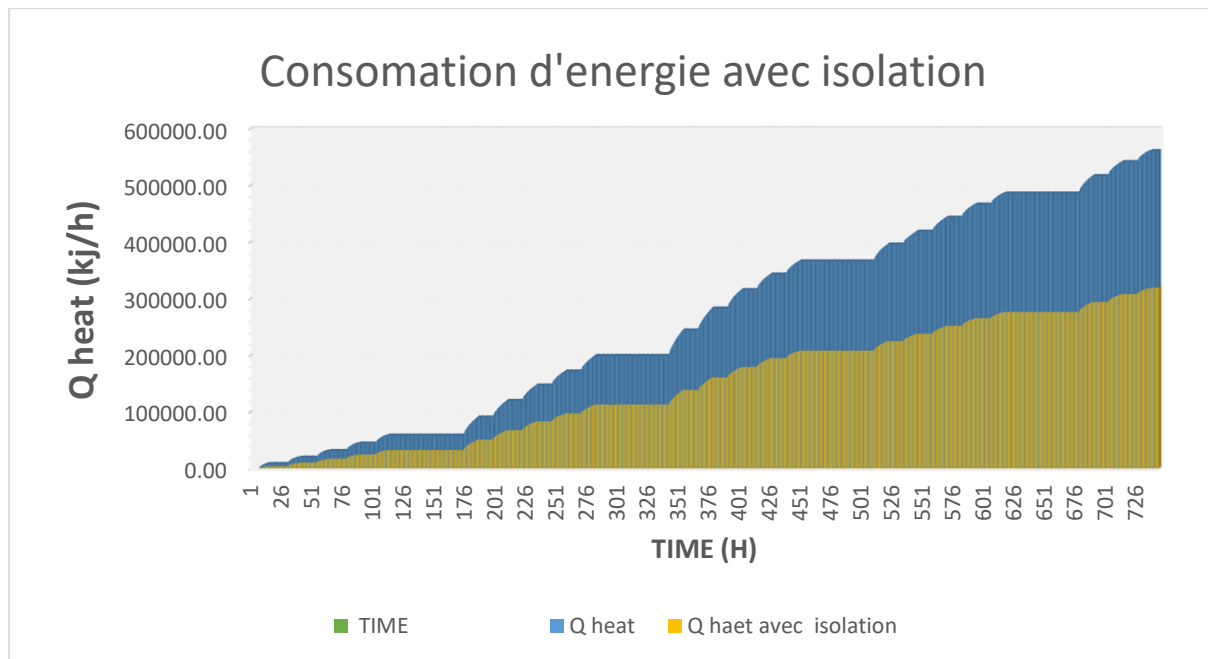


Figure IV. 9: la consommation d'Energie mois de janvier avec isolation (épaisseur 5+5cm)

Avant d'adopter l'isolation thermique, il convient de prendre en compte la consommation d'énergie élevée, pouvant atteindre $562,68 \cdot 10^3$ (kJ/H). Il est également important de noter qu'après l'installation d'une isolation thermique, la consommation d'énergie a été réduite d'environ 30% lors de l'utilisation de deux types d'isolants ayant une épaisseur de 5 cm chacun (polyester + laine de roche).

