



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



**UNIVERSITE ABOU-BEKR BELKAID - TLEMCEEN**

## MEMOIRE

Présenté à :

FACULTE DES SCIENCES – DEPARTEMENT DE PHYSIQUE

Pour l'obtention du diplôme de :

**MASTER EN PHYSIQUE**

Spécialité : Physique Energétique et Energies Renouvelables

Par :

**BRIKI Hanane**

Sur le thème

---

### **Optimisation des ouvertures dans les bâtiments**

---

Soutenue publiquement le 01/06/2024 à Tlemcen devant le jury composé de :

Mme DAHMANI Nadia	Maître de conférences A	Université de Tlemcen	Présidente
Mr KARAOUZENE Lotfi Ibrahim	Maître de conférences A	Université de Tlemcen	Encadrant
Mme SARI-ALI Inchirah	Maître de conférences A	Université de Tlemcen	Examinatrice

*Année Universitaire 2023~2024*

## *Remerciements*

Au terme de ce travail, nous voudrions exprimer notre gratitude à Dieu qui nous a guidés par sa force tout au long de cette étude.

La réalisation de ce mémoire a été possible grâce au concours de plusieurs personnes à qui nous voudrions témoigner toute notre gratitude.

Je tiens à exprimer mes sincères remerciements à mon encadrant **M. KARAOUZENE LOTFI IBRAHIM** pour son dévouement, son soutien et ses précieux conseils tout au long de la préparation de cette mémoire. Son expérience, sa patience et sa disponibilité ont été inestimables.

Je remercie Madame **DAHMANI Nadia**, Maître de conférences A, qui m'a fait l'honneur d'accepter la présidence de ce jury à l'issue de cette soutenance.

Je tiens à exprimer ma gratitude à **Mme SARI ALI INCHIRAH**, Maître de conférences A, pour l'attention qu'elle a portée à mon humble travail en acceptant de l'examiner et de le juger.

Je tiens également à adresser mes sincères remerciements au **PROFESSEUR AMARA SOFIANE**, pour son soutien inestimable, ses conseils avisés et sa générosité qui m'a accompagné tout au long de mon travail.

Je voudrais exprimer ma gratitude et mon respect à tous les enseignants qui ont contribué à ma formation jusqu'à présent.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude envers ma famille, les amis, ainsi que toutes les personnes qui m'ont apporté leur soutien.

## *Dédicace,*

Avec une profonde gratitude et des mots sincères, je dédie cet humble travail à ma mère et à mon père, qui m'ont apporté tout ce dont j'avais besoin depuis mon enfance et tout au long de mon parcours académique. Je tiens à vous remercier d'avoir été là pour moi à chaque étape de ma vie.

Que Dieu les bénisse avec une longue vie, bonne santé et bien-être.

À ma chère sœur **SAMAH** et à mon chère frère **KHALID**.

À tous les membres de la famille **BRIKI**.

À tous mes amis, chacun par son nom.

À toute la promotion Master 2 Physique Energétique et Energies Renouvelables 2023/2024.

Pour tous ceux qui ont contribué à la réussite de ce travail.

*Hanane*

## *Sommaire*

Remerciements.....	I
Dédicace,.....	II
<i>Sommaire</i> .....	III
Liste des figures : .....	V
Liste des tableaux : .....	VII
Abréviations : .....	VIII
Nomenclature : .....	VIII
<b>INTRODUCTION GENERALE</b> .....	1
<b>CHAPITRE 1 : GENERALITES SUR L'ENERGIE SOLAIRE THERMIQUE</b> .....	5
1/Introduction : .....	6
2/ les différentes formes d'énergies : .....	6
3/ les types d'énergies : .....	6
3.1/ Les énergies fossiles : .....	6
3.2/les énergies renouvelables : .....	7
4 / Description du soleil : .....	7
5/ L'énergie solaire : .....	7
6/ le rayonnement solaire : .....	8
6.1/ Les composantes du rayonnement solaire : .....	9
6.2/ structure de rayonnement : .....	10
7/ le transfert de la chaleur : .....	10
7 .1/ les modes de transfert de chaleur : .....	10
7.1.1/ conduction : .....	10
7.1.2/ convection : .....	11
7.1.3/ rayonnement : .....	12
8/ Le confort thermique : .....	13
9/ la consommation d'énergie dans le secteur des bâtiments en Algérie : .....	13
10/ L'optimisations des ouvertures dans les bâtiments : .....	13
11/ l'isolation thermique dans les bâtiments : .....	13
11.1/ Les différents types des isolants thermiques : .....	14
11.1.1/ Les matériaux minéraux : .....	14
11.1.2/ Les isolants végétaux : .....	15
11.1.3/ Les matériaux synthétiques : .....	16

12/ Conclusion :	17
<b>CHAPITRE 2 : PRESENTATION DE CAS D'ETUDE</b>	<b>20</b>
1/ Introduction :	21
3/ Le climat de la wilaya :	22
4/ présentation du logiciel METEONORM :	22
5/ les données météorologiques de la wilaya d'ALGER :	23
5.1 / Radiation solaire :	23
5.2/la température de l'air :	25
5.3/ Les précipitations :	27
5.4/Humidité relative :	27
6/Description de l'habitat étudié :	28
6.1 / les données architecturales de la maison :	29
7/Conclusion :	30
<b>CHAPITRE 3 : SIMULATION SOUS TRNSYS, RESULTATS ET INTERPRETATIONS</b>	<b>32</b>
1/Introduction :	33
2/ Description et simulation sous TRNSYS :	33
2.1/ Applications :	33
3/ les étapes de simulation :	34
3.1/ Introduction des composants de l'enveloppe :	40
4 / Simulation sous TRNSYS :	44
5/ Résultats et interprétations :	45
5.1/Etude des températures intérieure et extérieure du bâtiment sans chauffage :	45
5.2/Etude des températures intérieure et extérieure du bâtiment avec chauffage et climatisation :	50
5.3/ Consommation d'énergie (chauffage et climatisation) :	51
6/ Conclusion :	55
<b>CONCLUSION GENERALE</b>	<b>56</b>

## Liste des figures :

### Chapitre 1 : Généralité sur l'énergie solaire thermique.

Figure 1 : les énergies fossiles .....	6
Figure 2: les énergies fossiles .....	7
Figure 3: Etoile du soleil .....	7
Figure 4: le spectre du rayonnement solaire .....	9
Figure 5:Les trois composantes du rayonnement solaire .....	9
Figure 6:transfert thermique par conduction .....	11
Figure 7:transfert de chaleur par deux types de convection .....	12
Figure 8:Transfert de chaleur par rayonnement solaire sur un mur .....	12
Figure 9:laine de verre .....	14
Figure 10:laine de roche.....	15
Figure 11:fibre de bois en panneau .....	15
Figure 12:Béton de chanvre .....	16
Figure 13:le polystyrène expansé .....	16
Figure 14:Le polyuréthane. ....	17

### Chapitre 2 : présentation de cas d'étude.

Figure 1 : carte de localisation et des limites de la wilaya d'Alger .....	21
Figure 2 : Sélection de site dans meteonorm .....	22
Figure 3 : Variation mensuelle du rayonnement globale et diffus. ....	23
Figure 4 : Le rayonnement global journalier du site d'Alger pendant une année.....	24
Figure 5 : Les valeurs mensuelles de la durée d'insolation pendant une année. ....	24
Figure 6 : Températures moyennes mensuelles de la ville d'Alger. ....	25
Figure 7 : Variations des températures du site d'Alger pendant une année.....	26
Figure 8 : Variations des températures journalières du site d'Alger pendant une année .....	26
Figure 9 : Les valeurs mensuelles de précipitations. ....	27
Figure 10 : Variation mensuelle de l'humidité relative (%) du site d'Alger. ....	28
Figure 11 : plan de la maison étudiée .....	28

### **Chapitre 3 : Simulation sous TRNSYS ,résultats et interprétation.**

Figure 1 : Modélisation sous TRNSYS de la maison étudiée.....	40
Figure 2 : Variation des températures extérieures et intérieures au cours de l'année	46
Figure 3 : Variation des températures extérieures et intérieures au cours de l'année	46
Figure 4 : Variation des températures extérieures et intérieures au cours de l'année. .....	47
Figure 5 : Variation des températures extérieures et intérieures au cours de l'année. .....	47
Figure 6 : la température minimale et maximale pendant chaque mois (26.66%) ...	48
Figure 7 : la température minimale et maximale pendant chaque mois (35%) .....	48
Figure 8 : la température minimale et maximale pendant chaque mois (45%) .....	49
Figure 9 : la température minimale et maximale pendant chaque mois (60%) .....	49
Figure 10 : variation des températures moyennes.....	50
Figure 11 : Evolution de la température intérieure et extérieure pendant l'année avec l'utilisation du chauffage et climatisation.....	50
Figure 12 : Energie consommée avec le chauffage et la climatisation pendant l'année. .....	51
Figure 13 : Energie consommée pendant chaque mois pour une ouverture de 26.66% .....	51
Figure 14 : Energie consommée avec le chauffage et la climatisation pendant l'année .....	52
Figure 15 : Energie consommée pendant chaque mois pour une ouverture de 35% .	52
Figure 16 : Energie consommée avec le chauffage et la climatisation pendant l'année. .....	53
Figure17 : Energie consommée pendant chaque mois pour une ouverture de 45% ..	53
Figure 18 : Energie consommée avec le chauffage et la climatisation pendant l'année .....	54
Figure19 : Energie consommée pendant chaque mois pour une ouverture d e60% ..	54
Figure 20 : Diagramme représentant la différence de consommation annuelle d'énergie de chauffage et climatisation pour les quatre ouvertures.....	55

## **Liste des tableaux :**

### **Chapitre 2 : Présentation de cas d'étude**

Tableau 1:Température de l'air du site d'Alger.....	25
Tableau 2:les dimensions de la maison.....	29
Tableau 3:Les caractéristiques des murs extérieur et intérieur.....	29
Tableau 4:Composants du plancher.....	29
Tableau 5:Composants de la toiture.....	30

### **Chapitre 3 : Simulation sous TRNSYS ,résultats et interprétation**

Tableau 1:La somme d'énergie utilisée pour le chauffage et la climatisation pendant une année. ....	55
---	----



## Abréviations :

GES : gaz à effet de serre

CVC : chauffage, ventilation et climatisation

UV : ultraviolet

IR : infrarouge

## Nomenclature :

$\varphi$  : Flux de chaleur ( $W$ )

$\lambda$  : Conductivité thermique du milieu ( $W.m^{-1}.K^{-1}$ )

$x$  : Variable d'espace dans la direction du flux ( $m$ )

$S$  : Aire de la section de passage du flux de chaleur ( $m^2$ )

$h$  : Coefficient de transfert de chaleur par convection ( $W.m^{-2}.K^{-1}$ )

$T_s$  : Température de surface du solide ( $K$ )

$T_a$  : Température du fluide loin de la surface du solide ( $K$ )

$\sigma$  : Constante de Stefan-Boltzmann ( $kcal/h.m^2.K$ )

$\varepsilon$  : L'émissivité de la surface sans unité

# **INTRODUCTION GENERALE**

## Introduction Générale

---

L'énergie est, à l'échelle mondiale, un facteur essentiel du développement économique, social et environnemental de tous les pays. C'est le moteur dont dépendent la plupart des domaines, comme l'industrie, le logement, les transports et l'innovation. Les changements en cours dans le secteur de l'énergie ont de profondes répercussions négatives sur le développement durable et les politiques gouvernementales, ainsi que sur la stabilité économique et l'environnement mondial.

Au cœur de cette problématique se trouve de nombreuses sources d'énergie, des combustibles fossiles aux énergies renouvelables émergentes, qui servent à répondre aux besoins énergétiques des sociétés. La sécurité énergétique et l'accès équitable à l'énergie sont devenus des défis majeurs à l'échelle mondiale en raison des émissions de gaz à effet de serre (GES).

Les statistiques de ces dernières années montrent une révolution vers le passage aux énergies renouvelables et l'utilisation de technologies plus propres tout en réduisant la consommation des énergies conventionnelles.

En 1973, le premier choc pétrolier mondial a provoqué une hausse soudaine des prix du pétrole. Ceci a conduit, à l'époque, à rechercher des solutions et des sources d'énergie renouvelables. L'énergie solaire étant parmi les solutions à ce problème.

C'est une énergie gratuite, inépuisable et disponible dans la plupart des régions du monde. C'est une énergie qui ne s'épuise pas comme les énergies fossiles (charbon, gaz, pétrole), c'est l'un des facteurs qui a suscité l'intérêt de l'humanité à cette époque.

Plus d'un tiers de la demande énergétique mondiale concerne le secteur résidentiel, utilisé dans les systèmes de chauffage, de ventilation et de climatisation (CVC) des bâtiments [1]. La diminution de la consommation d'énergie n'est pas le seul but. Il s'agit de diminuer la consommation d'énergie tout en améliorant le confort. Plus d'un tiers de la demande énergétique mondiale concerne le secteur résidentiel, utilisé dans les systèmes (CVC) des bâtiments.

L'optimisation des ouvertures dans les bâtiments est une étape cruciale dans la recherche de l'efficacité énergétique et de la durabilité. Les aérations, ainsi que les fenêtres et les portes, répondent au besoin de régulation thermique des espaces intérieurs. Des bouches d'aération appropriées permettent d'éviter la consommation d'énergie et d'assurer le confort de tous les occupants.

Cet intérêt pour l'optimisation des ouvertures trouve son origine dans la prise de conscience croissante des enjeux liés à la consommation énergétique des bâtiments et à leur impact sur l'environnement. Alors que les défis du changement climatique nécessitent des diminutions significatives des émissions de GES. La conception intelligente des ouvertures apparaît comme une stratégie clé pour réaliser des bâtiments plus économes en énergie.

Est-ce que l'augmentation de la surface globale des ouvertures nous fait consommer moins d'énergie ou l'inverse ?

Pour répondre à cette problématique nous allons procéder à l'étude des ouvertures dans les bâtiments.

## **Introduction Générale**

---

La présentation de ce travail est scindée en trois chapitres qui se présentent comme suit :

Dans le premier chapitre nous allons donner toutes les informations essentielles sur l'énergie solaire thermique et les différents types de transfert de chaleur.

Dans le deuxième chapitre, nous aborderons les caractéristiques géographiques et climatiques de la ville d'Alger, ainsi que la description détaillée de l'habitat examiné.

Le troisième chapitre sera dédié à la simulation des diverses ouvertures de façade. Les résultats de la simulation seront représentés à travers des graphiques où nous discuterons les différents résultats obtenus.

Nous finaliserons notre travail par une conclusion globale de l'étude que nous avons menée.

## Les références bibliographiques :

- [1] S. AMARA, « Optimisation des apports d'énergies hybrides dans l'habitat économe », Thèse de Doctorat, Université Aboubekr Belkaid - Tlemcen -, 2009.

# **CHAPITRE 1 : GENERALITES SUR L'ENERGIE SOLAIRE THERMIQUE**

# Chapitre 1 : Généralités sur l'énergie solaire thermique

## 1/Introduction :

Depuis toujours, l'humanité utilise l'énergie pour vivre dans de meilleures conditions. Aujourd'hui, notre confort et nos besoins ont considérablement augmenté. Mais les trois utilisations principales de l'énergie restent les mêmes : le déplacement, le chauffage et le fonctionnement ou bien la fabrication des outils [1]. Ainsi aujourd'hui, le recours à l'énergie solaire est devenu nécessaire comme alternative aux énergies fossiles en raison de ses nombreux avantages (non polluante, gratuite, inépuisable).

Nous allons dans ce premier chapitre, donner un aperçu général sur l'énergie solaire et ses modes de transfert thermique.

## 2/ les différentes formes d'énergies :

L'énergie peut exister sous diverses formes telles que l'énergie thermique, l'énergie mécanique, l'énergie cinétique, l'énergie potentielle, l'énergie électrique, l'énergie magnétique, l'énergie chimique ou l'énergie nucléaire.

## 3/ les types d'énergies :

On distingue deux types d'énergie :

### 3.1/ Les énergies fossiles :

L'énergie fossile est celle qui provient principalement du charbon, du pétrole, du gaz naturel et de l'uranium. On les appelle fossiles car ils sont issus de la décomposition très lente des êtres vivants (végétale et animale) il y a plusieurs millions d'années... [2]

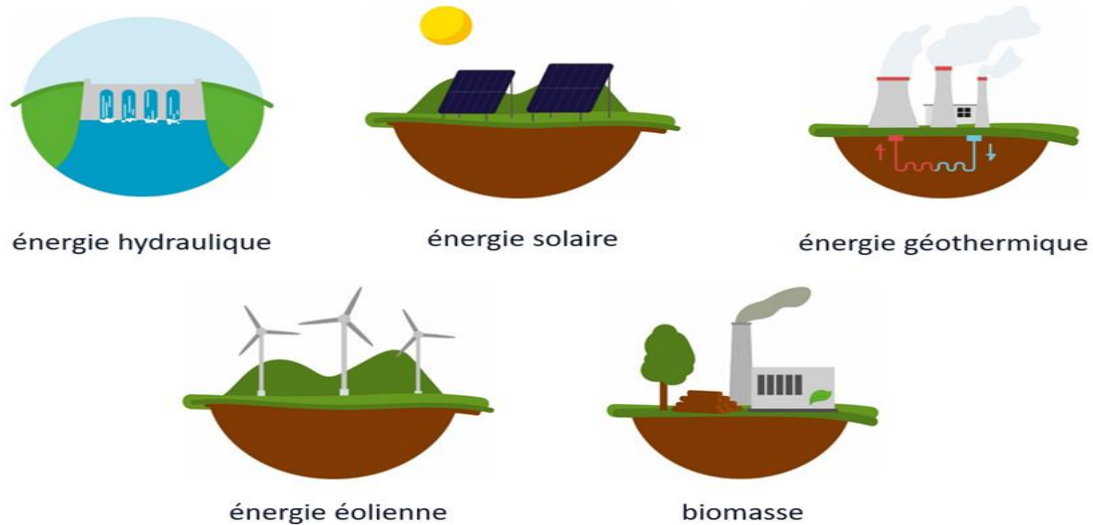


Figure 1 : les énergies fossiles [2]

# Chapitre 1 : Généralités sur l'énergie solaire thermique

## 3.2/les énergies renouvelables :

On appelle énergie renouvelable une énergie produite à partir de sources non conventionnelles (non fossiles) renouvelables (soleil, vent, l'eau...) autrement dit, une énergie dont la source est illimitée ou se régénère et ne s'épuise donc pas.



## 4 / Description du soleil :

Le Soleil (figure 3) est l'étoile la plus proche de nous. Il se présente sous la forme d'une sphère gazeuse d'un rayon de 696 000 km, soit 109 fois celui de la Terre, et sa masse est estimée à  $2 * 10^{30} kg$ . Sa durée moyenne de rotation est d'environ vingt-cinq jours. L'énergie provient de réactions nucléaires, du centre du soleil, qui convertissent l'hydrogène en hélium. [4]



Figure 3: Etoile du soleil [4]

## 5/ L'énergie solaire :

L'énergie solaire convertit le rayonnement solaire en électricité ou en chaleur, selon les technologies. Nous distinguerons [5] :



## Chapitre 1 : Généralités sur l'énergie solaire thermique

---

- L'énergie solaire passive
  - L'énergie solaire thermique.
  - L'énergie solaire photovoltaïque.
  - L'énergie solaire thermodynamique.
- 
- ✓ **Énergie passive** : énergie respectueuse de l'environnement et disponible en grande quantité. Ce type d'énergie est utilisé pour le chauffage, l'éclairage naturel et la climatisation des locaux. Les murs, les sols et les meubles absorbent l'énergie lumineuse lorsqu'elle pénètre dans la pièce par la fenêtre et l'émettent sous forme de chaleur.
  - ✓ **Énergie solaire thermique** : Cette énergie produit de la chaleur qui est utilisée à la fois pour le chauffage des locaux et pour l'eau chaude sanitaire. Cette dernière est mise en œuvre à l'aide de panneaux solaires thermiques ou de chauffe-eaux solaires.
  - ✓ **Énergie solaire photovoltaïque** : Cette énergie est générée par l'énergie électromagnétique du soleil. Grâce aux panneaux photovoltaïques placés sur le toit de la maison qui convertissent l'énergie solaire en électricité, ils peuvent alimenter la maison en électricité.
  - ✓ **Énergie solaire thermodynamique** : Ce type de système convertit l'énergie solaire en chaleur grâce à des concentrateurs solaires qui produiront ensuite l'électricité au moyen d'une turbine.

