



**Faculté des Sciences et des Sciences Appliquées**

**Département de Génie Mécanique**

N° d'ordre :...../Master/2024

Série :...../GM/2024

**Projet de fin d'étude**

Présenté pour obtenir le diplôme de Master

En Génie Mécanique

OPTION :

**Energétique**

**Etude et Simulation de la Climatisation d'un supermarché sous  
TRNSYS**

Par : **IDER MAISSA**

Devant le jury composé de :

Président : M. M. MOUSSAOUI

MCA

Université Bouira

Rapporteur : M. B. MAHFOUD

Prof

Université Bouira

Examineur :

M. T. MESSAI

MAA

Université Bouira

# *Dédicace*

*A mes parents qui m'ont aidé et soutenu  
Tout au long de mes études*

*A mes frères*

*A mes sœurs*

*A mes amis*

*Et à tous les gens qui me connaissent.  
Je dédie ce modeste travail*

## ***Remerciement.***

*Avant tout, je souhaite exprimer ma gratitude à Dieu, pour m'avoir donné la force et la patience nécessaires pour mener à bien ce modeste travail.*

*Je tiens à débiter ces remerciements en exprimant ma profonde reconnaissance envers Monsieur Brahim Mahfoud, maître de conférence à l'Université de Bouira, pour son encadrement et sa direction de ce travail avec une grande patience.*

*Je remercie vivement Monsieur [Nom], maître de conférences à l'Université de Bouira, pour l'honneur qu'il m'a fait de présider le jury, ainsi que pour sa contribution à ma formation.*

*Je tiens également à exprimer ma gratitude aux membres du jury, Monsieur [Nom], MA à l'Université de Bouira,  
et Monsieur [Nom], MA à l'Université de Bouira.*

*Mes remerciements s'adressent aussi à tous les enseignants du département de Génie Mécanique de l'Université de Bouira.*

## ***Table des matières***

Nomenclature.....	
Liste des figures.....	
Liste des tableaux.....	
Introduction générale.....	<b>1</b>
<b>Chapitre I : Généralités</b>	
I.1.Historique.....	<b>2</b>
I.2.Notions essentiels de la climatisation.....	<b>3</b>
I.3.La climatisation.....	<b>4</b>
I.4.Les différents systèmes de climatisation.....	<b>5</b>
I.4.1. Les systèmes à détente directe.....	<b>5</b>
I.4.2. Les systèmes à détente indirecte.....	<b>10</b>
<b>Chapitre II : Modélisation et présentation de TRNSYS</b>	
II.1. Conditions de base.....	<b>14</b>
II.2. Situation géographique.....	<b>14</b>
II.3. Zone graphique.....	<b>14</b>
II.4. Le bilan thermique.....	<b>15</b>
II.5. Le bilan d'énergie d'un supermarché.....	<b>16</b>
II.5.1. Charges internes.....	<b>16</b>
II.5.2. Charges externes.....	<b>20</b>
II.5.3. L'apport de l'air frais.....	<b>22</b>
II.6. Les charges thermiques totale.....	<b>22</b>
II.7. Logiciel TRNSYS.....	<b>23</b>
II.7.1. TRNSYS Simulation Studio.....	<b>24</b>

II.7.2. Vue sur le simulateur TRNSYS.....	25
II.7.3. TRNBUILD.....	26
Conclusion.....	

### **Chapitre III : Simulation du supermarché sous TRNSYS**

III.1. Les conditions de simulation.....	27
III.1.1. Les conditions climatiques.....	27
III.2. Simulation avec TRNSYS.....	28
III.2.1. Définitions des différents types.....	29
III.3. TRNBUILD.....	29

### **Chapitre IV : Résultats et discussions**

IV.1. Description du centre commercial.....	38
IV.1.1. Flux d'air.....	42
IV.1.2. Gains.....	42
IV.1.3. Chauffage.....	42
IV.1.4. Refroidissement.....	42
IV.2. Températures des zones thermiques.....	42
IV.3. La consommation énergétique.....	48
IV.4. L'effet de l'isolation thermique.....	62
Conclusion.....	63
Bibliographies.....	65