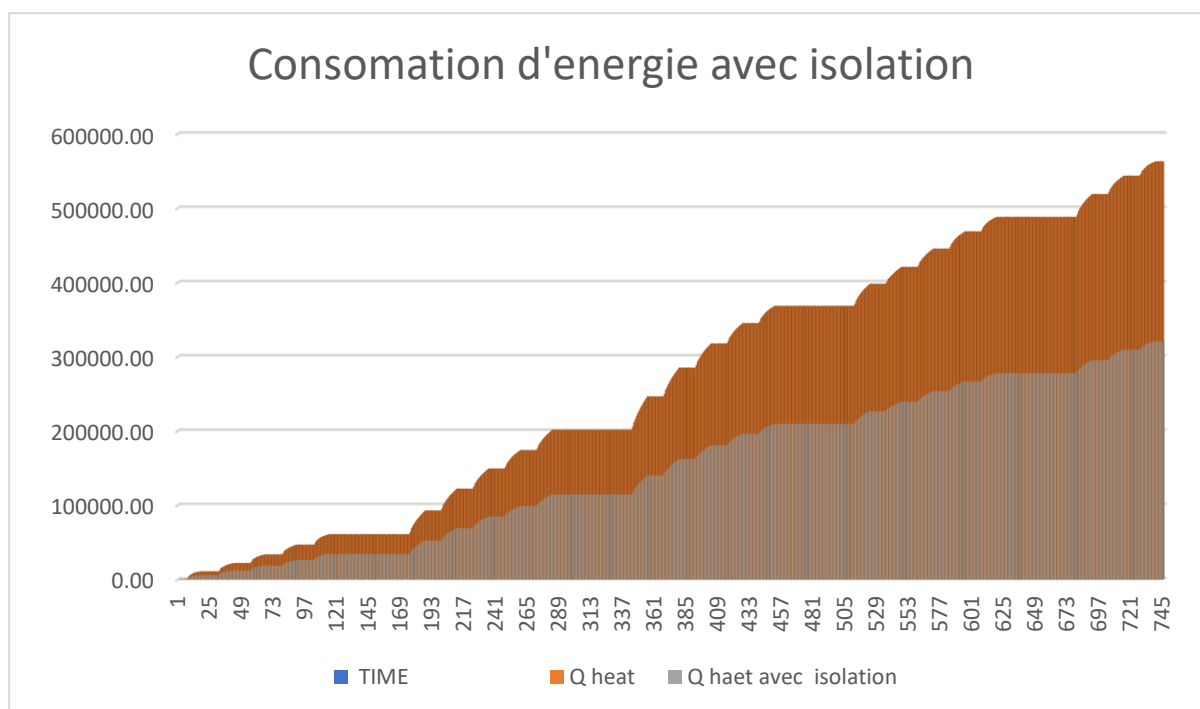


Figure IV. 10: la consommation d'Energie en mois de janvier avec isolation (épaisseur 15cm+10)

Après l'application d'une isolation thermique, il est important de noter une réduction d'environ 40% de la consommation d'énergie lors de l'utilisation de deux types d'isolants d'une épaisseur totale de (polyester 15 cm + laine de roche 10 cm).

Consommation Energétique Isolant (épaisseur)	Consommation énergétique sans isolation (kJ/h)	Consommation énergétique avec isolation (kJ/h)	Différence de la consommation énergétique (kJ/h)
Polyester 5 cm + laine de roche 5 cm	562,68. 10^3	371,275. 10^3	191,404. 10^3
Polyester 15 cm + laine de roche 10 cm	562,68. 10^3	320,647. 10^3	242,032. 10^3

Nous remarquons, à partir des valeurs mentionnées dans le tableau ci-dessus, que la consommation d'énergie est élevée avant l'isolation et diminue après l'isolation. De plus, nous constatons que l'augmentation de l'épaisseur de l'isolant réduit le flux de chaleur à travers les murs vers l'extérieur en hiver, ça ce cause une réduction de la consommation d'énergie.

b) La climatisation :