### 6/ le rayonnement solaire :

Le rayonnement solaire fait référence à tous les rayonnements émis par le soleil. En plus des rayons cosmiques, qui sont des particules extrêmement rapides et énergétiques, le soleil émet des ondes électromagnétiques qui couvrent le spectre des ondes radio jusqu'aux rayons gamma, en passant par la lumière visible.

Au cœur du soleil, se produisent des réactions de fusion nucléaire qui libèrent une énorme quantité d'énergie, et au bout de huit minutes cette énergie nous parvient sous forme de rayonnement solaire [6].

Le rayonnement ou spectre solaire est similaire à celui d'un corps noir à une température de 5800 K, il est compris dans une bande de longueur d'onde variant de 0.22 à  $10\mu\text{m}$  et se décompose approximativement sur 3 bandes [7] :

- 9% dans la bande des Ultraviolets (UV) ( $<0.4\mu\text{m}$ ).
- 47% dans la bande visible ( $0.4$  à  $0.8\mu\text{m}$ ).
- 44% dans la bande des infrarouges (IR) ( $> 0.8\mu\text{m}$ ).

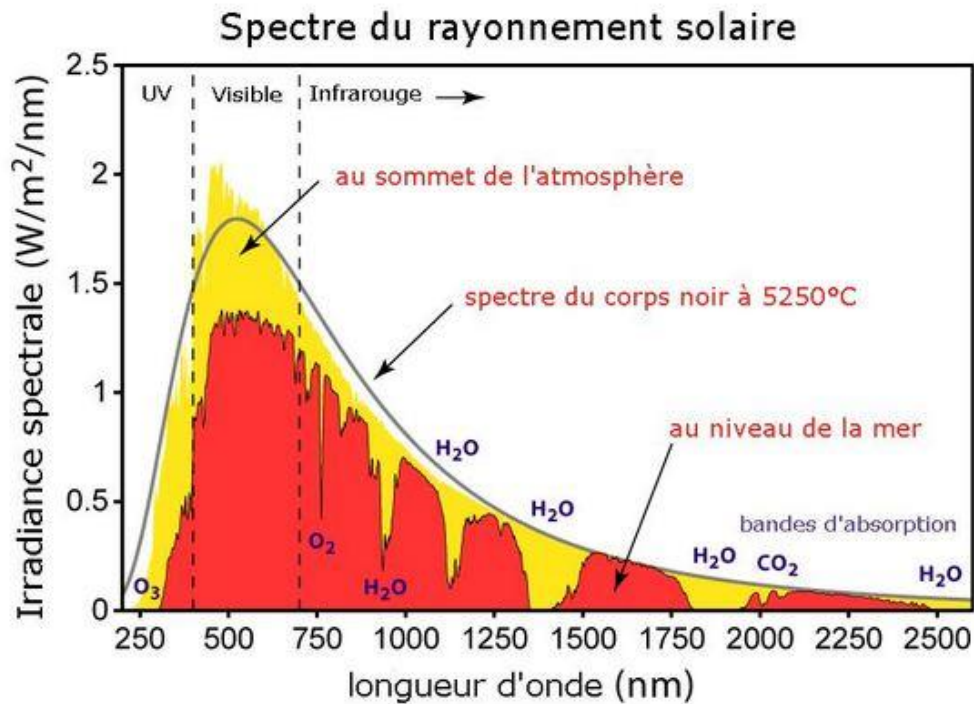


Figure 4: le spectre du rayonnement solaire [6]

## 6.1/ Les composantes du rayonnement solaire :

Une partie du rayonnement solaire est absorbée et dispersée sur son chemin vers la surface de la Terre [8]. Quatre composantes sont distinguées :

- **Rayonnement solaire direct** : Ce rayonnement est reçu directement du soleil.
- **Rayonnement diffus** : Une partie du rayonnement absorbé est diffusée par l'atmosphère.
- **Rayonnement réfléchi dû à l'albédo** : Il s'agit de la partie de la lumière solaire réfléchi par une surface de la terre.  
L'albédo d'un milieu est une grandeur physique déterminée par le rapport entre le flux du rayonnement réfléchi et le flux du rayonnement incident. Ce coefficient est d'autant plus élevé que la surface est claire (étendue d'eau, neige, ...)
- **Rayonnement total** : C'est la somme de différents rayonnements précédents.

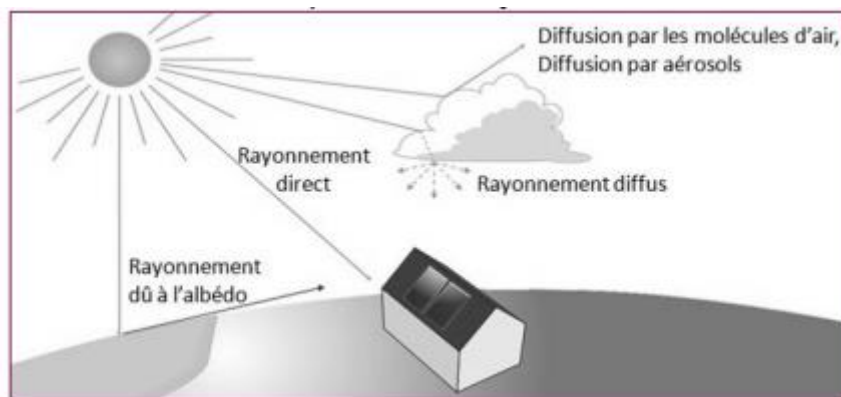


Figure 5: Les trois composantes du rayonnement solaire [8]

# Chapitre 1 : Généralités sur l'énergie solaire thermique

## 6.2/ structure de rayonnement :

Le rayonnement est un moyen d'échange d'énergie en émettant et en absorbant un rayonnement électromagnétique. L'échange de chaleur par rayonnement se fait suivant le processus : [9]

**Emission :** Il y a une transformation de l'énergie fournie à la source en énergie électromagnétique

**Transmission :** Cette énergie électromagnétique est transmise par la propagation d'ondes avec la possibilité d'être absorbée par le milieu traversé.

**Réception :** A la réception, le rayonnement électromagnétique incident est converti en énergie thermique (absorption).

## 7/ le transfert de la chaleur :

Le transfert de chaleur est l'une des formes d'échange d'énergie les plus courantes. Quel que soit l'environnement séparant les deux systèmes, des interférences naturelles se produiront entre les deux systèmes dès qu'il y aura une différence de température entre eux.

Le principe de l'étude du transfert de chaleur repose sur la quantité de chaleur et la différence de température déterminées par la thermodynamique. Cependant, la thermodynamique peut être utilisée pour prédire la quantité totale d'énergie qu'un système doit échanger avec le monde extérieur pour passer d'un état d'équilibre à un autre. Par conséquent, nous nous préoccupons de l'état d'équilibre et ignorons les différents mécanismes qui conduisent à l'état d'équilibre. L'étude de ces zones constitue un domaine appelé transport thermique ou transfert de chaleur. Le thermique (ou thermodynamique) vise à décrire quantitativement (dans l'espace et dans le temps) l'évolution des grandeurs caractéristiques d'un système, notamment la température, entre un état d'équilibre initial et final. [10]

### 7.1/ les modes de transfert de chaleur :

#### 7.1.1/ conduction :

Il s'agit du transfert de chaleur dans un milieu opaque sans mouvement de matière sous l'influence des différences de température. La propagation de la chaleur par conduction à l'intérieur du corps s'effectue par deux mécanismes différents : le transfert par vibrations atomiques ou moléculaires et le transfert par électrons libres.

La théorie de la conduction est basée sur l'hypothèse de Fourier : le flux de chaleur est proportionnel au gradient de température [10] :

$$\vec{\varphi} = -\lambda \cdot S \cdot \overrightarrow{\text{grad}}(T)$$

Ou sous forme algébrique :  $\varphi = -\lambda \cdot S \cdot \frac{\partial T}{\partial x}$

$\varphi$  : Flux de chaleur transmis par conduction (W)

# Chapitre 1 : Généralités sur l'énergie solaire thermique

$\lambda$  : Conductivité thermique du milieu ( $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ )

$x$  : Variable d'espace dans la direction du flux ( $m$ )

$S$  : Aire de la section de passage du flux de chaleur ( $m^2$ )

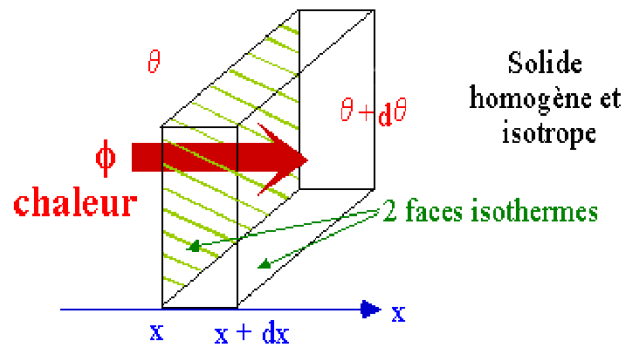


Figure 6:transfert thermique par conduction [11]

## 7.1.2/ convection :

Il s'agit du transfert de chaleur entre un solide et un fluide, où l'énergie est transférée grâce au mouvement macroscopique d'un liquide. Ce mécanisme de transmission obéit à la loi de Newton [10].

$$\varphi = h \cdot S \cdot (T_s - T_a)$$

$\varphi$  : Flux de chaleur transmis par convection ( $W$ )

$h$  : Coefficient de transfert de chaleur par convection ( $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ )

$T_s$  : Température de surface du solide ( $K$ )

$T_a$  : Température du fluide loin de la surface du solide ( $K$ )

$S$  : Aire de la surface de contact solide/fluide ( $m^2$ )

On distingue deux types de convection [12] :

- **Convection forcée** : le mouvement du fluide se produit en raison de l'action d'une pompe.
- **Convection naturelle (ou libre)** : le mouvement d'un fluide est provoqué par des différences de densité qui sont causées par des différences de température au sein du fluide.

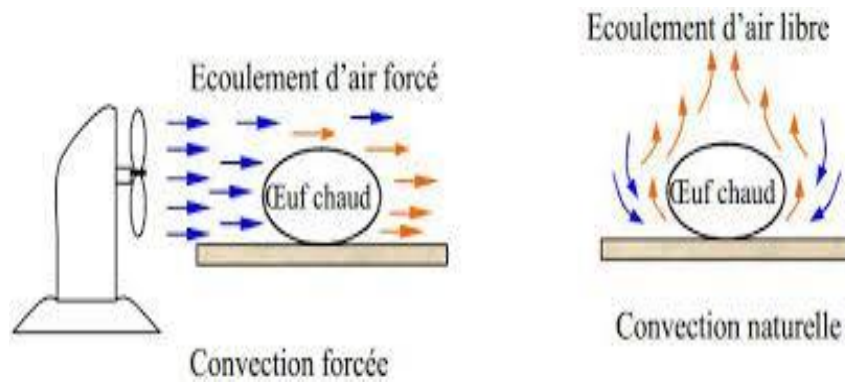


Figure 7:transfert de chaleur par deux types de convection [13]

### 7.1.3/ rayonnement :

La chaleur est transférée par rayonnement entre deux surfaces par la propagation d'ondes ultraviolettes, infrarouges ou par la lumière visible (transfert d'énergie électromagnétique). [10]

Loi de Joseph Stefan :  $\phi = \epsilon \cdot \sigma \cdot S \cdot T^4$

Avec

$\phi$  : Flux de chaleur transmis par rayonnement (W)

$\sigma$  : Constante de Stefan-Boltzmann,  $\sigma = 4,92 \cdot 10^{-8} \text{ kcal/h.m}^2 \cdot \text{K}$

$\epsilon$  : L'émissivité de la surface sans unité

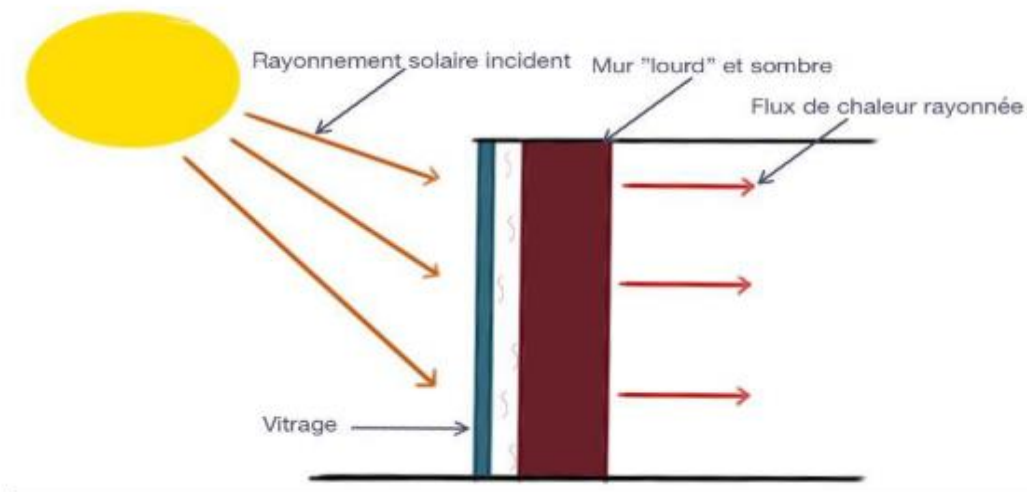


Figure 8:Transfert de chaleur par rayonnement solaire sur un mur [14].

# Chapitre 1 : Généralités sur l'énergie solaire thermique

## 8/ Le confort thermique :

Le confort thermique est généralement défini comme l'état d'esprit qui exprime la satisfaction à l'égard de l'environnement thermique. L'insatisfaction peut être causée par le fait que le corps est trop chaud ou trop froid dans son ensemble, ou par un échauffement ou un refroidissement indésirable d'une partie particulière du corps (inconfort local) [15].

Le confort thermique est étroitement lié à l'équilibre thermique du corps (Fanger 1972) [16]. Cet équilibre est affecté par : [15]

- Des facteurs environnementaux tels que : la température de l'air ( $T_a$ ), la température radiante moyenne ( $T_r$ ), la vitesse relative de l'air ( $V_a$ ) et l'humidité relative ( $H_r$ )
- Des paramètres personnels tels que : le niveau d'activité ou le taux métabolique et résistance thermique des vêtements.

## 9/ la consommation d'énergie dans le secteur des bâtiments en Algérie :

Le secteur du bâtiment n'est pas productif. En revanche il est énergivore car il absorbe 41% de la consommation totale d'énergie. Le secteur agricole, absorbe, quant à lui, 33% de l'énergie. Le secteur industriel en consomme 19% et le secteur des transports n'absorbe que 7% de l'énergie. [17]

Afin d'économiser de l'énergie, le gouvernement algérien avait élaboré un programme ambitieux visant à réaliser des économies d'énergie pouvant atteindre 42 milliards de dollars en réduisant de 9% la consommation de l'énergie à l'horizon 2030. Parmi les points essentiels de ce programme, on trouve : [17]

- la réalisation de projets d'isolation thermique des logements.
- La réhabilitation thermique.
- L'installation de chauffe-eaux solaires individuels.

## 10/ L'optimisations des ouvertures dans les bâtiments :

L'optimisation des ouvertures (fenêtres, portes) dans les bâtiments est un aspect important de la conception architecturale, car elle peut avoir un impact significatif sur des facteurs tels que l'efficacité énergétique, l'éclairage naturel, la ventilation et le confort général des occupants[18].

Quelques facteurs à prendre en compte dans l'optimisation des ouvertures sont :

- Étude de l'éclairage naturel.
- Impact sur la ventilation et la climatisation.
- Considérations sur l'isolation thermique et sonore.

## 11/ l'isolation thermique dans les bâtiments :

Un bâtiment mal isolé perd de la chaleur en hiver et perd rapidement de la fraîcheur en été.

## Chapitre 1 : Généralités sur l'énergie solaire thermique

25 % des pertes de chaleur est dû à une mauvaise isolation des murs de la maison, et ce chiffre peut monter jusqu'à 30 % si l'isolation des combles est faible ou inexistante. Grâce à une isolation efficace, les coûts de chauffage ou de climatisation liés à ces déperditions thermiques sont considérablement réduits. [19]

Ainsi, la mise en œuvre de travaux d'isolation thermique peut réduire jusqu'à 80 % la consommation d'énergie liée au chauffage. En réduisant les besoins énergétiques de l'habitation, l'isolation thermique constitue la principale porte d'entrée vers les économies d'énergie, avant de remettre à neuf les équipements de chauffage et/ou de climatisation de l'habitation [19].

### 11.1/ Les différents types des isolants thermiques :

La caractéristique fondamentale des isolants thermiques est la résistance thermique et l'inertie thermique. Ils permettent d'éviter les pertes ainsi que les ponts thermiques qui sont le point de raccordement là où l'isolation n'est pas continue. Cela provoque alors des fuites de chaleur dans les murs.

#### 11.1.1/ Les matériaux minéraux :

La laine de verre et la laine de roche sont les matériaux isolants traditionnels les plus utilisés sur les chantiers de construction. La laine de roche est obtenue à partir de la fusion de roches volcaniques (basalte) avec du fondant et du coke industriel. Une pâte est ensuite créée, les fibres sont démêlées, liées avec le liant chimique (résine phénolique), puis stabilisées par chauffage au four. La laine de verre est obtenue par un procédé industriel similaire, mais à partir de la fusion de sable de quartz et/ou de verre recyclé. [20]



Figure 9:laine de verre [21]



Figure 10:laine de roche [22]

### 11.1.2/ Les isolants végétaux :

#### a- Fibres de bois :

Les fibres de bois sont obtenues par défibrage de résidus résineux du bois. Ceux-ci peuvent être utilisés en vrac ou transformés en dalles. Pour ce faire, il faut ajouter de l'eau et des additifs pour former une pâte épaisse. [20]



Figure 11: fibre de bois en panneau [23]

#### b- Béton de chanvre :

Le béton de chanvre est fabriqué à partir d'un mélange à base de chanvre, avec un liant généralement constitué de chaux et d'eau. Le dosage du liant est très variable et dépend de l'application : Blocs préfabriqués, granulats moulés ou projetés mécaniquement et enduits isolants. [20]





Figure 12: Béton de chanvre [20]

### 11.1.3/ Les matériaux synthétiques :

#### a- Le polystyrène expansé :

Contrairement aux autres matériaux isolants, le polystyrène expansé est un matériau isolant synthétique issu de l'industrie pétrochimique. On obtient ce produit à la fin du cycle de fabrication des panneaux isolants pour murs, sols et toitures. [20]



Figure 13: le polystyrène expansé [24]

**b- Les polyuréthanes :** est le polymère le plus couramment utilisé pour la fabrication de mousse. Par conséquent, ce matériau est utilisé dans de nombreuses applications non seulement dans les industries automobile et maritime, mais également dans les secteurs de l'architecture et du meuble.