## *Nomenclature*

### **Symboles**

$\Delta\theta$ : différence de température entre les deux faces de la paroi	°C
$\alpha$ : coefficient d'absorption	°C
$\theta_e$ = température extérieure de base	
$\theta_i$ = température intérieure de base	°C
$\omega_e$ = teneur en eau de l'air extérieur	g/kg air sec
$\omega_i$ = teneur en eau de l'air intérieur	g/kg air sec

### **Grandeurs**

### **Unités**

U : coefficient de transmission thermique de la paroi ou du vitrage	W/m² C
S : surface de la paroi ou de la fenêtre	m²
$Q_{SRm}$ : La quantité de chaleur traversant les parois	W
F : facteur de rayonnement solaire	
$R_m$ : rayonnement solaire absorbé sur la surface du mur	W/m²
$Q_{SRv}$ : La quantité de chaleur traversant le vitrage	W
g : facteur de réduction	
$R_v$ : intensité du rayonnement solaire sur les vitrages	W/m²
$Q_{Sr}$ : Gains sensibles par renouvellement d'air	W
$Q_{Lr}$ : Gains latents par renouvellement d'air	W
$q_v$ : débit d'air extérieur de renouvellement	m³/h
$Q_{Soc}$ : Gains sensibles occupants	W
$Q_{Loc}$ : Gains latents occupants	W
n = nombre d'occupants	
$C_{Soc}$ = chaleur sensible des occupants	W
$C_{Loc}$ = chaleur latente des occupants	W
$Q_{Sec}$ : Apport de chaleur par l'éclairage	W
$Q_{Séquip}$ : Apport de chaleur par les machines et appareillages	W

P : puissance de la lampe

W

$Q_T$  : charges total

W

$Q_S$  : charges sensibles

W

$Q_L$  : charges latentes

W

## *Listes des figures*

### **Chapitre I :**

<b>Figure I.1 :</b> Climatiseur de fenêtre.....	<b>6</b>
<b>Figure I.2 :</b> Climatiseur mobile .....	<b>7</b>
<b>Figure I.3 :</b> Climatiseur monobloc.....	<b>8</b>
<b>Figure I.4 :</b> Climatiseur a élément séparé.....	<b>9</b>
<b>Figure I.5 :</b> VRV à trois tubes.....	<b>9</b>
<b>Figure I.6 :</b> VRV à deux tubes.....	<b>10</b>
<b>Figure I.7 :</b> Ventilo-convecteur.....	<b>11</b>
<b>Figure I.8 :</b> Pompe à chaleur sur boucle d'eau.....	<b>12</b>

### **Chapitre II :**

<b>Figure II.1 :</b> TRNSYS Simulation Studio.....	<b>24</b>
<b>Figure II.2 :</b> Espace de travail de TRNSYS.....	<b>25</b>
<b>Figure II.3 :</b> Interface du logiciel TRNBUILD.....	<b>26</b>

### **Chapitre III :**

<b>Figure III.1 :</b> Représente la variation de la température mensuelle de Dar el Beida.....	<b>27</b>
<b>Figure III.2 :</b> Représente la variation de la température journalière de Dar el Beida.....	<b>28</b>
<b>Figure III.3 :</b> Représente la variation de précipitations de Dar el Beida.....	<b>28</b>
<b>Figure III.4 :</b> Représente le schéma d'installation de climatisation d'un supermarché sous TRNSYS .....	<b>29</b>
<b>Figure III.5 :</b> Projet.....	<b>30</b>
<b>Figure III.6 :</b> Propriétés .....	<b>30</b>



<b>Figure III.7 : Inputs .....</b>	<b>31</b>
<b>Figure III.8 : Programme.....</b>	<b>33</b>
<b>Figure III.9 : Mur extérieur.....</b>	<b>34</b>
<b>Figure III.10 : Mur intérieur.....</b>	<b>34</b>
<b>Figure III.11: Toiture.....</b>	<b>35</b>
<b>Figure III.12 : Plancher.....</b>	<b>35</b>
<b>Figure III.13: Fenêtres.....</b>	<b>36</b>
<b>Figure (III.14) : Infiltration.....</b>	<b>37</b>
<b>Figure III.15 : Chauffage.....</b>	<b>37</b>