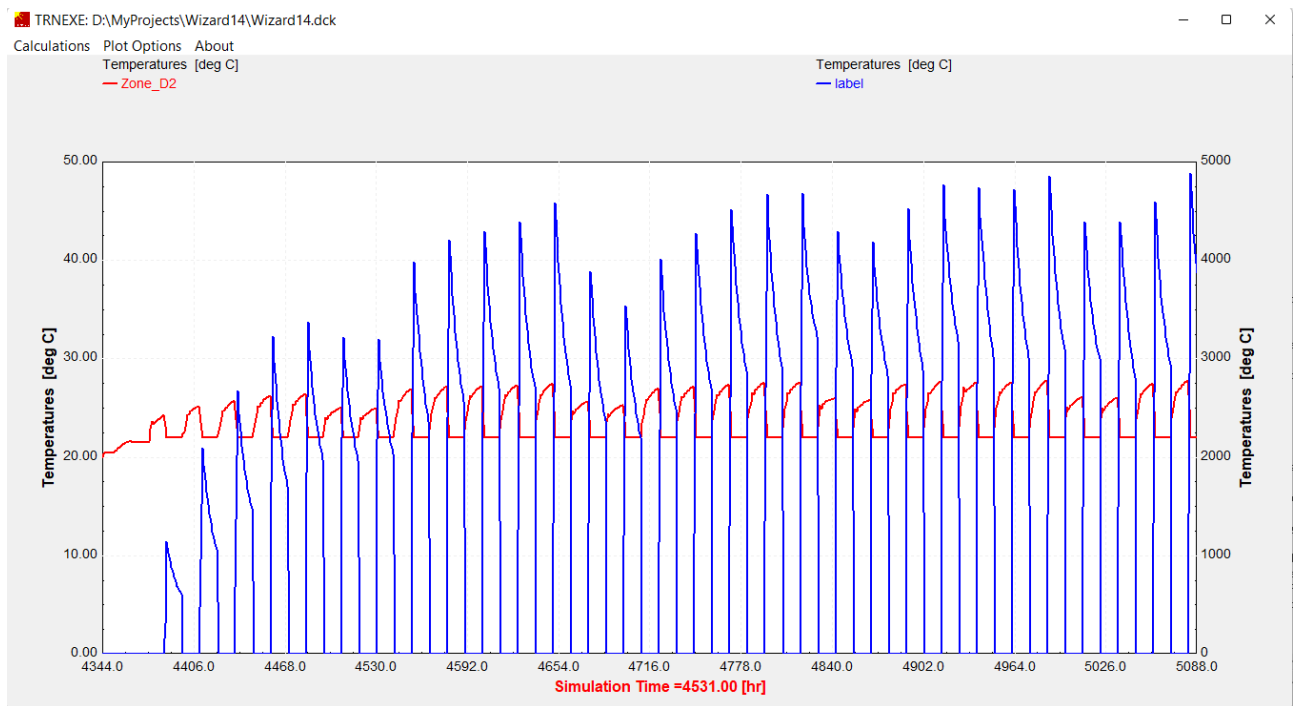


Figure IV. 11: le changement de la température en cas de climatisation sans isolation thermique avec la consommation de l'énergie.

On remarque que la température se varie entre 20 et 26 degrés, ce qui est la température appropriée au mois de juillet pour assurer le confort, en utilisant le rafraîchisseur d'air.

Compensé par une augmentation significative de la consommation d'énergie consommée en refroidissement.



Figure IV. 12: le changement de la température en cas de climatisation avec isolation thermique avec la consommation de l'énergie.

Après avoir utilisé le climatiseur, on observe un changement de température entre 20 et 26 degrés. De plus, grâce à l'isolation thermique, la quantité de chaleur perdue est réduite, ce qui contribue à réduire les coûts associés à la climatisation. De plus, une réduction significative de la consommation d'énergie est également observée.

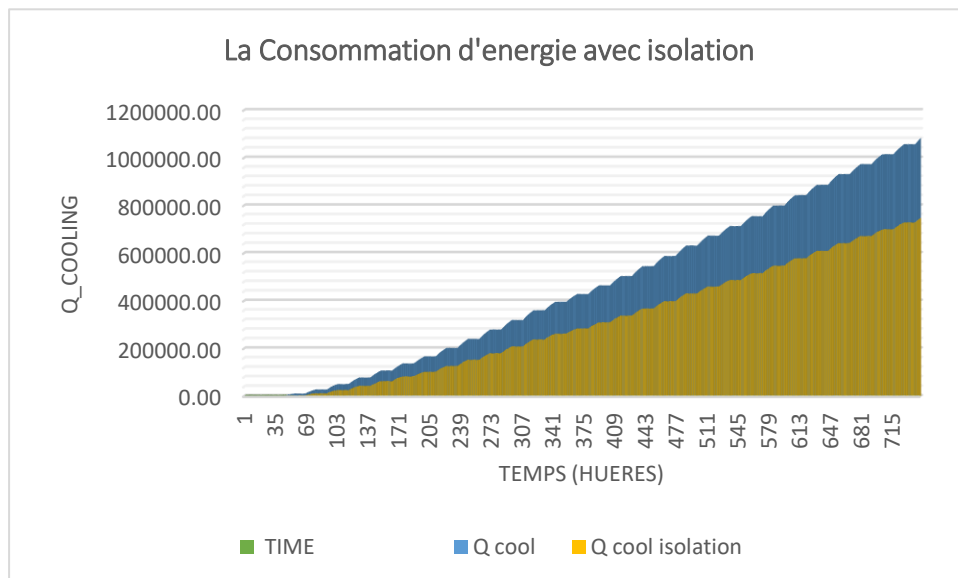


Figure IV. 13: la consommation d'Energie en mois de juillet avec isolation (épaisseur 5c

Avant d'adopter une isolation thermique, il faut tenir compte de la forte consommation d'énergie, qui peut atteindre 1080364,76 (kJ/H). Il est également important de noter qu'après l'installation de l'isolation thermique, la consommation d'énergie a diminué d'environ 31 % lors de l'utilisation de deux types d'isolation d'une épaisseur de 5 cm chacun (polyester + laine de roche).