**Figure 14:Le polyuréthane. [20]**

### **12/ Conclusion :**

Dans ce chapitre, nous avons pu revoir quelques informations sur l'énergie solaire et les méthodes de conversion de chaleur, à savoir la conduction, la convection et le rayonnement. Nous avons également parlé de la consommation d'énergie dans le secteur du bâtiment et de la manière de réduire les pertes d'énergie grâce à l'isolation thermique. Tout ça pour faciliter la compréhension dans les autres chapitres suivants.

## Les références bibliographiques :

[1] <https://www.explorateurs-energie.ch/>

[2] « les énergies fossiles didaquest » [https://didaquest.org/wiki/Les\\_energies\\_fossiles](https://didaquest.org/wiki/Les_energies_fossiles).

[3] M. Gatti, « Les énergies renouvelables, première source d'électricité en Europe », Eco CO2. Disponible sur: <https://www.ecoco2.com/blog/les-energies-renouvelables-premiere-source-delectricite-en-europe/>

[4] A.Benrabah et F. Djaidja « Détermination de la position du soleil a m'sila», Mémoire de Master, Université Mohamed Boudiaf M'sila - Algérie ,2021.

[5] Z.khadraoui «Etude d'une centrale solaire thermique » Mémoire de Master, Université Badji Mokhtar Annaba- Algérie ,2017.

[6] « Le rayonnement du soleil expliqué par IRL France ». <https://www.irl-france.fr/fr/decouvrir-les-infrarouges-lointains/le-rayonnement-du-soleil-explique-par-irl-france>.

[7] S.GHRAIBI et S.BEKKA S« Estimation du rayonnement solaire reçu par un capteur solaire » Mémoire de Master, Université Ahmed Draia Adrar-Algérie, 2021.

[8] Anil Kalyanpur, Marc-Etienne Mercadier, Philippe Blanc. « Gisement solaire en France : caractérisation de la ressource énergétique, profil de répartition et volatilité». Environnement et Technique, 2013

[9]<https://www.univ-usto.dz/images/coursenligne/PHY1.pdf>

[10] A.AMROUN « Etude numérique des performances thermique et hydrodynamique d'un écoulement dans un tube d'échangeur de chaleur équipé d'un ruban torsadé» Mémoire de Master, Université Mohamed Boudiaf M'sila - Algérie ,2020.

[11] K. Foudi « Transfert Thermique » - Scientific Figure on Research Gate. Available from: [https://www.researchgate.net/figure/Conduction-dans-une-couche-elementaire-de-mur-plan\\_fig1\\_329488205](https://www.researchgate.net/figure/Conduction-dans-une-couche-elementaire-de-mur-plan_fig1_329488205) [accessed 16 Jan, 2024]

[12] <https://ilm-perso.univ-lyon1.fr/~asmiguel/teaching/Thermodynamique/thermo11.pdf>

[13] «Notions sur les modes de transferts thermiques <https://elearning.univ-msila.dz/moodle/mod/resource/view.php?id=36145>.

[14] M. BENMERABET, « Modélisation et simulation des phénomènes de transfert thermique par convection assistés par le mouvement fluide », Mémoire de Master, Université Badji Mokhtar, Annaba- Algérie, 2017.

[15] J.L.M. Hensen «Literature review on thermal comfort in transient conditions», Eindhoven University of Technology, 2021.

## Chapitre 1 : Généralités sur l'énergie solaire thermique

---

[16] P.O. Fanger. «Thermal comfort. Analysis and applications in environmental engineering», McGraw-Hill, New York,1972.

[17] *L.Ait Akli*, «Secteur du bâtiment : un secteur énergivore» <https://www.jeune-independent.net/publicite>,2019.

[18] «Rafraîchissement passif et confort d'été», décembre2020

[19] « L'isolation thermique du bâtiment», mai 2016

[20] S.Aichaoui, A.Cheggouri «Contribution à l'étude des matériaux de construction aux bâtiments à basse consommation d'énergie dans les zones aride », Université Kasdi Merbah Ouargla-Algérie,2019.

[21] <https://guide.devisconseil.com/wp-content/uploads/2014/10/laine-de-verre.jpg>.

[22] [https://www.qualitel.org/particuliers/uploads/shutterstock\\_1268691787.jpg](https://www.qualitel.org/particuliers/uploads/shutterstock_1268691787.jpg)

[23] [https://www.mes-materiaux-ecologiques.com/wp-content/uploads/2014/10/panneau-fibre-bois-haute-densite\\_0\\_3.jpg](https://www.mes-materiaux-ecologiques.com/wp-content/uploads/2014/10/panneau-fibre-bois-haute-densite_0_3.jpg).

[24] <https://www.isolation-expert.be/wp-content/uploads/panneaux-pse.jpg>.

## **CHAPITRE 2 : PRESENTATION DE CAS D'ETUDE**

### 1/ Introduction :

L'optimisation des espaces ouverts au sein des bâtiments est un aspect important lié au confort des occupants et à l'efficacité énergétique des bâtiments. En effet, les fenêtres et les portes jouent un rôle important dans le contrôle de la lumière, de l'air, de la chaleur et du bruit dans votre maison.

Les concepteurs doivent créer des bâtiments confortables pour les occupants et respectueux de l'environnement. Cela implique de prendre en compte des facteurs tels que le climat (soleil, vent, pluie), l'orientation du bâtiment et les matériaux utilisés dans la construction. En tenant compte de ces facteurs, les concepteurs peuvent créer des bâtiments durables et habitables.

Dans ce chapitre nous présenterons toutes les données météorologiques liées à notre site d'étude et une description architecturale détaillée de la maison, pour cela nous utilisons le programme meteonorm qui nous donne accès à toutes les données nécessaires.

### 2/ la situation géographique de la wilaya d'Alger :

La wilaya d'Alger, située au nord-centre du pays, a pour chef-lieu la ville d'Alger, qui est également la capitale politique, administrative et économique de l'Algérie. Elle couvre une superficie de plus de 809 km<sup>2</sup> et se caractérise par une position géostratégique extrêmement intéressante, tant du point de vue des flux et des échanges économiques avec le reste du monde que sur le plan géopolitique. La wilaya d'Alger est délimitée par [1] :

- Au nord, par la mer Méditerranée
- Au sud, par la wilaya de Blida
- A l'ouest, par la wilaya de Tipaza
- A l'est, par la wilaya de Boumerdes



Figure 1 : carte de localisation et des limites de la wilaya d'Alger

### 3/ Le climat de la wilaya :

Le climat d'Alger est de type méditerranéen, caractérisé par des hivers doux et pluvieux, ainsi que des étés chauds et ensoleillés. La température moyenne annuelle se situe entre 16 et 18 °C, avec des précipitations annuelles atteignant 616 mm/an. Le mois de novembre connaît une moyenne de 94 mm/an de précipitations.

Deux contraintes climatiques notables sont présentes dans la région. Tout d'abord, les vents d'Ouest dominants nécessitent des brise-vents pour atténuer leur impact. Ensuite, la grêle est un phénomène qui se manifeste en moyenne 12 jours par an dans la région du Sahel. Il est également important de noter la présence du Sirocco, un vent chaud du désert, qui peut souffler jusqu'à 20 jours par an en moyenne. Ces éléments climatiques jouent un rôle important dans la vie quotidienne et les activités de la région d'Alger. [2]

### 4/ présentation du logiciel METEONORM :

METEONORM est un logiciel très important pour connaître les données météorologiques de n'importe quelle zone, car il s'agit d'un ensemble très complet de données météorologiques. Il contient également des algorithmes qui permettent de créer des fichiers météo à partir des valeurs mesurées. Ce logiciel est utilisé par les architectes, les ingénieurs, les enseignants, les concepteurs et toute personne intéressée par l'énergie solaire et la science du climat.

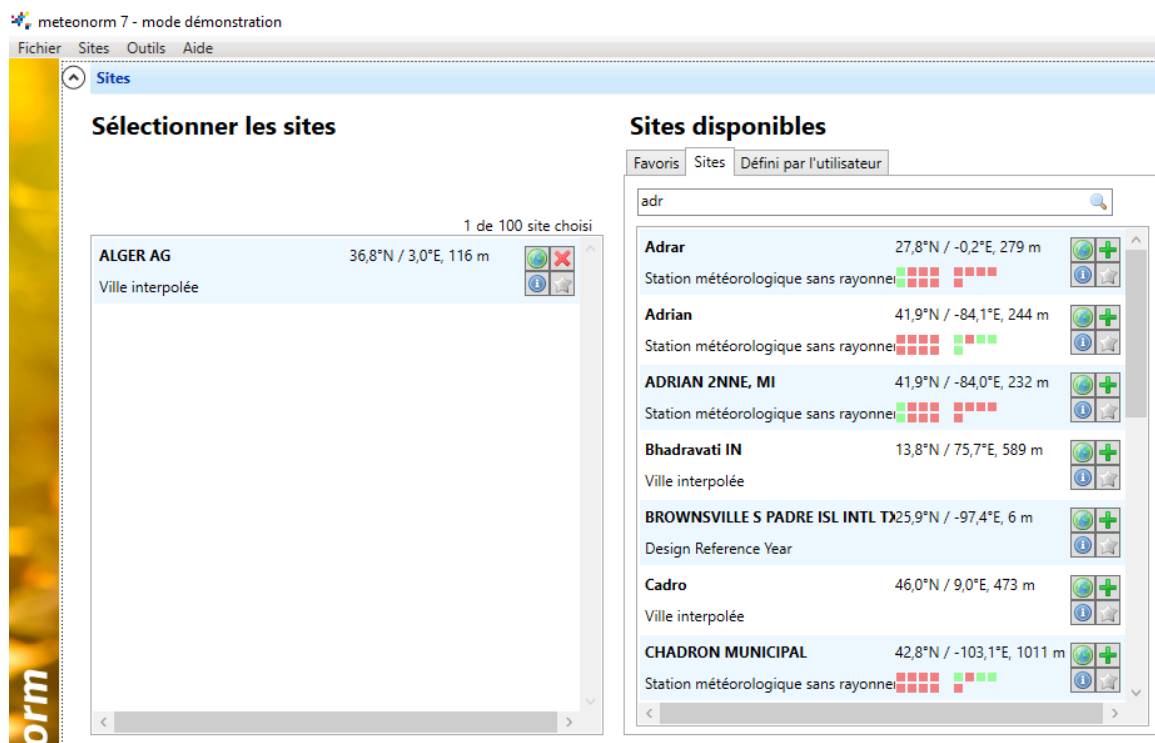


Figure 2 : Sélection de site dans meteonorm

Source : meteonorm 7

### 5/ les données météorologiques de la wilaya d'ALGER :

Toutes les données météorologiques sont cohérentes avec les valeurs des 20 dernières années.

#### 5.1 / Radiation solaire :

Le soleil est une source d'énergie gratuite, qui peut être utilisé intelligemment pour répondre à tous nos besoins.

- La figure ci-dessous montre la variation totale et diffuse du rayonnement solaire dans la ville d'ALGER. On constate une croissance notable entre février et mars du rayonnement total, et une diminution significative entre août et septembre.

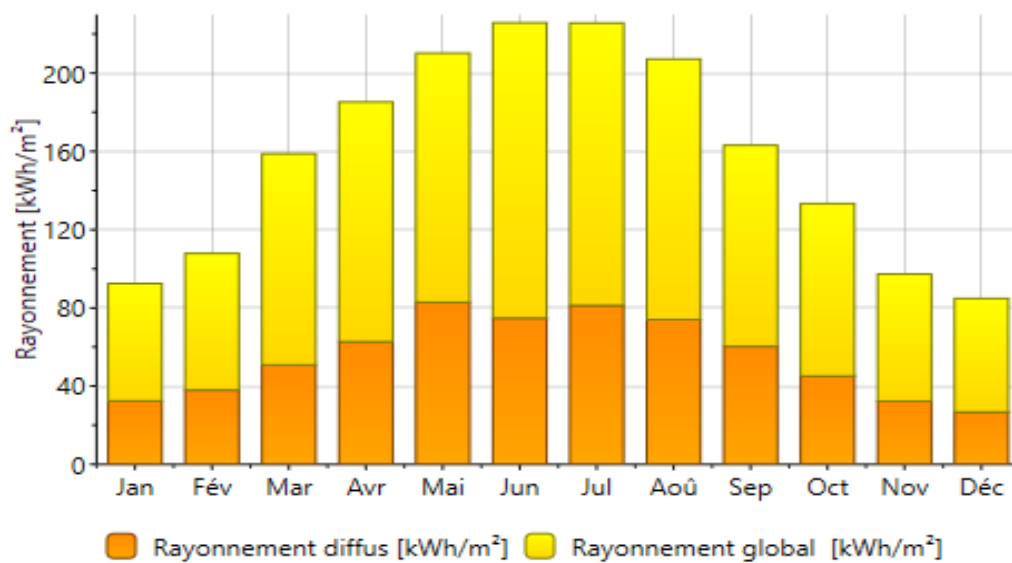


Figure 3 : Variation mensuelle du rayonnement globale et diffus.

Source : meteonorm 7

- La figure 4 représente la variation du rayonnement global journalier au cours de l'année, et on note que le pic le plus élevé se trouve en juillet avec une valeur de 8,6 kWh/m<sup>2</sup>, tandis que la valeur la plus faible est de 0 kWh/m<sup>2</sup> à la fin de l'année au mois de décembre.



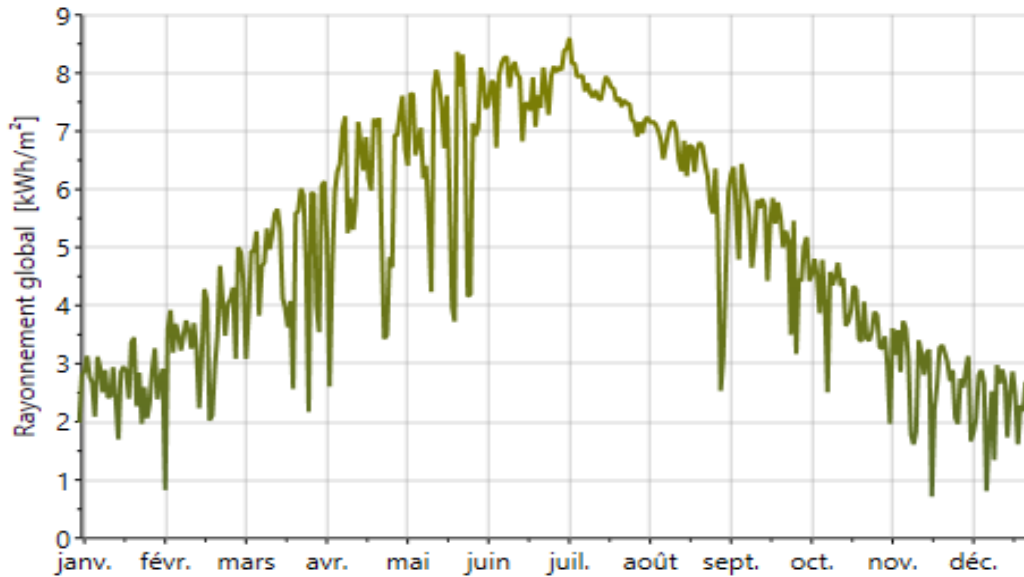


Figure 4 : Le rayonnement global journalier du site d'Algier pendant une année.

Source : meteonorm 7

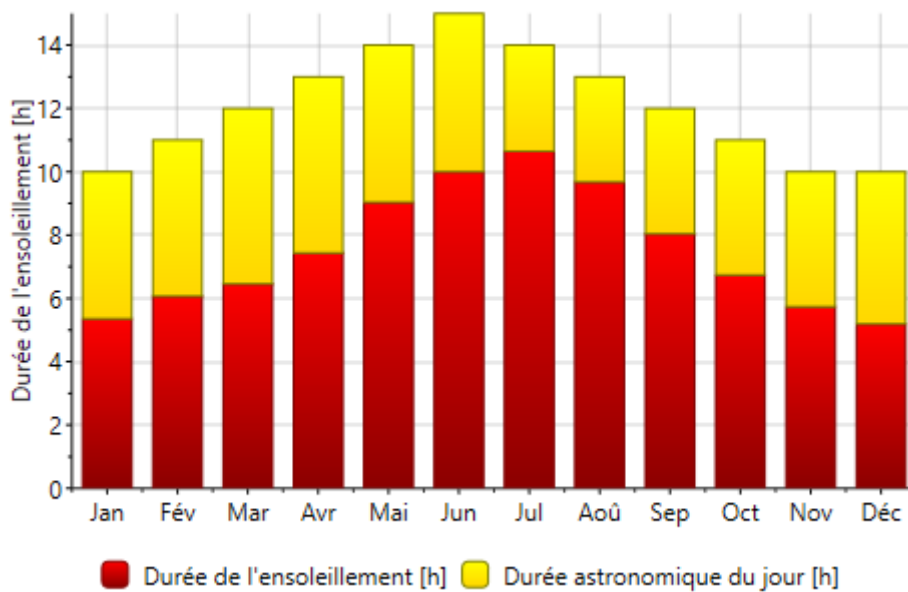


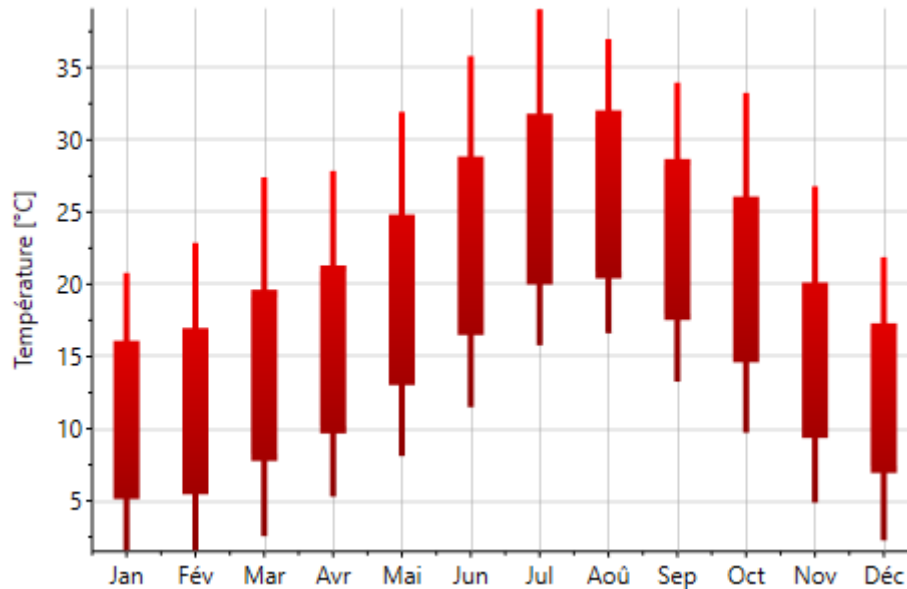
Figure 5 : Les valeurs mensuelles de la durée d'insolation pendant une année.

Source : meteonorm 7

La figure 5 indique les durées de l'enseillement et astronomique du jour du site d'Algier pendant une année. On peut avoir jusqu'à 11 heures d'enseillement, au mois de juillet, tandis que la valeur la plus basse de la durée d'enseillement, n'est que 5 heures d'enseillement par jour au mois de janvier et décembre.

### 5.2/La température de l'air :

- L'évolution de la température ambiante moyenne mensuelle sur notre site est donnée par la figure 6 ci-dessous :



**Figure 6 : Températures moyennes mensuelles de la ville d'Alger.**

Source : meteonorm 7

- Il est difficile de définir avec précision les conditions de confort dans les bâtiments. Le confort thermique donc en fonction du changement de la température ainsi que de la température atteinte ; la largeur de la zone de confort dépend de l'équilibre entre les deux [3].