## **Chapitre IV :**

<b>Figure IV.1: Vue en plan de supermarché.....</b>	<b>41</b>
<b>Figure IV.2 : La température dans la zone des produits alimentaires (Zone –A).....</b>	<b>44</b>
<b>Figure IV.3 : La température dans la zone des produits non- alimentaires (Zone –NA)...</b>	<b>45</b>
<b>Figure IV.4 : La température dans la zone de stockage (Zone –S).....</b>	<b>47</b>
<b>Figure IV.5 : Consommation énergétique (chauffage) dans la zone alimentaire (Zone-A).....</b>	<b>49</b>
<b>Figure IV.6 : Consommation énergétique (chauffage) dans la zone de Non-alimentaire (Zone-NA) .....</b>	<b>51</b>
<b>Figure IV.7 : Consommation énergétique (refroidissement) dans la zone de Stockage (Zone-S).....</b>	<b>53</b>
<b>Figure IV.8 : Évolution consommation énergétique (Chauffage, Refroidissement) mensuelles à travers toutes les zones.....</b>	<b>55</b>
<b>Figure (IV.9) : Évolution consommation énergétique (ventilation, infiltration) mensuelles à travers toutes les zones.....</b>	<b>56</b>
<b>Figure (IV.10) : Évolution consommation énergétique (Radiation, Gains) mensuelles à travers toutes les zones .....</b>	<b>57</b>
<b>Figure IV.11 : Effet de l'isolation sur la consommation énergétique (chauffage) pendant une année.....</b>	<b>62</b>

## ***Liste des tableaux***

### **Chapitre II**

**Tableau II.1** : représente du repos à l'activité légère.

**Tableau II.2** : représente activité légère à soutenue

**Tableau II.3** : représente activité forte.

**Tableau II.4** : représente les apports de chaleur des équipements

**Tableau II.5** : représente l'apport de l'éclairage.

### **Chapitre III**

**Tableau III.1** : représente les propriétés des couches

**Tableau (III.2)** : représente les gains

### **Chapitre IV**

**Tableau IV.1** : Dimensionnement de Centre commercial (supermarché)

**Tableau IV.2** : Évolution des pertes de chaleur mensuelles à travers toutes les zones en [KWH].

**Tableau IV. 3** : Évolution des pertes de chaleur mensuelles à travers la zone A [KWH].

**Tableau IV.4** : Évolution des pertes de chaleur mensuelles à travers la zone NA [KWH].

**Tableau IV.5** : Évolution des pertes de chaleur mensuelles à travers la zone de stockage [KWH].

# **Introduction Générale**

## **Introduction générale**

Ces dernières années, la simulation énergétique a ouvert de nouvelles perspectives pour les architectes souhaitant optimiser la performance énergétique des bâtiments. L'étude et la simulation des systèmes de climatisation permettent de réduire les besoins énergétiques et d'assurer un confort intérieur grâce à une température agréable et une humidité contrôlée.

Dans ce contexte, le secteur du bâtiment, reconnu pour sa forte consommation d'énergie, lance des programmes de recherche significatifs visant à réduire son impact environnemental dans le cadre d'une politique de développement durable. Les réglementations thermiques établissent des cahiers des charges pour la construction de bâtiments à haute performance énergétique. À moyen terme, la réalisation de bâtiments à énergie positive, produisant annuellement plus d'énergie qu'ils n'en consomment, devient envisageable.

Ce projet de fin d'étude vise à simuler le comportement thermique d'un supermarché composé de trois zones la zone des produits alimentaires, la zone des produits non-alimentaires et un espace de stockage, en utilisant le logiciel TRNSYS. Pour intégrer les caractéristiques d'un bâtiment multizone nécessaires à la simulation thermique, nous avons utilisé TRNBuild. Nous avons étudié le site d'implantation de la ville de Dar El Beida, qui es située au nord de l'Algérie (36.7°N 3.2°E).

Organisation du mémoire :

1. Le premier chapitre retrace l'historique de la climatisation, définit les concepts et décrit les différents systèmes de climatisation.
2. Le deuxième chapitre présente l'environnement de simulation avec le logiciel TRNSYS et les différentes équations pour le calcul des bilans thermiques.
3. Le troisième chapitre décrit la géométrie du supermarché et les conditions de simulation.
4. Le quatrième chapitre présente les résultats des différents cas étudiés, illustrés par des figures et des tableaux, suivis d'une discussion et d'une conclusion générale.