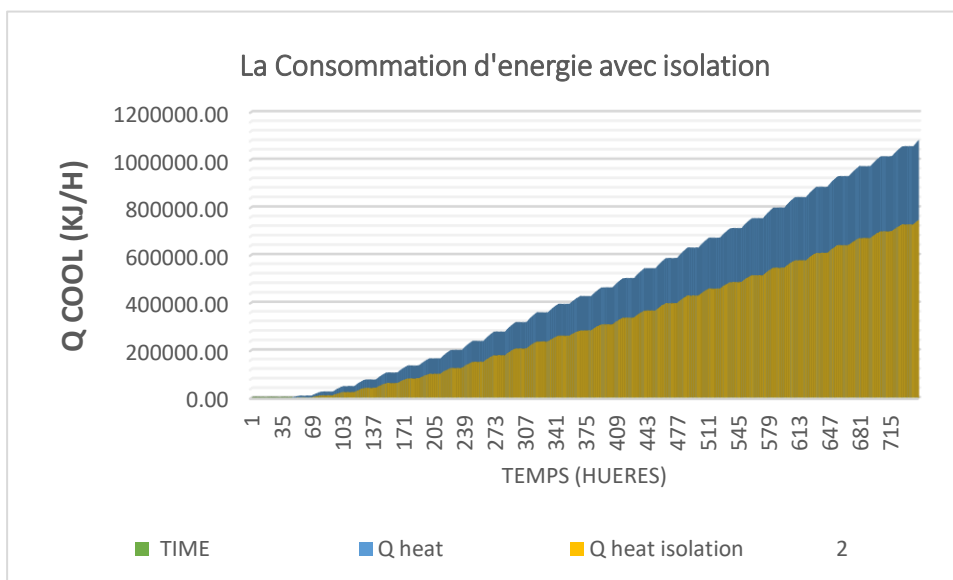


Figure IV. 14: la consommation d'Énergie en mois de juillet avec isolation (épaisseur 15cm+10)

Après l'application d'une isolation thermique, il est important de noter une réduction d'environ 44% de la consommation d'énergie lors de l'utilisation de deux types d'isolants d'une épaisseur totale de (polyester 15 cm + laine de roche 10 cm).

Consommation Énergétique Isolant (épaisseur)	Consommation énergétique sans isolation (kJ/h)	Consommation énergétique avec isolation (kJ/h)	Différence de la consommation énergétique (kJ/h)
Polyester 5 cm + laine de roche 5 cm	1080,364. 10^3	746,286. 10^3	334,078. 10^3
Polyester 15 cm + laine de roche 10 cm	1080,364. 10^3	594,2. 10^3	486,164. 10^3

Tableau 3: La consommation énergétique dans des différentes cas

On remarque que l'isolation thermique contribue à réduire la pénétration de la chaleur à l'intérieur du bâtiment pendant l'été. En utilisant un isolant efficace, l'entrée de la chaleur extérieure dans le bâtiment est limitée, ce qui réduit la nécessité d'utiliser la climatisation et améliore le confort thermique à l'intérieur. Par conséquent, l'isolation thermique peut réduire la consommation d'énergie associée au fonctionnement des systèmes de climatisation pendant la saison estivale.

IV.2. Conclusion :

D'après la simulation réalisée avec le programme TRANSYS, nous pouvons tirer les conclusions suivantes :

Une isolation efficace permet de réduire les pertes de chaleur et, par conséquent, les besoins en énergie. Ainsi, en isolant nos maisons, nous assurons un confort accru tout en réduisant les coûts énergétiques.