Mois	T. Max [°C]	T <sub>0</sub> . Moy [°C]	T. Min [°C]	T.Conf [°C]
<b>Janvier</b>	16,3	11,9	7,5	19,92
<b>Février</b>	17,2	12,7	8,2	20,36
<b>Mars</b>	17,8	13,6	9,4	20,84
<b>Avril</b>	19,9	15,5	11,1	21,87
<b>Mai</b>	23,1	18,6	14,1	23,54
<b>Juin</b>	27,8	22,3	16,8	25,54
<b>Juillet</b>	31,9	25,6	19,3	27,32
<b>Août</b>	32,4	26,3	20,2	27,70
<b>Septembre</b>	29,8	24,2	18,6	26,57
<b>Octobre</b>	25,5	20,3	15,1	24,46
<b>Novembre</b>	20,7	16	11,3	22,14
<b>Décembre</b>	17,1	12,8	8,5	20,41

**Tableau 1 : Température de l'air du site d'Alger (meteonorm 7)**

## Chapitre 2 : Présentation de cas d'étude

- La température de confort dans le tableau 1 a été calculée grâce à Humphrey et Nicol [4] qui ont établi une relation entre la température de confort et la température moyenne extérieure ( $T_0$ ), l'équation de la température de confort  $T_c$ , est donnée par :

$$T_C = 13,5 + 0,54 T_0$$

- Dans la figure 7, nous représentons l'évolution des quatre températures (maximale, moyenne, minimale, confort) au cours de l'année.

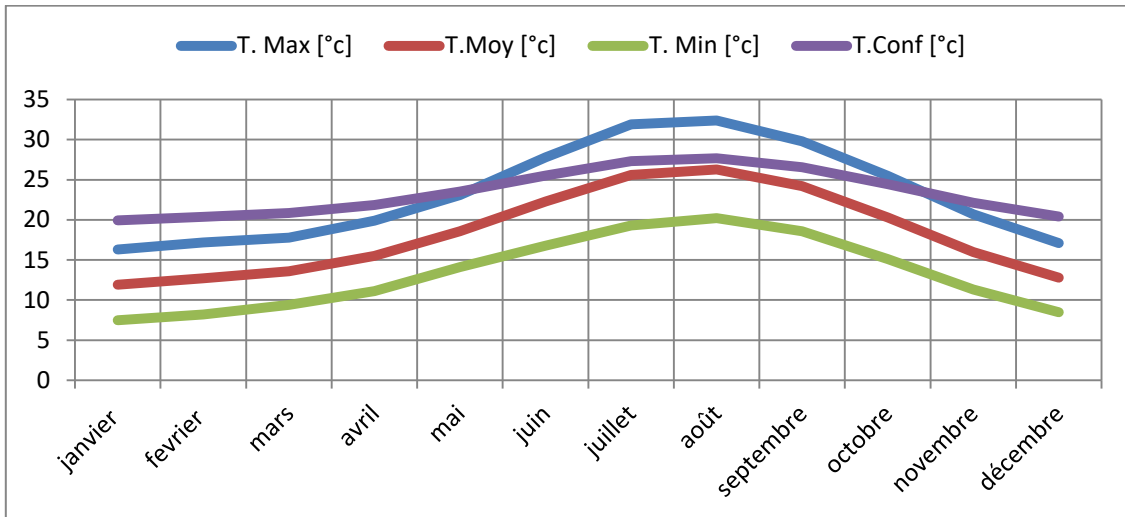


Figure 7 : Variations des températures du site d'Alger pendant une année.

Source : meteonorm 7

- La figure 8 montre les températures quotidiennes de la ville d'Alger pendant une année à l'aide du programme Meteonorm. On note que la valeur la plus haute est de 40°C en juillet et la valeur la plus basse est de 0°C en janvier et février.

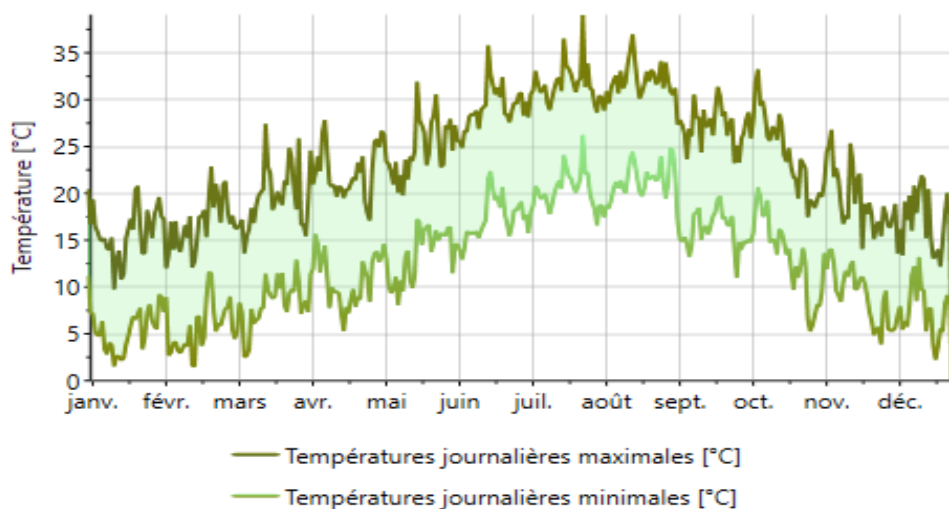


Figure 8 : Variations des températures journalières du site d'Alger pendant une année

Source :(meteonorm 7).

### 5.3/ Les précipitations :

La figure 9 montre la quantité et le nombre de jours de précipitation pour le site d'Alger au cours de l'année. Dans les mois de juin, juillet et août, nous remarquons le plus petit nombre de jours de précipitations (seulement 2 jour), tandis que le plus grand nombre de jours de précipitations se situe en janvier et décembre, soit environ 8 jours.

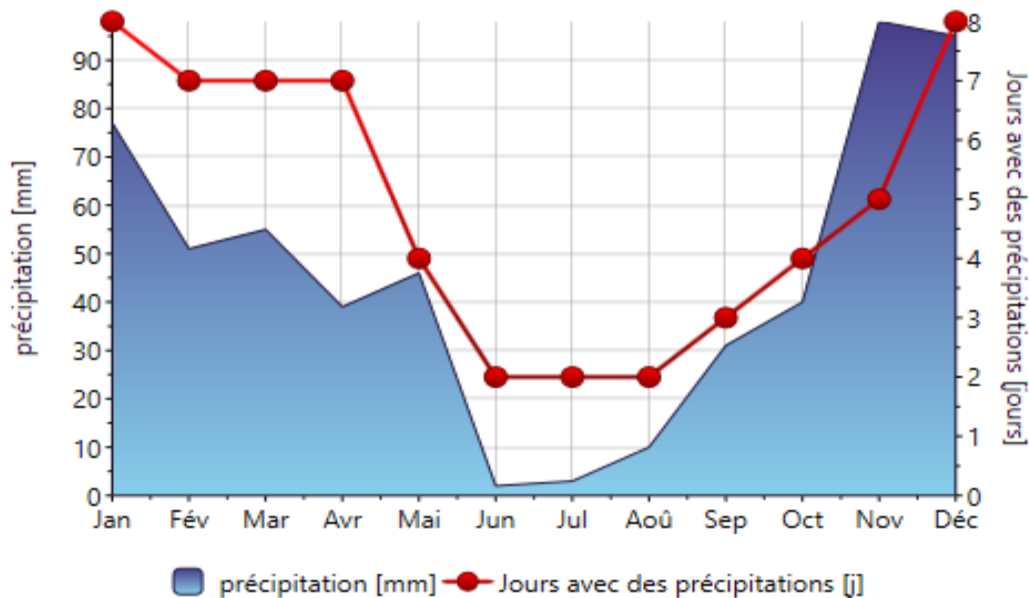


Figure 9 : Les valeurs mensuelles de précipitations.

(Meteonorm 7)

### 5.4/Humidité relative :

L'humidité atmosphérique ambiante est un facteur clé pour assurer le confort du bâtiment. Des températures de l'air élevées combinées à des niveaux élevés d'humidité atmosphérique peuvent entraîner des inconforts. [5]

L'air chaud a la capacité d'absorber davantage d'humidité par rapport à l'air froid. L'humidité relative de l'air indique la quantité d'humidité physiquement possible effectivement contenue dans l'air. Des niveaux élevés d'humidité relative peuvent entraîner une sensation d'inconfort, perçue comme oppressante par les êtres humains. Généralement, une plage d'humidité relative de 40 à 60% est considérée comme agréable. Le mois de décembre, avec une moyenne de 79% d'humidité, est particulièrement désagréable, tandis qu'en juillet, la situation est plus supportable. [6]

## Chapitre 2 : Présentation de cas d'étude

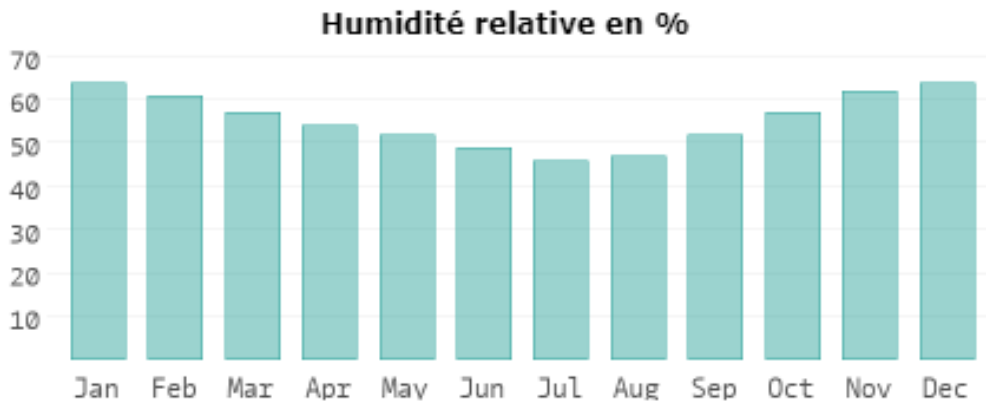


Figure 10 : Variation mensuelle de l'humidité relative (%) du site d'Alger. [6]

### 6/Description de l'habitat étudié :

La maison qui fait l'objet de notre étude possède une superficie de 90 m<sup>2</sup>. Elle ne comporte, pour le moment qu'un seul niveau composé d'une seule chambre située du côté nord de la maison, avec une salle de bain, une grande cuisine avec un séjour du côté sud, et un petit espace (hawch) comme le montre le plan suivant :

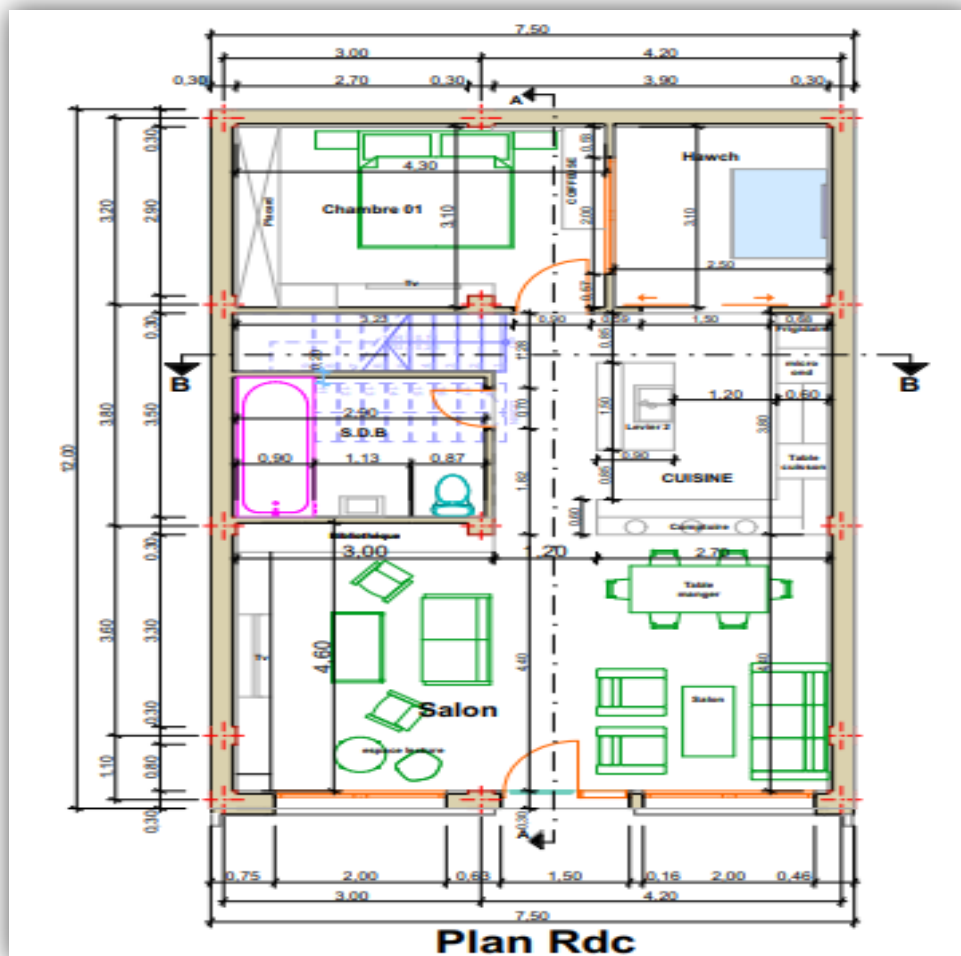


Figure 11 : plan de la maison étudiée

## Chapitre 2 : Présentation de cas d'étude

### 6.1 / les données architecturales de la maison :

Mesure	Dimension
Longueur	12 m
Largeur	7,50 m
Hauteur	3 m
Surface	90 m <sup>2</sup>
Volume	270 m <sup>3</sup>

**Tableau 2 : les dimensions de la maison.**

### Composition des différentes parois :

#### Murs extérieur et intérieur :

Matériaux	Epaisseur (m)	Conductivité thermique (W/m. k)
Mortier de ciment	0,02	1.40
Brique creuse	0,10	0,47
Polystyrène	0,03	0,030 à 0,038
Lame d'air	0,07	0.09
Brique creuse	0,10	0,47
Mortier de ciment	0.02	1.40

**Tableau 3 : Les caractéristiques des murs extérieur et intérieur [7].**

#### Plancher bas :

Matériaux	Epaisseur (m)	Conductivité thermique (W/m. k)
Hourdis	0,16	1,33
Béton	0,08	0,16
Dalle de sol	0,02	0,29

**Tableau 4 : Composants du plancher [7].**

### Toiture :

Matériaux	Enduit en plâtre	Hourdis	Béton
Epaisseur (m)	0,01	0,16	0,04
Conductivité thermique (W/m. k)	0,35	1,33	0,16

**Tableau 5 : Composants de la toiture [7].**

### Description des ouvrantes :

La maison comporte une porte extérieure de 1,20 m de large et 2,20 m de haut ainsi que des portes intérieures de 2 m de haut et de 90 cm de large. Les fenêtres de 1,40 m de haut et de 1,20 m de large.

### 7/Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons illustré la localisation géographique de notre maison, les données climatiques, et les différentes caractéristiques de construction (murettes, planchers, toiture).

Dans le chapitre suivant nous allons présenter les différentes étapes de simulation avec le logiciel TRNSYS.

### Les références bibliographiques :

[1] <https://www.aniref.dz/DocumentsPDF/monographies/MONOGRAPHIE%20WILAYA%20ALGER.pdf>

[2] <https://fr.climate-data.org/afrique/algerie/alger/alger-centre-59540/>

[3] S. Amara, «Novel and Ancient Technologies for Heating and Cooling Buildings», These de doctorate, Lulea University of Technology-Sweden, 2011.

[4] Humphreys, M. A. and Nicol, J. F, « Outdoor temperature and indoor thermal comfort: raising the precision of the relationship for the 1998 ASHRAE Transactions».

[5] S.Amara, « optimisation des apports d'énergies hybrides dans l'habitat économe », thèse de doctorat, Université Abou-bekr Belkaid - Tlemcen, 2009.

[6] <https://www.donneesmondiales.com/afrique/algerie/climat.php>

[7] M.Laurent et P. Vuillermoz, « Conductivité thermique des solides», Tech. L'ingénieur, 1939.



## **CHAPITRE 3 : SIMULATION SOUS TRNSYS, RESULTATS ET INTERPRETATIONS**

### 1/Introduction :

La consommation d'énergie est devenue une préoccupation majeure à l'échelle mondiale en raison de ses répercussions économiques et environnementales. Cette préoccupation est particulièrement prégnante dans le secteur résidentiel, qui représente une part importante de la consommation énergétique totale.

Dans cette étude, nous examinerons le rôle crucial des ouvertures des habitations sur la consommation d'énergie, en nous concentrant spécifiquement sur la climatisation et le chauffage. Nous utiliserons le logiciel TRNSYS pour simuler l'impact de la variation de la surface des ouvertures de façade sur la quantité d'énergie consommée pour maintenir le confort intérieur.

En comprenant mieux comment les caractéristiques des ouvertures influencent la demande en énergie pour le chauffage et la climatisation, nous pourrions identifier des stratégies efficaces pour réduire la consommation énergétique dans les habitations.

Dans ce chapitre nous allons étudier les ouvertures selon les pourcentages suivants : 26.66%, 35%, 45%, 60%. Ces derniers sont calculés par rapport à la surface de la façade qui contient les ouvertures

### 2/ Description et simulation sous TRNSYS :

TRNSYS, abréviation de « Transient Systems Simulation Program », est un programme de simulation énergétique dynamique largement utilisé dans les domaines de l'ingénierie énergétique et de la recherche énergétique. Il a été développé par le laboratoire d'énergie solaire de l'université du Wisconsin-Madison. TRNSYS est largement reconnu pour sa capacité à simuler un large éventail de systèmes d'énergie renouvelable tels que les systèmes solaires thermiques, les systèmes de chauffage, les systèmes de ventilation et de climatisation (CVC), les systèmes de stockage d'énergie. Il permet aussi d'améliorer la performance énergétique et à d'autres processus dynamiques [1].

TRNSYS fournit un environnement de simulation complet et extensible basé sur une approche modulaire. Chaque module est simulé comme partie intégrante du système, où chaque élément physique, phénomène physique ou entrée/sortie est représenté par un modèle mathématique. Cette technique modulaire décompose un problème complexe en plusieurs problèmes élémentaires. Dans TRNSYS, le terme « module » est également appelé « type » ou « composant » [1].

#### 2.1/ Applications :

La simulation par le logiciel TRNSYS possède une grande variété d'application dont les principales sont les suivantes [2] :

1. **Systèmes d'énergie renouvelable :** TRNSYS est largement utilisé pour la modélisation de systèmes solaires thermiques, de panneaux photovoltaïques,

## Chapitre 3 : Simulation sous TRNSYS, résultats et interprétations

---

d'éoliennes et d'autres technologies d'énergie renouvelable. Il permet d'évaluer les performances, l'efficacité et la faisabilité économique de ces systèmes.

2. **Performance énergétique des bâtiments** : Le logiciel permet de simuler et d'analyser la performance énergétique des bâtiments. Il prend en compte des facteurs tels que la thermodynamique, les systèmes CVC et l'intégration des énergies renouvelables pour améliorer l'efficacité énergétique d'un bâtiment.
3. **Études d'impact environnemental** : TRNSYS est appliqué dans les études d'impact environnemental pour évaluer la durabilité et les conséquences environnementales des systèmes énergétiques, ce qui aide à développer des solutions ayant pour but de respecter l'environnement.