# **Chapitre I :**

# **Généralités**

# Chapitre I. Généralités

## I.1. Historique

Depuis des temps immémoriaux, l'homme a cherché à améliorer son confort et son bien-être, indépendamment de son mode de vie ou de sa civilisation. Dès la préhistoire, le chauffage n'était pas un problème pour les humains car ils avaient découvert le feu, leur permettant ainsi de migrer vers des régions plus froides pour améliorer leurs conditions de vie et de travail, le refroidissement étant longtemps resté un défi majeur.

Dès 1834, Jacob Perkins de Londres a construit la première machine de réfrigération à compression mécanique utilisant de l'éther comme réfrigérant, tandis qu'en 1859, Ferdinand Carré en France a mis au point la première installation industrielle utilisant l'ammoniac.

En 1902, Willis Carrier, un ingénieur américain, a développé un dispositif pour contrôler l'humidité afin de prévenir les dommages sur les feuilles imprimées, marquant ainsi le début de la climatisation moderne et le positionnant comme le père de cette technologie [1]. En 1929, l'Association américaine de chauffage et de ventilation a défini le conditionnement d'air comme le processus de traitement de l'air assurant simultanément le chauffage et la ventilation.

Dans les années 1930, les travaux théoriques du chimiste belge Frédéric Swarts ont marqué un essor significatif dans l'industrie du froid, avec le développement par une société américaine du « dichlorodifluorométhane » un nouveau fluide frigorigène.

En 1950, General Motors a introduit des vitres teintées sur ses véhicules pour réduire la chaleur intérieure due au rayonnement solaire, marquant une avancée importante dans le confort thermique des automobiles. À partir de 1955, les premiers systèmes de climatisation ont fait leur apparition sur les véhicules américains comme les Chevrolet, préassemblés par Frigidaire à l'usine de Dayton (Ohio), et environ 3500 véhicules en étaient équipés dès la même année.

Dans les années 1960, les concepteurs ont réussi à combiner efficacement les systèmes de réfrigération et de chauffage, marquant une nouvelle étape dans le développement des climatisations modernes. En 1970, les constructeurs automobiles européens ont commencé à intégrer la climatisation dans leurs véhicules.

Dans les années 1980, les premiers systèmes de climatisation automatisés ont fait leur apparition sur les véhicules.

## **I.2. Notions essentielles de la climatisation**

### **a) Température :**

- **Température sèche :** C'est la mesure indiquée par un thermomètre ordinaire, à l'abri du rayonnement.
- **Température de rosée :** C'est la température à laquelle les gouttelettes d'eau commencent à se former lors d'un refroidissement à pression constante.
- **Température humide :** C'est la température mesurée par un thermomètre mouillé, à l'abri du rayonnement.

### **b) Humidité :**

- **Humidité absolue :** C'est la quantité totale d'eau contenue dans un volume donné d'air.
- **Humidité relative :** C'est la mesure de l'humidité dans l'air par rapport à la quantité maximale d'eau que l'air pourrait contenir sans précipitation.

**c) Énergie :** C'est une forme d'énergie qui peut être de divers types comme chimique, mécanique, nucléaire, etc.

**d) Enthalpie :** C'est une grandeur thermodynamique représentant la quantité d'énergie nécessaire pour modifier la température ou l'humidité de l'air.

**e) Chaleur :** C'est une forme d'énergie transférée entre deux corps. On distingue :

- **Chaleur sensible :** Quantité de chaleur échangée sans changement de phase, dans un système isolé.
- **Chaleur latente :** Quantité de chaleur nécessaire pour changer l'état physique d'une substance.

**f) Chaleur massique :** Capacité d'une substance à absorber ou à libérer de la chaleur.

**g) Volume massique :** C'est l'inverse de la masse volumique, indiquant le volume d'air humide contenant une certaine masse.

**h) Puissance :** Mesure de la quantité de chaleur qu'un dispositif comme un radiateur peut produire par seconde, exprimée en watts.

**i) Chauffage :** Action de maintenir une température spécifique dans un espace entouré d'un environnement plus froid et variable en température.

**j) Ventilation :** Processus de renouvellement de l'air pour éliminer les odeurs et fournir de l'oxygène aux occupants.