Les performances de l'isolation thermique sont déterminées par plusieurs paramètres qu'il convient de prendre en compte lors du choix d'un matériau. Une conductivité thermique plus faible indique un matériau isolant de meilleure qualité, ce qui souligne l'importance de choisir une isolation présentant une bonne conductivité thermique.

Par conséquent, la consommation d'énergie nécessaire pour l'isolation est inférieure à celle requise en l'absence d'isolation.

L'isolation externe de l'enveloppe du bâtiment revêt une grande importance pour augmenter la résistance thermique des éléments de construction et réduire les pertes de chaleur tout au long de l'année.

Grâce à cette isolation, il devient possible d'améliorer le confort intérieur de la maison sans avoir recours à des systèmes de chauffage ou de climatisation.

Conclusion générale

Le secteur du bâtiment a un rôle économique majeur, mais il consomme également beaucoup d'énergie et émet des gaz à effet de serre, principalement à travers la climatisation et le chauffage. Pour améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments, il est essentiel de prendre en compte cette efficacité à toutes les étapes de leur conception. Cela nécessite le développement de nouveaux matériaux favorisant l'efficacité énergétique en vue d'un développement durable. Il est donc nécessaire d'adopter une stratégie d'efficacité énergétique des bâtiments.

Dans notre étude, notre objectif était d'améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments en mettant l'accent sur la conception efficace. La conception des maisons doit se concentrer sur différents aspects, notamment le confort thermique, qui peut être atteint grâce à des moyens tels que l'isolation thermique.

En examinant les variations de température de l'air dans une zone spécifique de la Wilaya de Laghouat, nous avons constaté que, sans chauffage ou climatisation, la température est très élevée en été et basse en hiver tout au long de l'année. L'utilisation du chauffage et de la climatisation entraîne des fluctuations de température en raison des équipements qui régulent la température et/ou mesurent l'humidité pour assurer le confort thermique.

L'isolation thermique protège le bâtiment des changements climatiques en réduisant la différence de température résultant des hautes températures dues au soleil pendant la journée et des baisses de température la nuit. Ainsi, l'isolation thermique des bâtiments est un facteur crucial lors de nouvelles constructions ou rénovations, car elle permet de réduire considérablement les besoins énergétiques.

Nous avons conclu qu'une bonne isolation thermique réduit la consommation d'énergie nécessaire au chauffage et/ou à la climatisation, tout en améliorant le confort. En plus de ces avantages, l'isolation contribue également à la préservation de l'environnement en réduisant la consommation énergétique, préservant ainsi les ressources et limitant les émissions de gaz à effet de serre. Par conséquent, l'isolation thermique offre des avantages significatifs en termes de protection de l'environnement, de confort et d'économies financières, et permet de réduire la consommation énergétique par rapport à l'absence d'isolation.

L'efficacité énergétique joue un rôle essentiel dans les nouveaux bâtiments, offrant une opportunité idéale pour mettre l'accent dès le départ sur cet aspect. Elle est cruciale à tous les niveaux, de la sélection du site aux choix des matériaux. Toutes ces solutions visent à créer un bâtiment cohérent sur le plan énergétique, permettant ainsi une consommation d'énergie réduite.

Résumé

Resumé

Cette mémoire présente une étude sur l'évaluation et la prédiction du comportement thermique des bâtiments. En utilise le logiciel TRNSYS pour modéliser la simulation thermodynamique des caractéristiques du bâtiment, les conditions climatiques locales, et analyser les échanges de chaleur. Les résultats de la simulation permettent d'évaluer la consommation d'énergie, les charges de chauffage et de climatisation et les températures intérieures dans le bâtiment.

Cette étude a été effectuée pour la réduction de consommation d'énergie en utilisant l'isolation thermique

Mots clé : TRNSYS, Isolation Thermique, Consommation d'énergie

ملخص:

تقدم هذه الرسالة دراسة عن تقييم وتوقع السلوك الحراري للمباني. قمنا باستخدام برنامج TRNSYS لنمذجة المحاكاة الديناميكا الحرارية لخصائص البناء والظروف المناخية المحلية وتحليل التبادل الحراري. استخدمت نتائج المحاكاة لتقييم استهلاك الطاقة وأحمال التدفئة والتبريد ودرجات الحرارة الداخلية في المبنى. الهدف الأساسي من هذه الدراسة هو استكشاف إمكانيات العزل الحراري في تقليل استهلاك الطاقة.