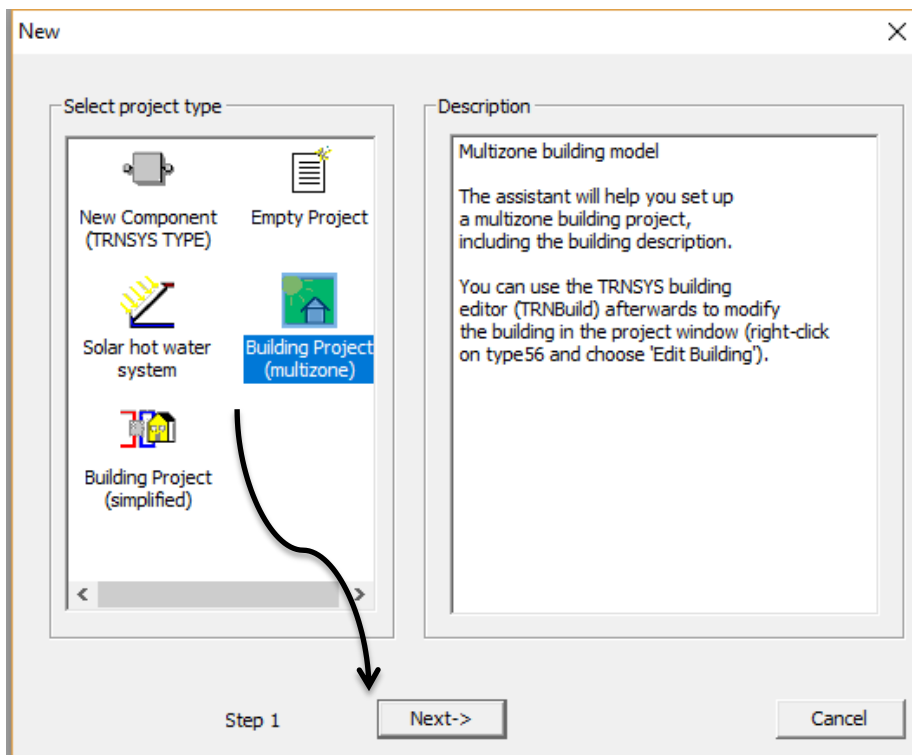
### 3/ les étapes de simulation :

La simulation d'un bâtiment multizone comporte plusieurs étapes. Initialement, la maison est divisée en différentes zones, reliées entre elles. Les prochaines étapes comprennent la caractérisation de l'enveloppe du bâtiment, la géométrie du bâtiment et la position ou l'orientation d'une paroi (mur, plancher, plafond). Chaque paroi est décrite par des couches de différentes épaisseurs possédant chacune une conductivité thermique, une capacité thermique massique et une masse volumique, des fenêtres, des systèmes de chauffage et de climatisation, des échanges d'air, des gains intérieurs, etc. La combinaison des paramètres d'entrée et de sortie constitue les composants du système, appelés « types » dans TRNSYS. Le Type 56 facilite la saisie de ces données et la création des fichiers d'entrée nécessaires à la simulation avec TRNSYS [3].

**-Première phase** : Création d'un projet de simulation d'un bâtiment :

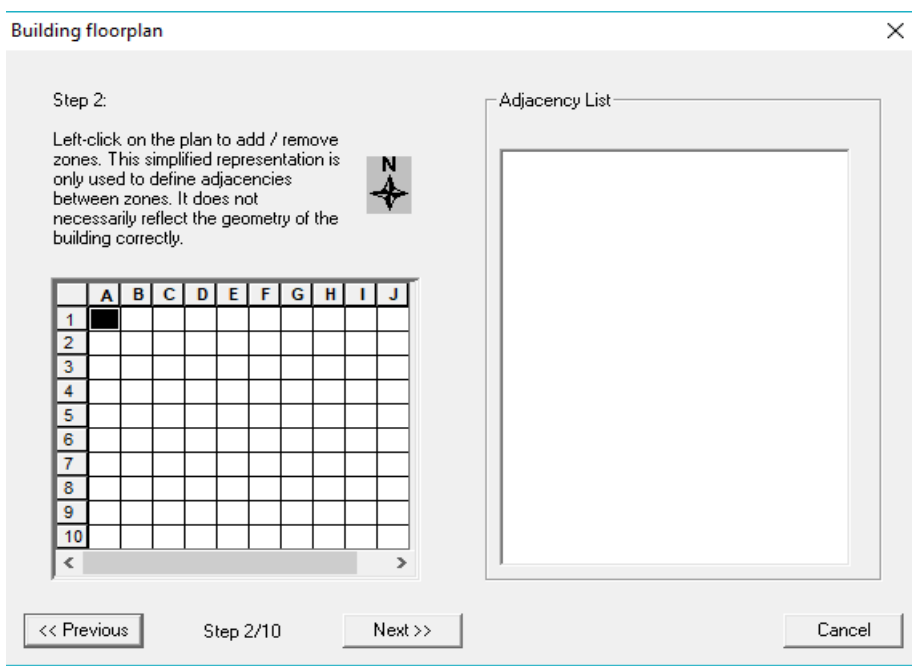
**Étape 1** : On clique sur : file/ New/Building Project puis on clique sur « Next ».

## Chapitre 3 : Simulation sous TRNSYS, résultats et interprétations



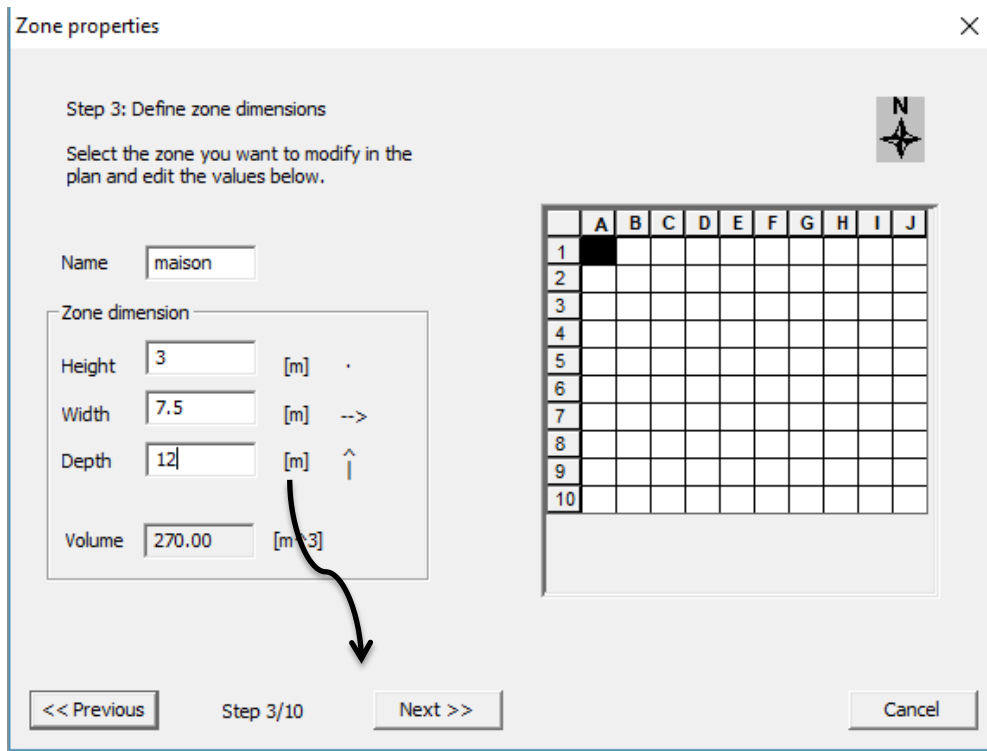
**Étape 2 :** Sélection de la zone à étudier.

On sélectionne la zone A1 et on clique ensuite sur « Next ».

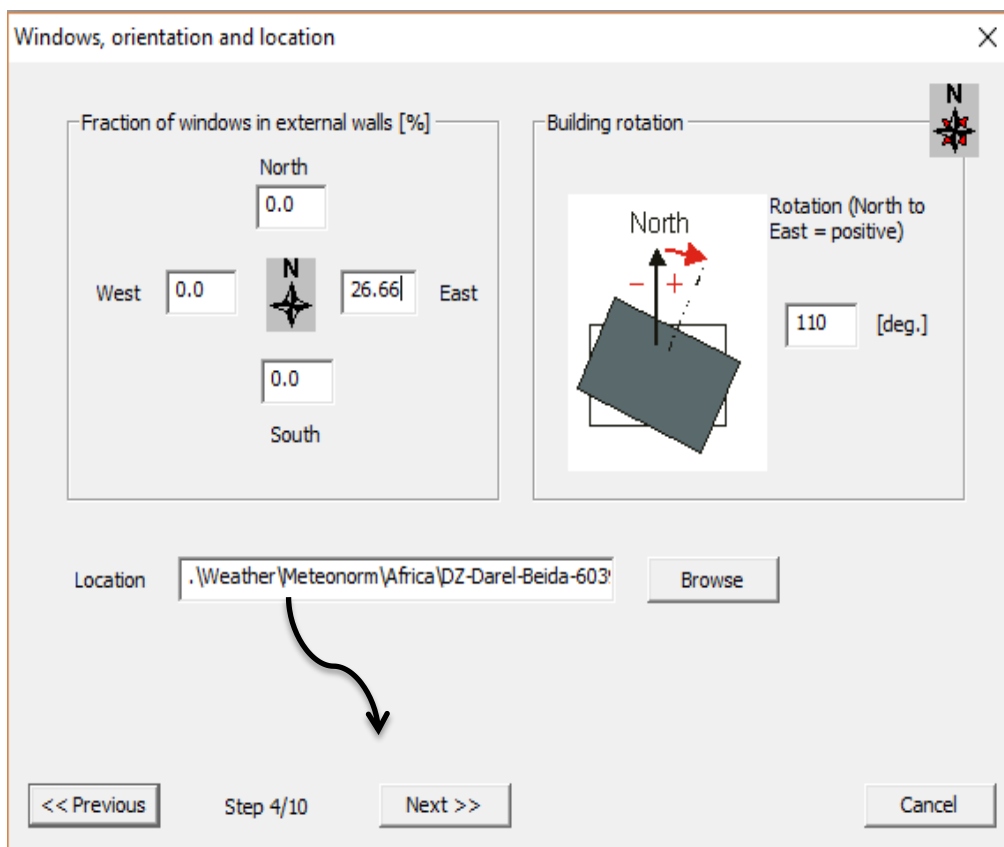


**Étape 3 :** Le dimensionnement de la maison implique l'introduction de ses dimensions telles que la hauteur, la largeur et la longueur, à partir desquelles le volume sera calculé automatiquement.

## Chapitre 3 : Simulation sous TRNSYS, résultats et interprétations



**Étape 4 :** Pendant cette étape, on spécifie l'angle d'orientation des ouvertures pour chaque façade en indiquant la déviation par rapport au nord. Ensuite, on sélectionne l'emplacement du bâtiment ainsi que les données météorologiques correspondantes.



## Chapitre 3 : Simulation sous TRNSYS, résultats et interprétations

**Étape 5 :** On spécifie le taux de renouvellement d'air et l'infiltration puis on clique sur «Next».

Infiltration and ventilation

Infiltration (valid for all zones)

Leakage 0.2 [1/h]

Mechanical ventilation

Natural ventilation

Ventilation rate (building occupied) 0.5 [1/h]

Additional temp. dependent ventilation

<< Previous Step 5/10 Next >> Cancel

**Étape 6 :** Dans cette phase, le chauffage et la climatisation ont été désactivés pour obtenir des résultats de la température interne sans étudier la consommation d'énergie.

Heating and cooling

Heating

Cooling

<< Previous Step 6/10 Next >> Cancel

## Chapitre 3 : Simulation sous TRNSYS, résultats et interprétations

Étape 7 : Éclairage et gains. On spécifie les différents apports intérieurs.

Gains and lighting

Internal gains

Specific gains 14 [W/m<sup>2</sup>]

Occupant density 0.1 [occupants/m<sup>2</sup>]

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

Lighting

Light ON if total horizontal rad < 120 [W/m<sup>2</sup>]

Light OFF if total horizontal rad > 200 [W/m<sup>2</sup>]

Specific light 10 [W/m<sup>2</sup>]

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

<< Previous Step 7/10 Next >> Cancel

Étape 8 : masque d'ombrage fixe.

Fixed shading

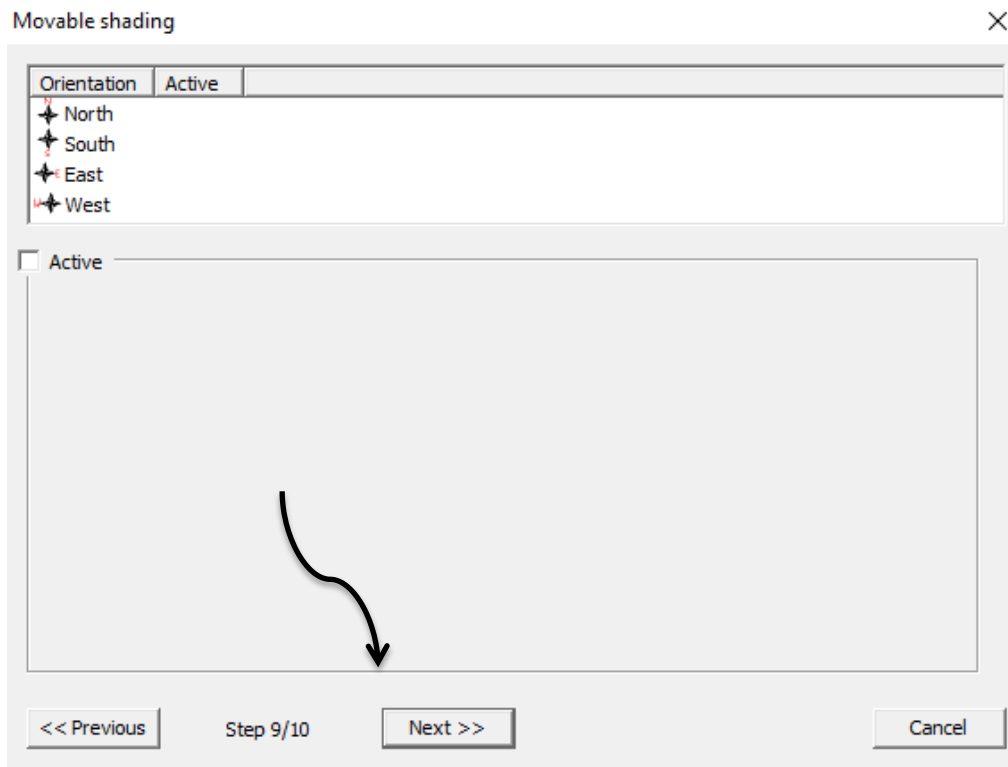
Orientation	Active
North	
South	
East	
West	

Active

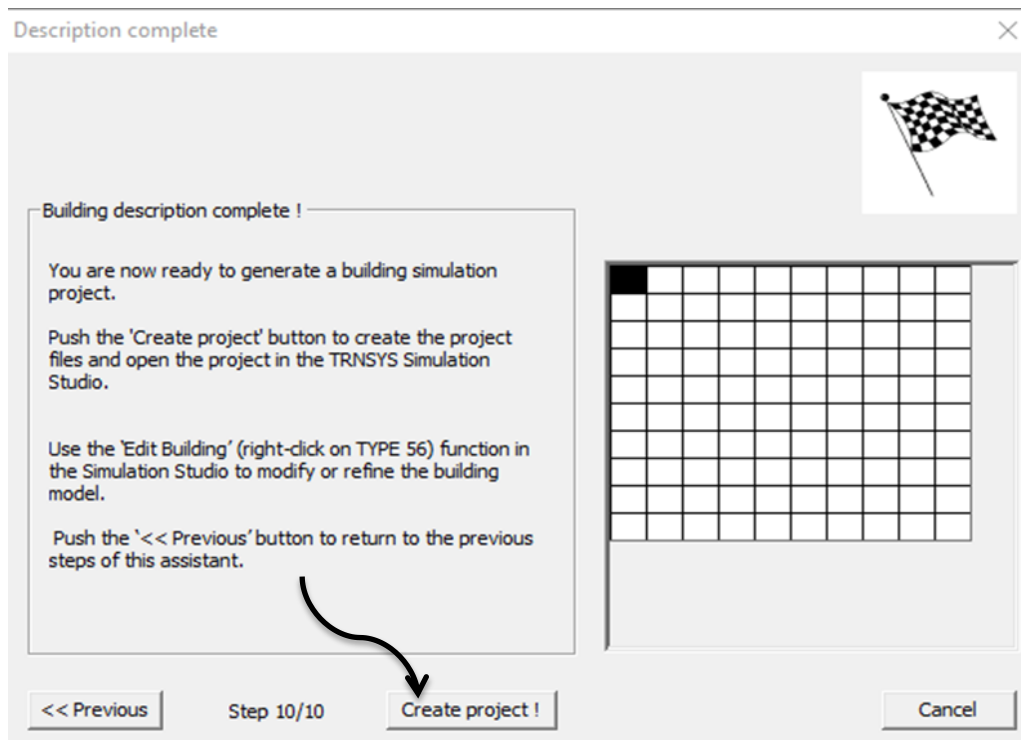
<< Previous Step 8/10 Next >> Cancel

## Chapitre 3 : Simulation sous TRNSYS, résultats et interprétations

Étape 9 : masque d'ombrage mobile.



Étape 10 : Création du projet.



-Deuxième phase : TRNBuild : le projet Trnsys a été créé .



## Chapitre 3 : Simulation sous TRNSYS, résultats et interprétations

Dans l'interface de Simulation Studio, les composants qui sont reliés entre eux et qui permettent la modélisation sont disposés sur une "plateforme". Cette plateforme fournit un espace visuel où les différents composants peuvent être organisés et connectés selon les besoins du modèle.

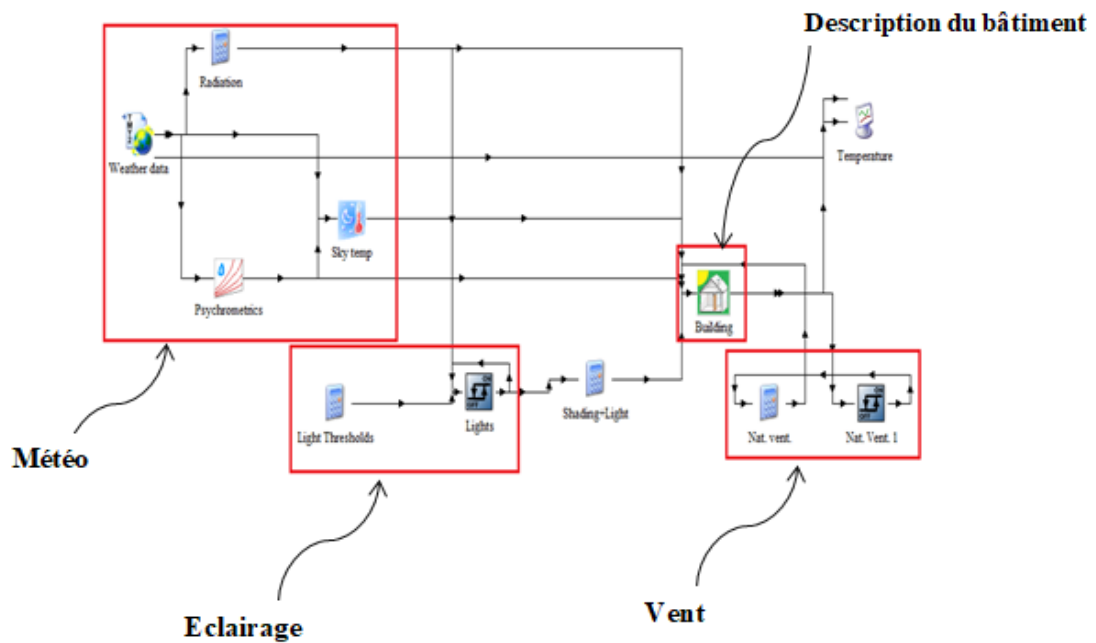


Figure 1 : Modélisation sous TRNSYS de la maison étudiée

### 3.1/ Introduction des composants de l'enveloppe :

Pour cela on click du droit sur Building et on choisit Edit Building, puis on choisit la zone

# Chapitre 3 : Simulation sous TRNSYS, résultats et interprétations

## Plancher :

Wall Type Manager

wall type: **GROUND**

**front / inside**

No.	Layer	Thickness	Type
1	HOIRD20_BE	0.160	massive
2	BETON_C400	0.040	massive

**back**

total thickness:  m

u - value:  W/m<sup>2</sup> K

**Solar Absorptance of Wall**

front:  -

back:  -

**Convective Heat Transfer Coefficient of Wall**

**Front**

userdefined  internal calculation

kJ/h m<sup>2</sup> K

**Back**

userdefined  internal calculation

kJ/h m<sup>2</sup> K

OK Cancel Save to user library **RDCN**

Wall Type Manager

wall type: **INTFLOOR**

**front / inside**

No.	Layer	Thickness	Type
1	FLOOR	0.020	massive
2	MORTIER	0.020	massive

**back**

total thickness:  m

u - value:  W/m<sup>2</sup> K

**Solar Absorptance of Wall**

front:  -

back:  -

**Convective Heat Transfer Coefficient of Wall**

**Front**

userdefined  internal calculation

kJ/h m<sup>2</sup> K

**Back**

userdefined  internal calculation

kJ/h m<sup>2</sup> K

OK Cancel Save to user library **RDCN**

## Chapitre 3 : Simulation sous TRNSYS, résultats et interprétations

Les murs qui entourent notre maison sont constitués de deux parois de briques (Murs intérieurs et extérieurs) qui sont séparées par une lame d'air et une couche de polystyrène, comme indiqué ci-dessous :

### Murs intérieurs :

Wall Type Manager

wall type: INTWALL

No.	Layer	Thickness	Type
1	MORTIER	0.020	massive
2	BRICK	0.100	massive

back

total thickness: 0.120 m

u - value: 3.335 W/m<sup>2</sup>K

**Solar Absorptance of Wall**

front: 0.6

back: 0.6

**Convective Heat Transfer Coefficient of Wall**

**Front**

userdefined  internal calculation

11 kJ/h m<sup>2</sup> K

**Back**

userdefined  internal calculation

11 kJ/h m<sup>2</sup> K

OK Cancel Save to user library

Layer

- <- new ...
- <<- Library ...
- BRICK
- CONCRETE
- STONE
- PLASTER
- FLOOR
- SILENCE
- GYP SUM
- INSUL
- HOURLD20\_BE
- BETON\_C400
- MORTIER
- LAME\_AIR15
- POLY\_EXP
- ENDUIT\_PLA

### Murs extérieurs :

Wall Type Manager

wall type: OUTWALL

No.	Layer	Thickness	Type
1	MORTIER	0.020	massive
2	BRICK	0.100	massive
3	POLY_EXP	0.030	massive
4	LAME_AIR15	0.070	massive

back

total thickness: 0.220 m

u - value: 0.543 W/m<sup>2</sup>K

**Solar Absorptance of Wall**

front: 0.75

back: 0.3

**Convective Heat Transfer Coefficient of Wall**

**Front**

userdefined  internal calculation

11 kJ/h m<sup>2</sup> K

**Back**

userdefined  internal calculation

64 kJ/h m<sup>2</sup> K

OK Cancel Save to user library

Layer

- <- new ...
- <<- Library ...
- BRICK
- CONCRETE
- STONE
- PLASTER
- FLOOR
- SILENCE
- GYP SUM
- INSUL
- HOURLD20\_BE
- BETON\_C400
- MORTIER
- LAME\_AIR15
- POLY\_EXP
- ENDUIT\_PLA

# Chapitre 3 : Simulation sous TRNSYS, résultats et interprétations

## La toiture :

Wall Type Manager

wall type: **ROOF**

**front / inside**

No.	Layer	Thickness	Type
1	BETON_C400	0.040	massive
2	HOURD20_BE	0.160	massive
3	ENDUIT_PLA	0.020	massive

**back**

total thickness:  m

u - value:  W/m<sup>2</sup> K

**Solar Absorptance of Wall**

front:  -

back:  -

**Convective Heat Transfer Coefficient of Wall**

**Front**

userdefined  internal calculation

kJ/h m<sup>2</sup> K

**Back**

userdefined  internal calculation

kJ/h m<sup>2</sup> K

OK Cancel Save to user library

## Composition des ouvrantes de la maison :

Regime Data

zone volume:  m<sup>3</sup>

capacitance:  kJ/K

Infiltration  Heating  Gains  Humidity

Ventilation  Cooling  Comfort

**Walls**

Type	Area	Category
Additional Windows		
OUTWALL	22.50	EXTERNAL EAST
OUTWALL	22.50	EXTERNAL WEST
OUTWALL	32.40	EXTERNAL NORTH
OUTWALL	36.00	EXTERNAL SOUTH
GROUND	90.00	BOUNDARY

Additional Windows

wall type:  **OUTWALL**

area:  m<sup>2</sup> incl. windows

category:

geosurf:

wall gain:  kJ/h

orientation:  **EAST**

view fac. to sky:

**Windows**

Type	Area	Category	u-Value	g-Value
DOUBLE	6.00	EXTERNAL	1.4	0.589

Additional Windows

window type:  **DOUBLE**

area:  m<sup>2</sup>

category:

geosurf:

gain:  kJ/h

orientation:  **NORTH**

view fac. to sky:

internal shad. factor:

external shad. factor:

# Chapitre 3 : Simulation sous TRNSYS, résultats et interprétations

## 4 / Simulation sous TRNSYS :

- Variation des ouvertures :

Dans cette partie de la simulation, nous avons varié les surfaces des ouvertures sur la façade de la maison étudiée en prenant une surface plus petite et une surface plus grande que la surface réelle de la maison, et en comparant la consommation énergétique entre les trois ouvertures.

- Surface des ouvertures égale à 7.9 m<sup>2</sup> (35%) :

The screenshot shows the TRNSYS software interface. At the top, the 'Regime Data' section includes zone volume (270 m<sup>3</sup>) and capacitance (648 kJ/K). Below this are icons for Infiltration, Heating, Gains, Humidity, Ventilation, Cooling, and Comfort. The 'Walls' section contains a table of wall types and their properties:

Type	Area	Category
Additional Windows		
OUTWALL	22.50	EXTERNAL EAST
OUTWALL	22.50	EXTERNAL WEST
OUTWALL	32.40	EXTERNAL NORTH
OUTWALL	36.00	EXTERNAL SOUTH
GROUND	90.00	BOUNDARY

The 'Windows' section shows a table with one entry:

Type	Area	Category	u-Value	g-Value
DOUBLE	7.90	EXTERNAL	1.4	0.589

Below the tables are configuration fields for walls and windows. For the window, the area is set to 7.9 m<sup>2</sup>, category is EXTERNAL, and orientation is NORTH.

- Surface des ouvertures égales à 10.13 m<sup>2</sup> (45%) :

This screenshot is similar to the previous one but with the window area set to 10.13 m<sup>2</sup>. The 'Walls' table remains the same. The 'Windows' table now shows:

Type	Area	Category	u-Value	g-Value
DOUBLE	10.13	EXTERNAL	1.4	0.589

The configuration fields for the window show an area of 10.13 m<sup>2</sup> and an orientation of NORTH.

## Chapitre 3 : Simulation sous TRNSYS, résultats et interprétations

- Surface des ouvertures égales à 13.5 m<sup>2</sup> (60%) :

The screenshot displays the TRNSYS software interface with three main panels:

- Regime Data:** Shows zone volume (270 m<sup>3</sup>) and capacitance (648 kJ/K). It includes icons for Infiltration, Heating, Gains, Humidity, Ventilation, Cooling, and Comfort.
- Walls:** A table lists wall types and their properties. The selected 'OUTWALL' has an area of 22.5 m<sup>2</sup>, category 'EXTERNAL', and orientation 'EAST'. Below the table, the configuration for the selected wall is shown: wall type (OUTWALL), area (22.5 m<sup>2</sup>), category (EXTERNAL), geosurf (0.1), wall gain (0 kJ/h), orientation (EAST), and view fac. to sky (0.5).
- Windows:** A table lists window types. The selected 'DOUBLE' window has an area of 13.5 m<sup>2</sup>, category 'EXTERNAL', u-Value 1.4, and g-Value 0.589. Below the table, the configuration for the selected window is shown: window type (DOUBLE), area (13.5 m<sup>2</sup>), category (EXTERNAL), geosurf (0), gain (0 kJ/h), orientation (NORTH), view fac. to sky (0.5), and shading factors (internal and external both 0).

### 5/ Résultats et interprétations :

La simulation sous TRNSYS nous permet d'obtenir des données numériques et des représentations graphiques de tous types de résultat souhaité (température, humidité, consommation d'énergie...).

#### 5.1/Etude des températures intérieure et extérieure du bâtiment sans chauffage :

Il est à signaler, d'après meteonorm, que la température extérieure varie entre 0°C et 29°C en hiver et de 10°C à 38°C en été.

- Surface des ouvertures égales à 6 m<sup>2</sup> (26.66%) :

La figure 2 représente l'évolution des températures intérieures en vert et des températures extérieures (température ambiante) en bleu au cours d'une année sans chauffage et sans climatisation du bâtiment.

Il existe une différence de température entre l'intérieur et l'extérieur, due à l'effet de l'isolant (polystyrène). La constitution des murs joue un rôle crucial pour maintenir une atmosphère intérieure relativement constante, quelles que soient les conditions météorologiques extérieures, que ce soit en hiver ou en été.

La température intérieure varie entre 10.72°C et 25.26°C en hiver et de 17.85°C à 32°C en été.

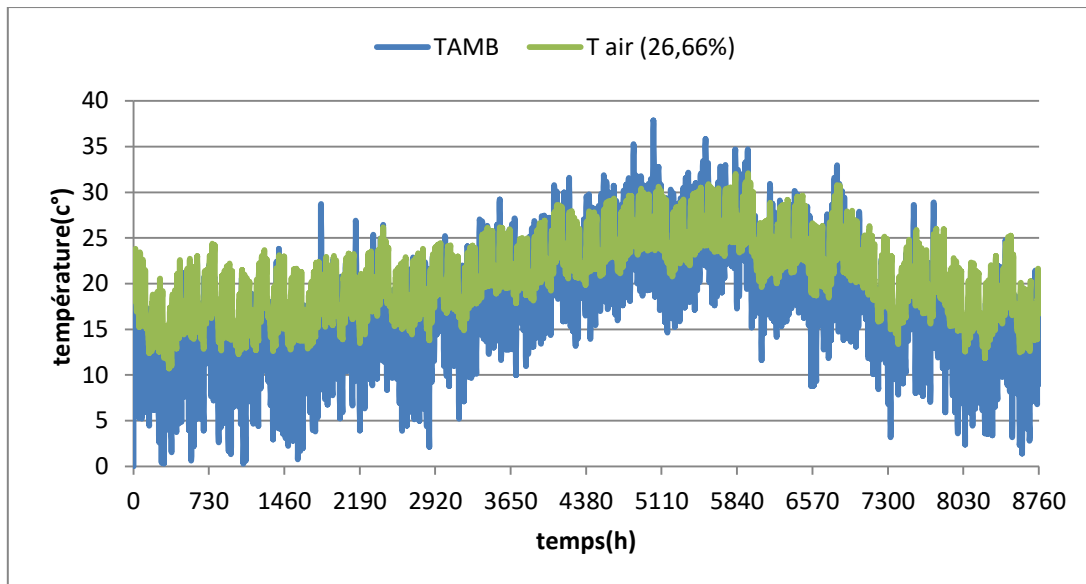


Figure 2 : Variation des températures extérieures et intérieures au cours de l'année

– Surface des ouvertures égales à  $7.9 \text{ m}^2$  (35%) :

La température intérieure varie entre  $11.87^\circ\text{C}$  et  $27^\circ\text{C}$  en hiver et de  $18^\circ\text{C}$  à  $34^\circ\text{C}$  en été.

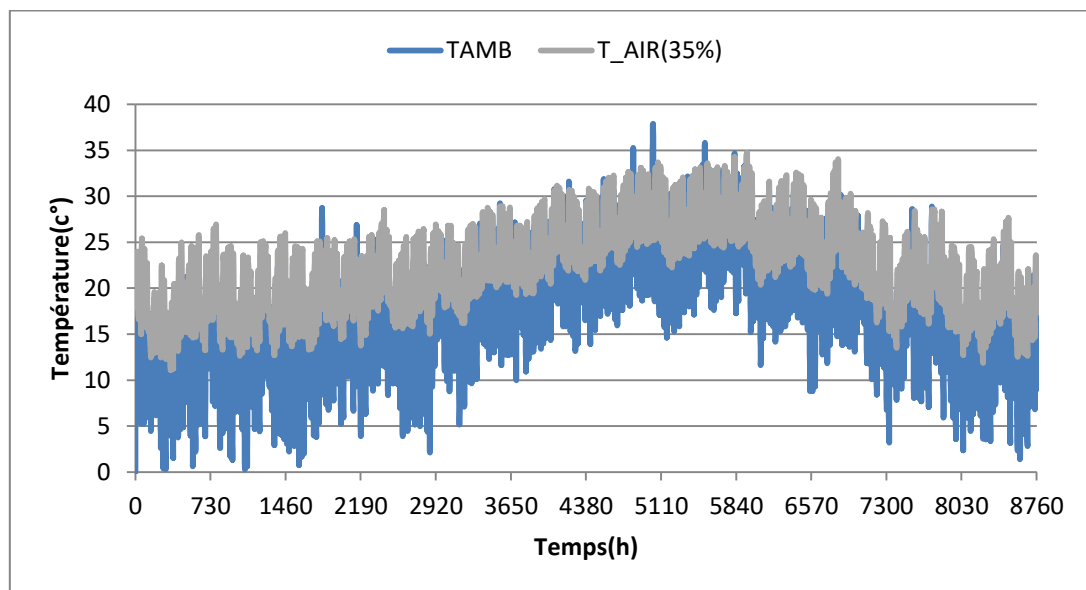


Figure 3 : Variation des températures extérieures et intérieures au cours de l'année

– Surface des ouvertures égales à  $10.13 \text{ m}^2$  (45%) :

La température intérieure varie entre  $11.56^\circ\text{C}$  et  $33^\circ\text{C}$  en hiver et de  $18.76^\circ\text{C}$  à  $36.5^\circ\text{C}$  en été.

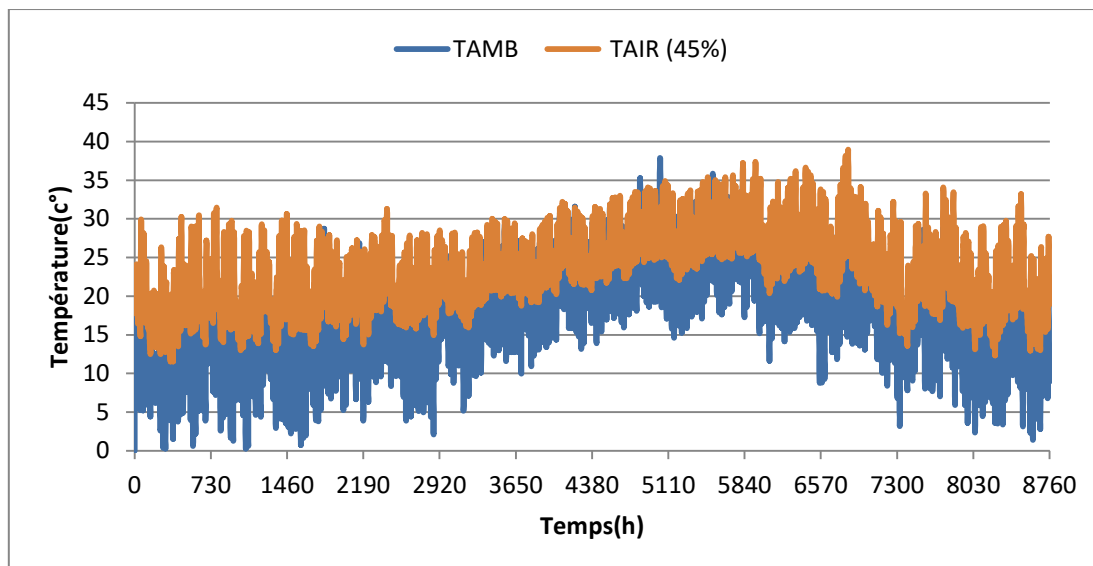


Figure 4 : Variation des températures extérieures et intérieures au cours de l'année.

– Surface des ouvertures égales à  $13.5\text{m}^2$  (60%) :

La température intérieure varie entre  $11.63^\circ\text{C}$  et  $37^\circ\text{C}$  en hiver et de  $19^\circ\text{C}$  à  $38^\circ\text{C}$  en été.

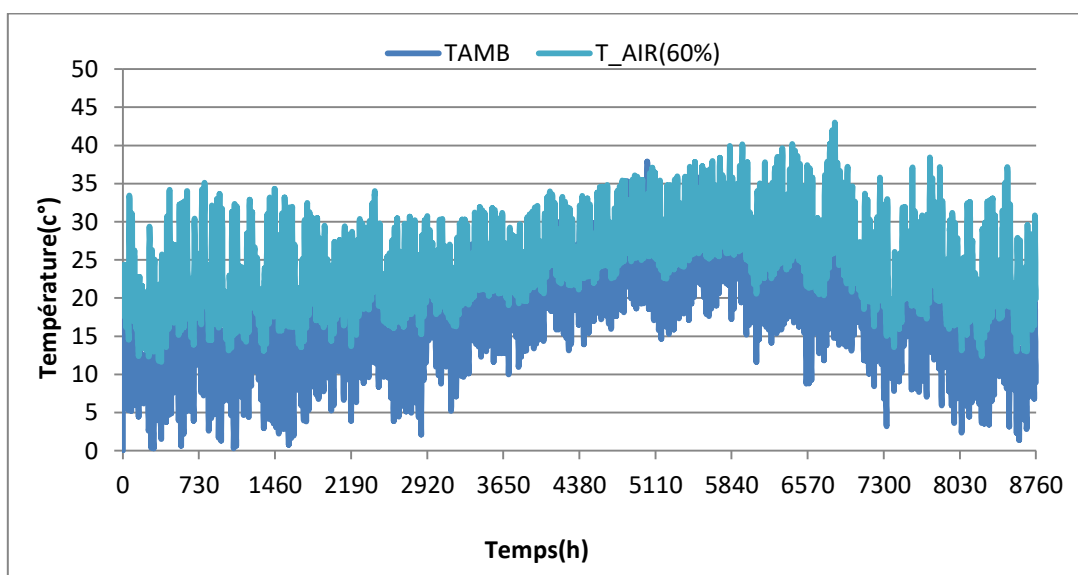


Figure 5 : Variation des températures extérieures et intérieures au cours de l'année.