الكلمات المفتاحية: العزل الحراري، استهلاك الطاقة، TRNSYS

summary

This thesis presents a research study focused on evaluating and predicting the thermal behavior of buildings. The software TRNSYS is utilized to model the thermodynamic simulation of building characteristics, local climate conditions, and analyze heat exchanges. The simulation results provide insights into energy consumption, heating and cooling loads, as well as indoor temperatures within the building.

The primary objective of this study is to explore the potential of thermal insulation in reducing energy consumption.

Keywords: TRNSYS, Thermal Insulation, Energy Consumption

REFERENCES

Références

- [1] S. Kawther, "Pour une démarche Haute Performance Énergétique des équipements sanitaires à Guelma," Mémoire de Master, Université 08 Mai 1945 de Guelma, 2018, pp. 126.
- [2] Lekhal Mohammed Cherif, "Modélisation du comportement thermique d'un bâtiment équipé de système combiné, capteur solaire et puits canadien." Thèse de Doctorat, Université de Sidi Bel Abbés, pp.181.
- [3] Djerroufi Mohammed El Amin, "Management de l'efficacité énergétique dans le bâtiment," Mémoire de Master, Université Abou-Bekr Belkaid - Tlemcen, juin 2014, pp. 99.
- [4] APRUE, "Le Ministre de l'Energie procède à l'ouverture d'un séminaire sur l'efficacité énergétique dans le secteur de l'industrie," lundi 27 novembre 2017.
- [5] Nicolas Morel and Edgard Gnansounou, "Énergétique du bâtiment," Ecole polytechnique, Fédérale De Lausanne, Septembre 2008, pp. 217.
- [6] <https://www.oze-energies.com/pourquoi-realiser-un-audit-energetique/performance-energetique-des-batiments>.
- [7] H. M. Chaima Sellama, Idhir Boulkaraa, "La rénovation énergétique dans l'habitat collectif en algérie: vers une stratégie d'efficacité," mémoire de master, Université Mohamed Seddik benyahia - Jijel, 11 /07/2019, pp. 73.
- [8] M. S. Touil Abdessalam, "Au sujet de l'efficacité énergétique - vers des bâtiments moins énergivores -," mémoire de master, Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen, juin 2017, pp. 90.
- [9] "Guide relatif à l'efficacité énergétique dans les bâtiments: Application à un établissement scolaire," MARS 2013, pp. 67.
- [10] E. Gallay, "5 Leviers de l'efficacité énergétique pour le bâtiment," 10 août 2017.
- [11] M. C. Djahida Boudehane, Nor-elhouda Ziada, "Étude des paramètres de construction pour le confort hygrothermique dans le bâtiment à zéro consommation d'énergie (BZE). cas des établissements D'enseignement supérieur dans un climat humide." Mémoire de Master, Université Mohamed Seddik Benyahia - Jijel, 10-07-2019, pp. 82.
- "<https://www.energir.com/fr/affaires/espace-client/reduire-votre-consommation/trucs-et-conseils/>."
- [13] "<https://www.iko.com/comm/fr/blog/quest-ce-que-lenveloppe-du-batiment/>."

[14] "<https://eduscol.education.fr/sti/formations/bts/bts-enveloppe-du-batiment-conception-et-realisation-partir-de-2018>."

[15] K. A. ZAIM Mounia, "Bilan thermique de construction: étude d'un cas et présentation de solutions," Mémoire de Master ,Université Abou BekrBelkaid Tlemcen, 22/06/2019, pp. 161.

[16] M. F. Kenza, "Evaluation des performances énergétique et du confort thermique dans l'habitat: Cas des logements HPE de l'OPGI de Blida," Thèse de Magister,Université Mohamed Khider – Biskra, 18. 06. 2017, pp. 177.

[17] "<https://www.laprimenenergie.fr/les-travaux/la-ventilation>."

[18] "<https://blog.solorea.com/confort-thermique-comment-ameliorer>."

[19] Soudani Widad Khirouni Aicha, "Une etude bibliographique sur optimisation thermique cas : un batiment réhabiliter R+2," Mémoire de Master, Université de Guelma, Juin2015, pp. 122.