### Chapitre 3 : Simulation sous TRNSYS, résultats et interprétations

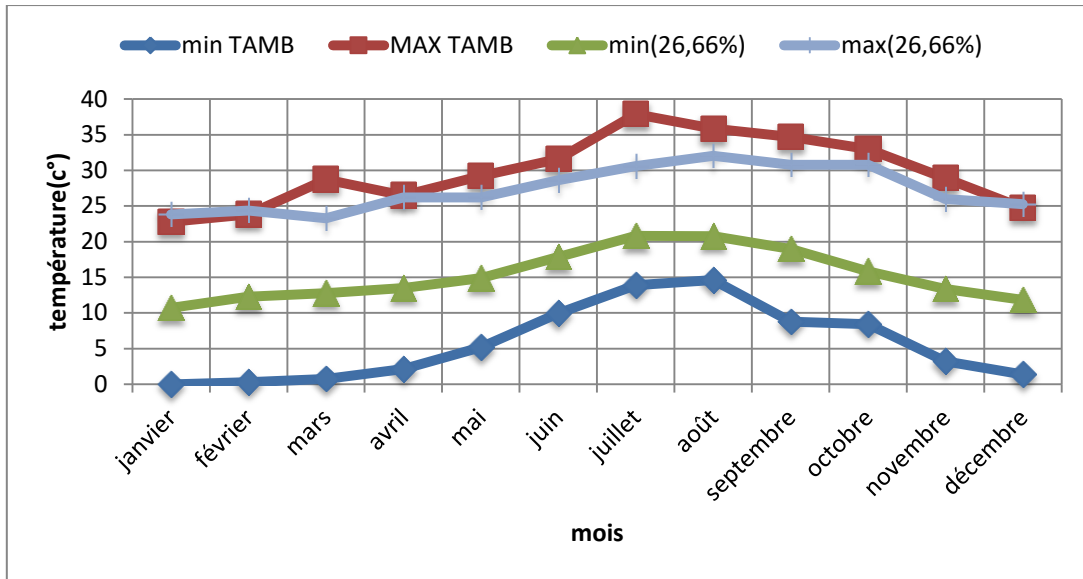


Figure 6 : la température minimale et maximale pendant chaque mois (26.66%)

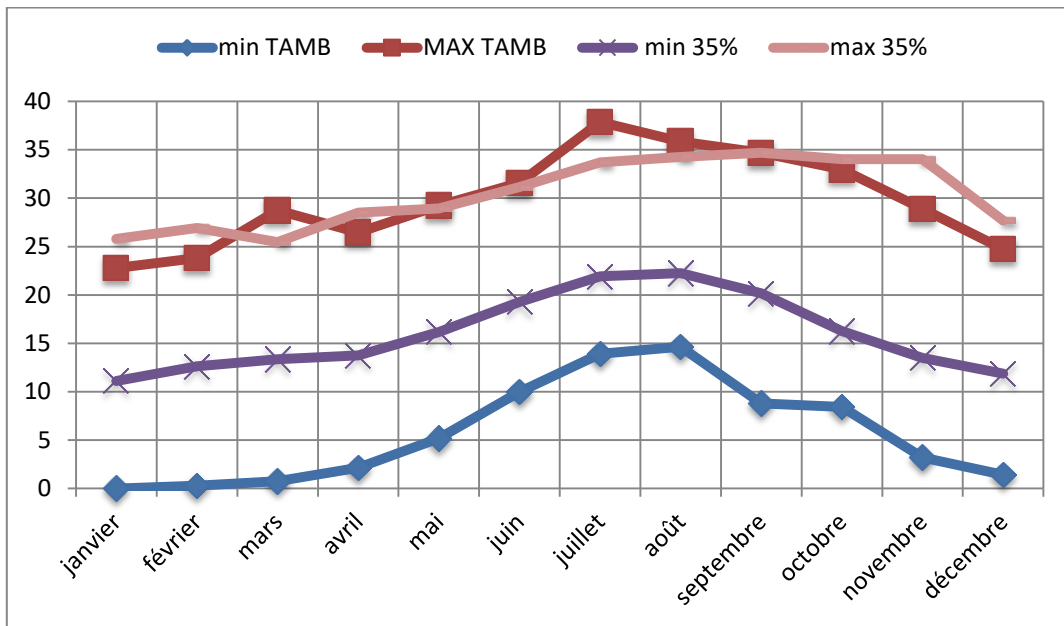


Figure 7 : la température minimale et maximale pendant chaque mois (35%)

## Chapitre 3 : Simulation sous TRNSYS, résultats et interprétations

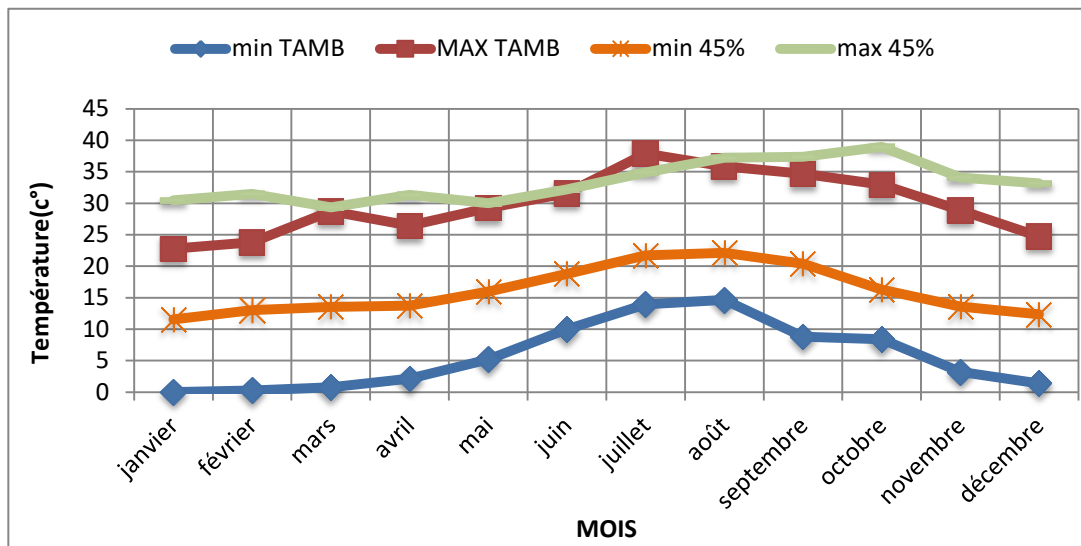


Figure 8 : la température minimale et maximale pendant chaque mois (45%)

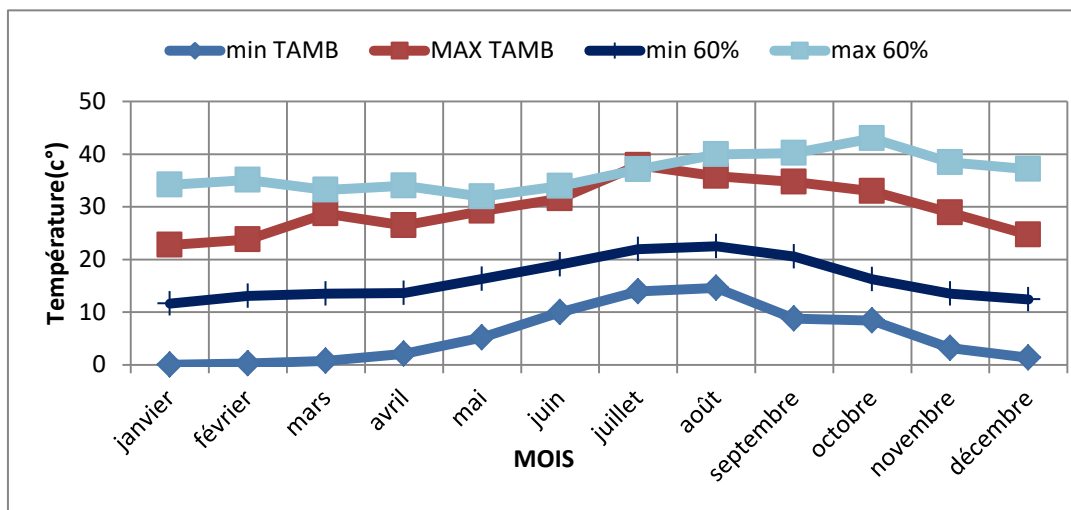


Figure 9 : la température minimale et maximale pendant chaque mois (60%)

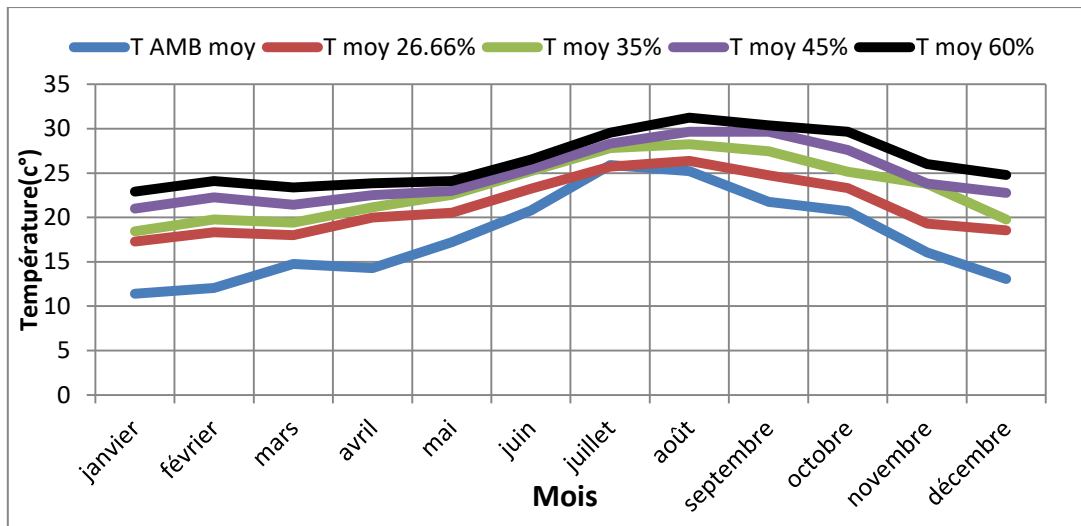


Figure 10 : variation des températures moyennes.

- D'après la figure 10, on peut observer une tendance à l'augmentation de la température moyenne lorsque la taille des ouvertures augmente. Cette tendance est particulièrement visible pour les mois les plus chauds de l'année (juillet, août), où la différence de température moyenne entre les différentes tailles d'ouvertures peut atteindre jusqu'à 5°C.

## 5.2/ Etude des températures intérieure et extérieure du bâtiment avec chauffage et climatisation :

Les résultats obtenus après utilisation du chauffage et de la climatisation à l'intérieur du bâtiment sont présentés dans la figure 11, où l'on remarque une légère différence de température de confort entre l'hiver (15°C à 25°C) et l'été (17°C à 27°C).

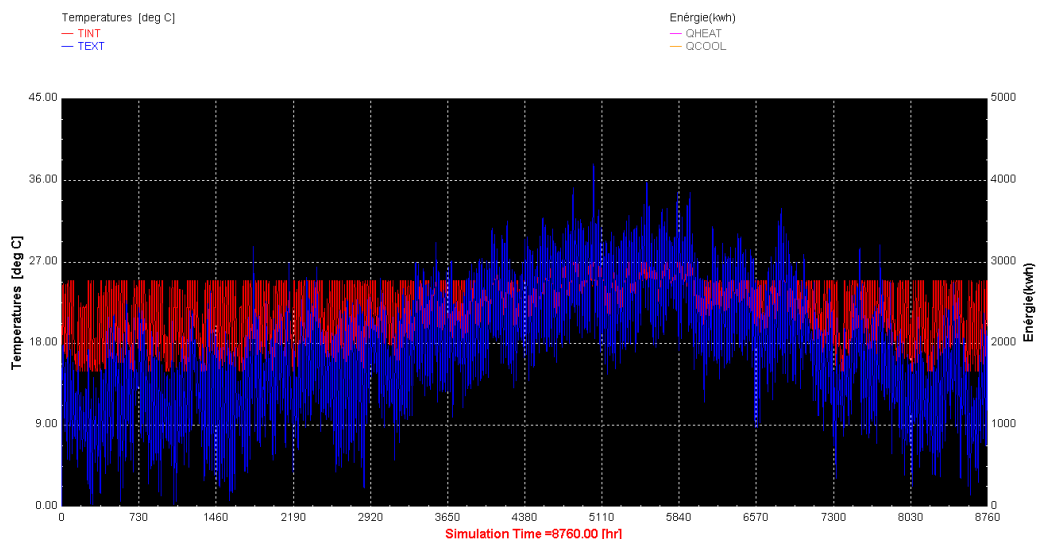


Figure 11 : Evolution de la température intérieure et extérieure pendant l'année avec l'utilisation du chauffage et climatisation.

## 5.3/ Consommation d'énergie (chauffage et climatisation) :

La courbe rose représente le chauffage et la courbe jaune représente la climatisation.

### 1. Pour 26.66% d'ouverture :

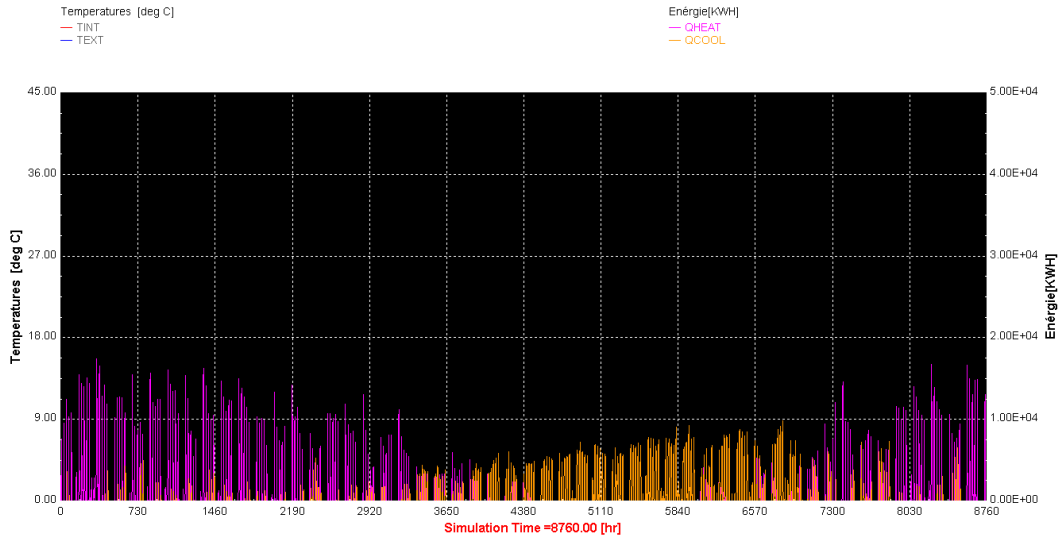


Figure 12 : Energie consommée avec le chauffage et la climatisation pendant l'année.

D'après la figure 13, on constate qu'en janvier, la consommation d'énergie la plus élevée pour le chauffage est de 254.9kWh, tandis qu'en août, la consommation pour la climatisation est à son maximum et elle atteint 353.9kWh.

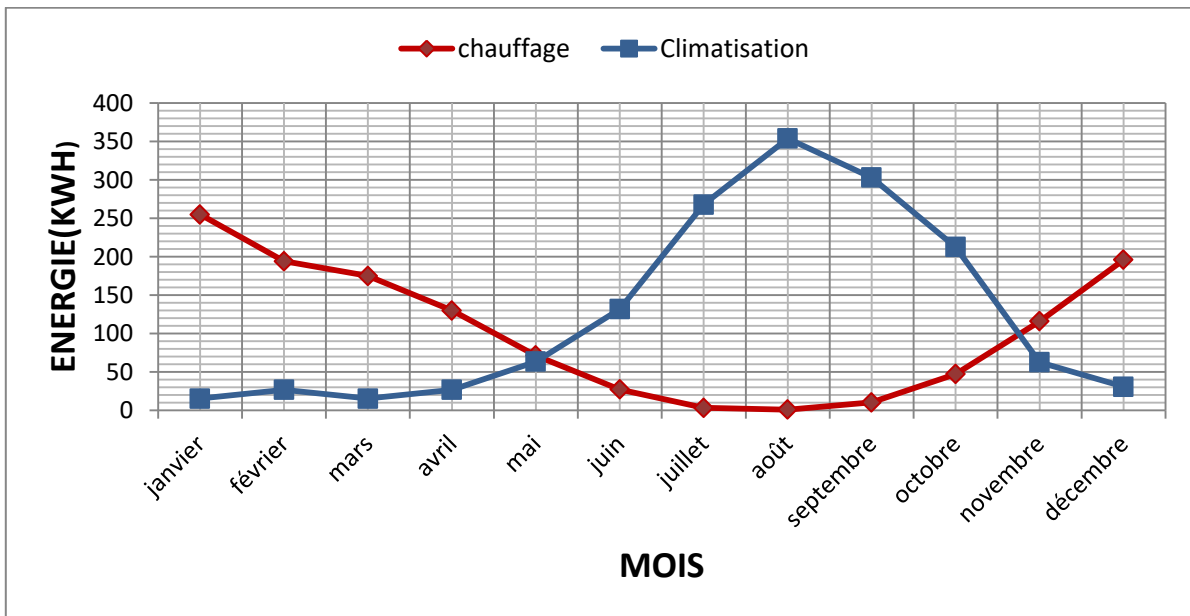


Figure 13 : Energie consommée pendant chaque mois pour une ouverture de 26.66%

# Chapitre 3 : Simulation sous TRNSYS, résultats et interprétations

## 2. Pour 35% d'ouverture :

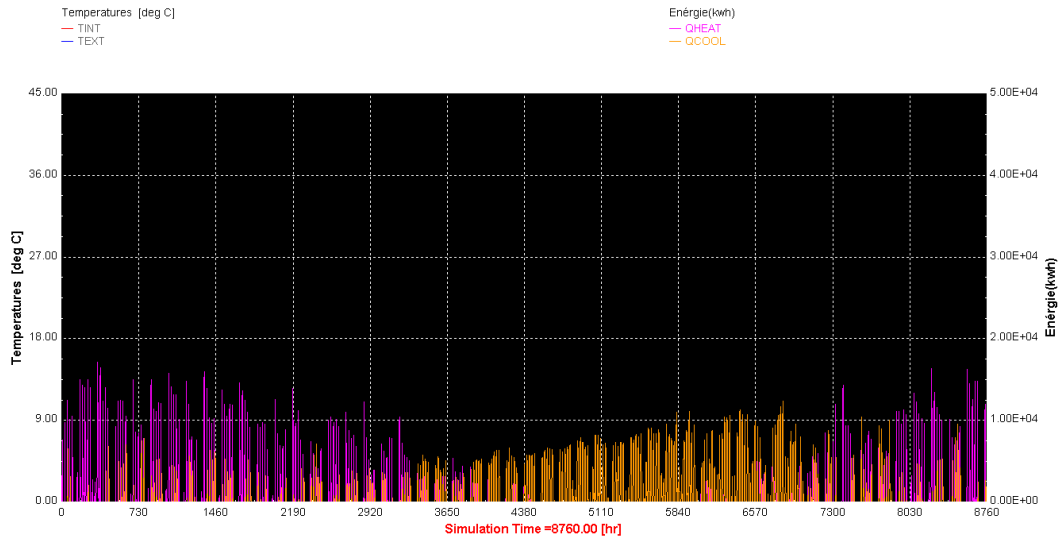


Figure 14 : Energie consommée avec le chauffage et la climatisation pendant l'année

On peut voir dans la figure 15 que la plus grande quantité d'énergie consommée pour le chauffage est 232.7kWh pendant le mois de janvier, et la plus grande quantité consommée pour la climatisation est 446.1kWh pendant le mois d'août.

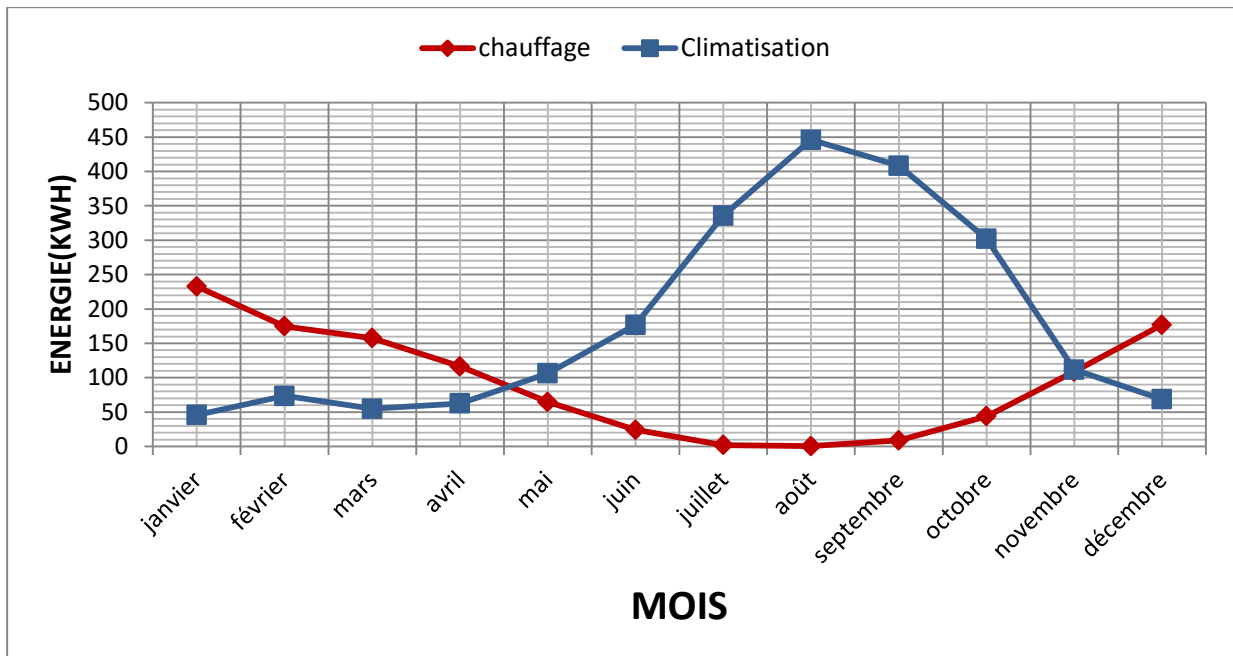
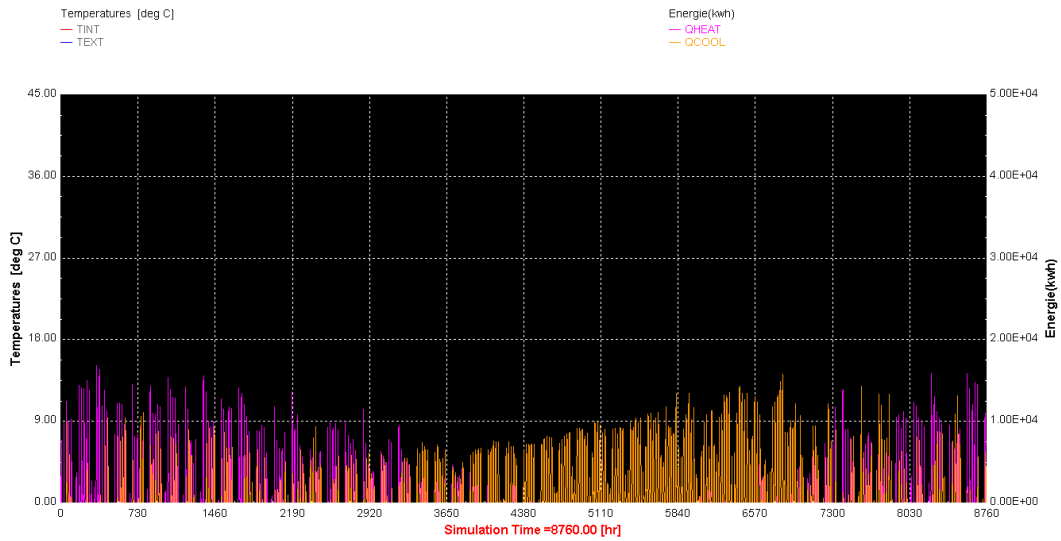


Figure 15 : Energie consommée pendant chaque mois pour une ouverture de 35%.

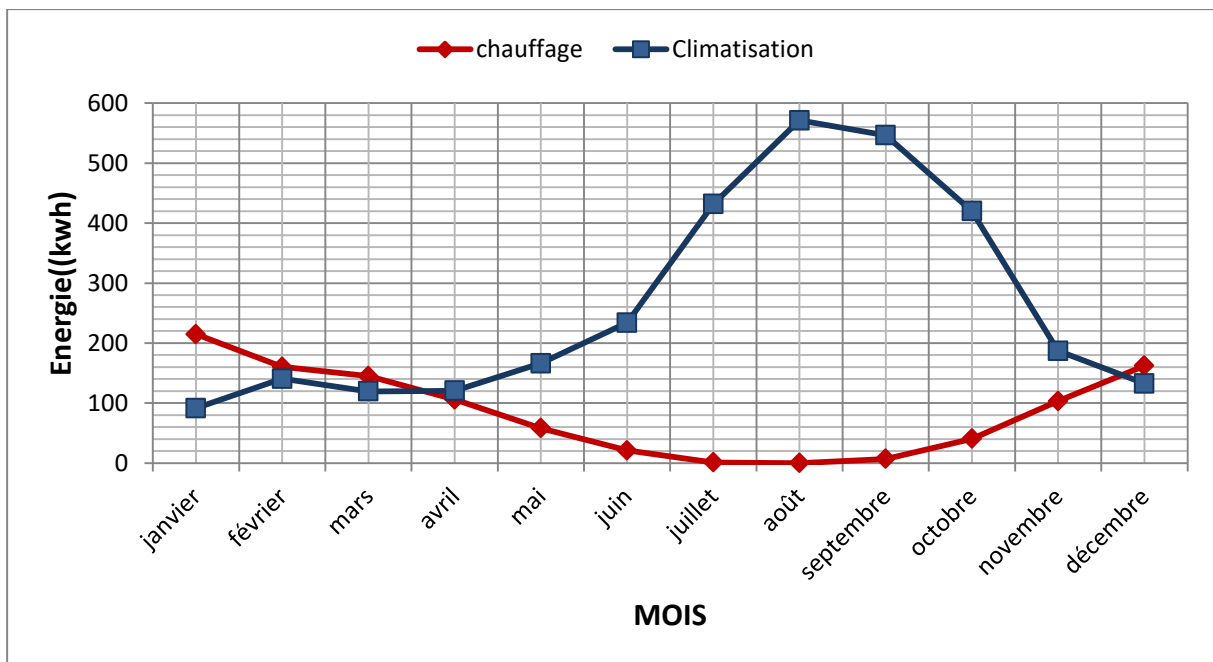
# Chapitre 3 : Simulation sous TRNSYS, résultats et interprétations

## 3. Pour 45% d'ouverture :



**Figure 16 : Energie consommée avec le chauffage et la climatisation pendant l'année.**

D'après la figure ci-dessous, on constate que pendant le mois de janvier, la consommation énergétique en chauffage atteint une quantité maximale et vaut 214.7 kWh, alors qu'en août, la climatisation consomme le plus d'énergie avec 571.2 kWh.



**Figure17 : Energie consommée pendant chaque mois pour une ouverture de 45%**

## 4. Pour 60% d'ouverture :

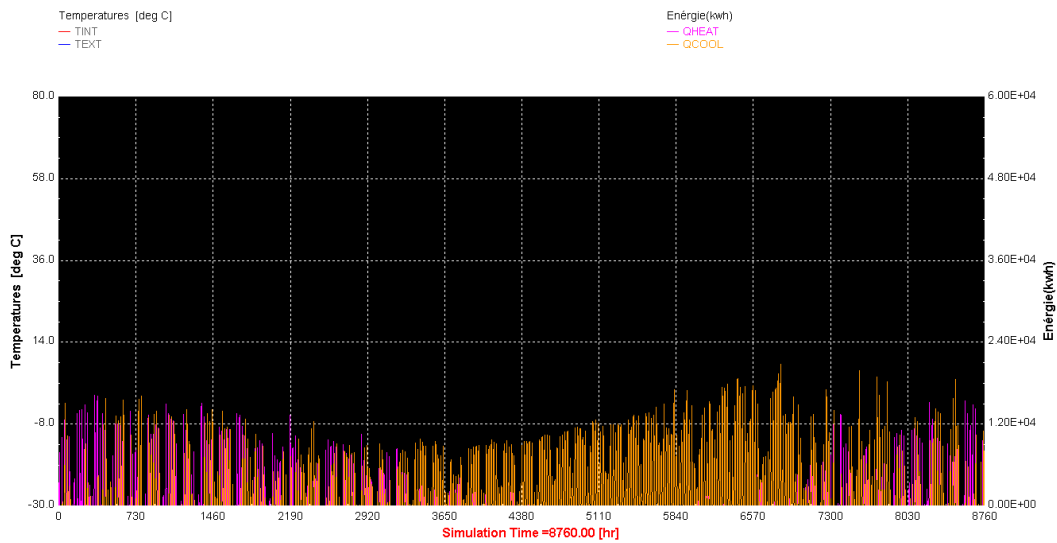


Figure 18 : Energie consommée avec le chauffage et la climatisation pendant l'année

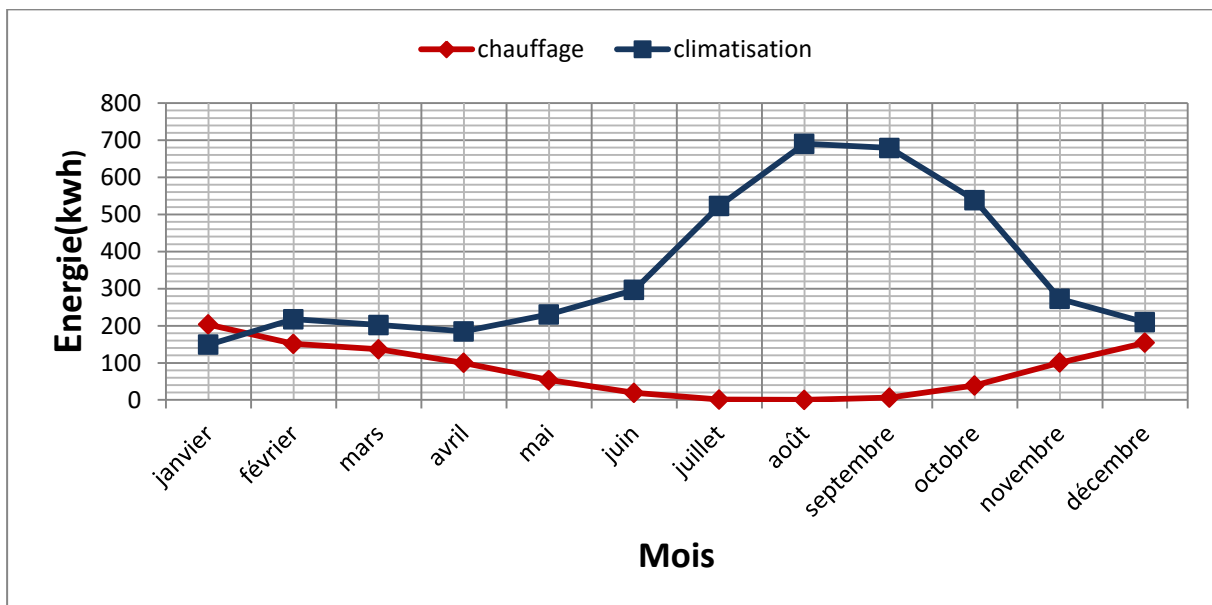
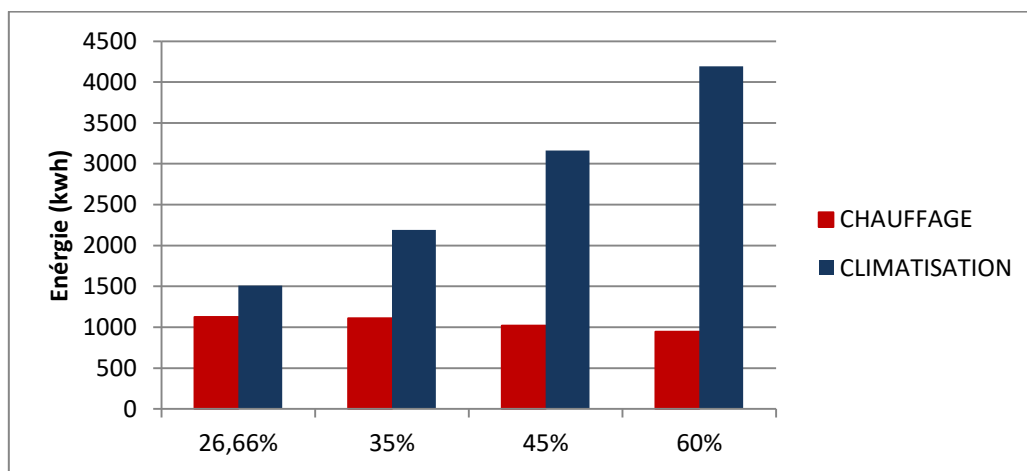


Figure19 : Energie consommée pendant chaque mois pour une ouverture de 60%

On constate d'après la figure 19 qu'en janvier, la consommation en chauffage est maximale et atteint 203.5 kWh, alors qu'en août, la consommation de la climatisation est à son maximum et vaut 690.5 kWh.

Les ouvertures	26.66%	35 %	45%	60%
Chauffage (kWh)	1126	1111	1020	946.2
Climatisation (kWh)	1510	2192	3161	4193

**Tableau 1 : La somme d'énergie utilisée pour le chauffage et la climatisation pendant une année.**



**Figure 20 : Diagramme représentant la différence de consommation annuelle d'énergie de chauffage et climatisation pour les quatre ouvertures.**

D'après les résultats obtenus par le logiciel TRNSYS, présentés dans la Figure 20 et le Tableau 1, nous constatons que la plus grande consommation pour la climatisation correspond à une ouverture de 60%, et pour le chauffage, elle correspond à une ouverture de 26.66%.

### 6/ Conclusion :

Ce chapitre expose les résultats de simulations obtenus à l'aide du logiciel TRNSYS.

Selon les résultats obtenus par le logiciel TRNSYS, on observe une corrélation entre la taille des ouvertures et la consommation énergétique. En augmentant la surface des ouvertures, la consommation d'énergie pour la climatisation augmente tandis que celle pour le chauffage diminue. On constate que plus la surface des ouvertures augmente, plus la maison est chaude d'après les figures 6, 7, 8 et 9.

Plus on augmente la surface des ouvertures, plus on consomme l'énergie due à la climatisation, et comme le prix de l'électricité est plus cher que le gaz, le coût est plus élevé, il vaut donc mieux faire les ouvertures dans les normes et éviter les façades vitrées



### Les références bibliographiques :

- [1] « Welcome | TRNSYS : Transient System Simulation Tool ». <https://www.trnsys.com/index.html>
- [2] W.Abbou, N. Mezioud dalal, « Systèmes solaires hybride photovoltaïque et thermique pour le chauffage, la climatisation et l'alimentation en énergie électrique d'une maison », mémoire de master, Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem, 2020.
- [3] N.Naili, « introduction à l'utilisation de TRNSYS version 16 », Centre de Recherches et des Technologies de l'Energie.

## **CONCLUSION GENERALE**

## Conclusion Générale

---

La consommation d'énergie dans le monde augmente d'année en année et, face à cette demande croissante, il faut trouver des solutions pour en produire de plus grandes quantités, d'autant plus que les énergies fossiles sont considérées comme des énergies non renouvelables.

Selon les statistiques, le secteur résidentiel consomme un pourcentage élevé, que ce soit avant ou après la construction. Dans cette étude, nous avons étudié l'effet des ouvertures dans les façades des maisons sur la quantité d'énergie consommée pour une maison située à Alger et plus exactement à Dar El Beida.

Dans le premier chapitre nous avons présenté toutes les informations de base sur l'énergie solaire, et dans le deuxième chapitre nous avons intégré les données climatiques du site METEONORM de la ville d'Alger pour la simulation réalisée à l'aide du programme TRNSYS 16.

Nous avons commencé notre étude du chapitre trois en étudiant la température extérieure et intérieure sans chauffage et climatisation pour les différentes ouvertures choisies (26,66%, 35%, 45% et 60%). Nous avons ensuite activé le chauffage et la climatisation pour stabiliser la température intérieure pour obtenir une température de confort.

Nous avons activé le chauffage et la climatisation pour comparer la consommation énergétique de chaque ouverture et voir la différence entre elles.

Nos résultats pour les quatre ouvertures indiquent que plus la surface d'ouverture dans la façade est grande, plus la consommation énergétique de la climatisation est importante. Cela entraîne une augmentation de la température à l'intérieur du bâtiment, ce qui explique pourquoi le chauffage est moins utilisé en hiver.

Nous avons constaté que selon les résultats obtenus grâce au programme TRNSYS, même avec l'utilisation de matériaux isolants, la présence d'un grand nombre d'ouvertures dans la façade affecte négativement la température interne et la consommation d'énergie.

En résumé, les ouvertures de façade peuvent avoir un impact significatif sur la température intérieure d'un bâtiment, influençant à la fois le confort des occupants et la consommation d'énergie associée au chauffage et à la climatisation. Il est donc essentiel de concevoir et de sélectionner les ouvertures de manière à optimiser ces aspects en fonction du climat local et des besoins spécifiques du bâtiment.

En considérant d'autres perspectives, cette étude pourrait être élargie en explorant différentes options, telles que l'adoption du triple vitrage, l'expérimentation de matériaux alternatifs pour la fabrication de fenêtres et l'analyse d'autres variables telles que l'effet de l'éclairage naturel et de la ventilation.

## Résumé :

Le réchauffement climatique s'intensifie chaque année et la protection de l'environnement est devenue une priorité mondiale. Pour commencer à atténuer cette catastrophe, la réduction de la consommation énergétique mondiale sera une première étape essentielle. Cela ne se limite pas seulement à réduire notre dépendance aux énergies fossiles, mais également à améliorer l'efficacité énergétique à tous les niveaux, que ce soit dans les transports, les bâtiments, l'industrie ou d'autres secteurs.

Notre étude vise principalement à optimiser les ouvertures d'une façade d'une maison localisée à Alger, tout en examinant leur impact sur la consommation énergétique. Ce travail est réalisé à l'aide du logiciel TRNSYS, permettant ainsi de visualiser de manière précise l'effet des différentes surfaces d'ouvertures sur la consommation d'énergie de la maison.

**Mots clés :** ouvertures, énergie, thermique, température.

## Abstract:

Global warming is intensifying every year and environmental protection has become a global priority. To begin to mitigate this catastrophe, reducing global energy consumption will be an essential first step. This is not only about reducing our dependence on fossil fuels, but also about improving energy efficiency at all levels, whether in transport, buildings, industry or other sectors.

Our study mainly aims to optimize the facade openings of a house located in Algiers, while examining their impact on energy consumption. This work is carried out using TRNSYS software, thus making it possible to precisely visualize the effect of different opening surfaces on the energy consumption of the house.

**Keywords:** openings, energy, thermal, temperature.

## ملخص:

تتزايد ظاهرة الاحتباس الحراري سنة كل سنة، حيث أصبحت حماية البيئة أولوية عالمية. وللبدء في تخفيف هذه الكارثة، فإن الحد من استهلاك الطاقة العالمي سيكون خطوة أولى أساسية. ولا يقتصر الأمر على تقليل اعتمادنا على الوقود الأحفوري فحسب، بل يتعلق أيضًا بتحسين كفاءة استخدام الطاقة على جميع المستويات، سواء في النقل أو المباني أو الصناعة أو غيرها من القطاعات.

تهدف دراستنا بشكل رئيسي إلى تحسين فتحات واجهة منزل يقع في الجزائر العاصمة، مع دراسة تأثيرها على استهلاك الطاقة. يتم تنفيذ هذا العمل باستخدام برنامج TRNSYS، مما يجعل من الممكن تصور تأثير مساحات الفتحة المختلفة على استهلاك الطاقة في المنزل.

**الكلمات المفتاحية:** الفتحات، الطاقة، الحرارية، درجة الحرارة.