[20] T. Abdessalam and M. Souad, "Au sujet de sujet de l'efficacité énergétique- vers des batiments moins énergivores-," Mémoire de Master ,Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen, juin 2017, pp. 86.

[21] "<http://maison-passion.fr/focus/focus-isolation/>."

[22] M. S. TOUIL Abdessalam, "AU SUJET DE L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE -VERS DES BÂTIMENTS MOINS NERGIVORES-," Mémoire de master, UNIVERSIT ABOU BEKR BELKAID TLEMCEN, juin 2017, pp. UNIVERSITÉ ABOU BEKR BELKAID TLEMCEN.

[23] "<https://passivact.fr/Concepts/files/QualiteThermique-CaracteristiquesPhysiques.html>."54

[24] M. Z. Eddine, "Etude Numérique des performances des matériaux isolants dans le bâtiment (régime permanent) sous conditions de températures réelles de Constantine," Mémoire de Master,Université Larbi Ben M'hidi Oum -El -Bouaghi, 2 juillet 2018, pp. 74.

[25] Emilio SASSINE, "Analyse Typologique et thermique des maison anciennes de lille.Etude experimental et numerique des parois verticales.," Thèse de Doctora , Université D'artois, pp. 216.

[26] "<https://www.alsabrico.fr/isoler/materiaux-d-isolation-ecologique/>."

[27] "<http://www.guide-isolation-combles.com/isolation-plumes-canard/>."

[28] Erik Chisholm, "Optimisation de l'enveloppe d'un bâtiment passif à l'aide de la simulation thermique dynamique," 19 Septembre 2013.

[29] "<https://www.lamy-expertise.fr/actualites/conseil-immobilier-maison-appartement-construction/isolants-dits-nouvelle-generation,352.htm>."

[30] <https://www.isolation-info.fr/isolation-thermique-par-exterieur#:~:text=L%27isolation%20thermique%20par%20l%27thermique%20qui%20prot%C3%A8ge%20le%20b%C3%A2timent..>

[31] C. S. H. M. I. BOULKARAA, "La Rénovation énergétique dans l'habitat collectif en Algérie : vers une stratégie d'efficacité," Mémoire de Master, Université Mohamed Seddik BENYAHIA – Jijel, 11 /07/2019.

[32] S. RAHMOUNI, "Évaluation et Amélioration Énergétiques de Bâtiments dans le cadre du Programme National d'Efficacité Énergétique," Thèse de Doctorat, Université Mostapha Ben Boulaid-Batna 2, 29 /01/2020.

[33] M. B. HASSINE, "Développement d'une approche pour l'utilisation optimale de simulation énergétique en amont du processus de conception," Thèse de Magister, École de technologie supérieure université du québec, 18/08/2015.

[34] M.E.A.B. HACENE, "Aspects Énergétiques, Économiques et Environnementaux d'une Habitation Ecologique," Thèse de Doctorat ,Université Abou Bekr Belkaid - Tlemcen, 08 Mai 2013.

[35] S. BONTEMPS, "Validation expérimentale de modèles: application aux bâtiments basse consommation," Thèse de Doctorat, Université de Bordeaux, 2 Décembre 2015.

[36] M.A.M.R. Guechhati, Ahm. Mezrhah et Abd. Mezrhah, "Simulation de l'effet de l'isolation thermique des bâtiments Cas du centre psychopédagogique SAFAA à Oujda," Université Mohammed 1er, 60000 Oujda, Maroc, 25 Mai 2010.

[37] M.M. DALEL, "Impact de l'inertie thermique sur le confort hygrothermique et la consommation énergétique du bâtiment," Thèse de Magister, Université Mentouri de Constantine, 06./11/.2006, pp. 303.

[38] A.m.s.A. karim, "Etude et Simulation de la Climatisation sous TRANSYS," Mémoire de Master, Université Akli Mohand Oulhadj-Bouira-, 2017 /2018, pp. 60.

[39] B.Samira, "Impact de l'orientation sur le confort thermique intérieur dans l'habitation collective. Cas de la nouvelle ville Ali Mendjeli Constantine," Thèse de Magister, Université Mentouri Constantine, 2004-2005.

[40] T. MARCHAL, "Modélisation en régime dynamique d'une maison basse énergie Etude de cas « Maison Politehnica », " Mémoire de Master, Université de lorraine, 3 septembre 2014.