**k) Refroidissement :** Action de maintenir une température spécifique dans un espace entouré d'un environnement plus chaud et variable en température.

**l) Déshumidification :** Processus de réduction de l'humidité de l'air en le faisant passer sur une surface froide, pour maintenir un environnement sain et confortable.

**m) Humidification :** Processus d'augmentation de la quantité de vapeur d'eau dans l'air pour éviter la sensation de sécheresse.

### **I.3. La climatisation**

La climatisation englobe l'ensemble des techniques visant à maîtriser et à réguler la température, l'humidité, la qualité de l'air et sa circulation dans des espaces clos, afin de garantir le confort thermique des occupants [2].

Plus spécifiquement, le terme "climatisation" se réfère communément au processus de rafraîchissement d'un espace clos pendant la période estivale, jusqu'à atteindre la température désirée. Les principaux paramètres ajustés et contrôlés incluent :

- **Température de l'air :** Ajustement selon les saisons (refroidissement ou chauffage).
- **Niveau d'humidité de l'air :** Régulation par humidification ou déshumidification.
- **Hygiène de l'air :** Traitement par filtration de l'air soufflé ou repris.
- **Qualité de l'air intérieur :** Ventilation ou aération pour assurer une bonne qualité de l'air.

La climatisation représente un système de confort thermique particulièrement adapté lorsque la température extérieure est élevée, durant l'été et les périodes intermédiaires. Elle répond aux besoins internes des espaces, ainsi qu'aux contributions externes des utilisateurs, tels que les



salles informatiques ou de réunion. De plus, ce système assure le confort thermique en hiver en utilisant les mêmes dispositifs pour chauffer les locaux.

## **I.4. Les différents systèmes de climatisation**

Les sensations de courants d'air chauds ou froids sont souvent associées à la climatisation, résultant parfois d'une mauvaise installation de l'appareil ou d'une diffusion trop brutale de l'air soufflé. Généralement, il est possible de régler la puissance du soufflage sur plusieurs niveaux.

L'emplacement de l'unité intérieure est crucial pour éviter que les occupants ne soient perturbés par des courants d'air. En été, une climatisation efficace devrait maintenir la température ambiante à environ 5 à 6 °C en dessous de celle extérieure, tout en maintenant un taux d'humidité autour de 65 %, adapté aux conditions extérieures.

Il existe de différents systèmes et Ils sont classés selon plusieurs catégories [3].

### **I.4.1. Les systèmes à détente directe :**

La climatisation à détente directe utilise le fluide frigorigène directement comme agent caloporteur pour évacuer la chaleur vers l'extérieur. Le circuit frigorifique comprend quatre éléments essentiels à travers lesquels le fluide frigorigène passe et subit un changement d'état, fonctionnant dans un circuit fermé :

- Le compresseur : il aspire la vapeur produite par l'évaporateur à basse pression et la comprime pour la refouler vers le condenseur à haute pression.
- Le condenseur : cet échangeur thermique récupère le fluide frigorigène sous forme gazeuse du compresseur, le refroidit et le condense en liquide ou le sature en libérant de la chaleur.
- Le détendeur : situé à la sortie du condenseur et à l'entrée de l'évaporateur, il régule le débit de liquide frigorigène entrant dans l'évaporateur, déterminant ainsi la puissance du système de climatisation.
- L'évaporateur fonctionne comme un échangeur thermique entre le milieu à refroidir (air, eau) et le fluide frigorigène, en faisant passer ce dernier de l'état liquide à l'état de vapeur. Ce processus absorbe la chaleur du milieu à refroidir.

Un climatiseur à détente directe produit de l'air froid en extrayant la chaleur de l'air intérieur, le refroidissant et éventuellement en le rejetant vers l'extérieur. Sur l'évaporateur, le refroidissement de l'air provoque la formation de condensats. Il est essentiel de les évacuer, ce qui peut se faire par gravité lorsque l'évaporateur est positionné au-dessus d'un point d'évacuation. Sinon, certains climatiseurs sont équipés d'une mini-pompe de relevage pour assurer l'évacuation des condensats.

On trouve plusieurs types comme les climatiseurs de fenêtre, split-système, monoblocs, mobiles, etc.

#### **a) Les climatiseurs de fenêtres :**

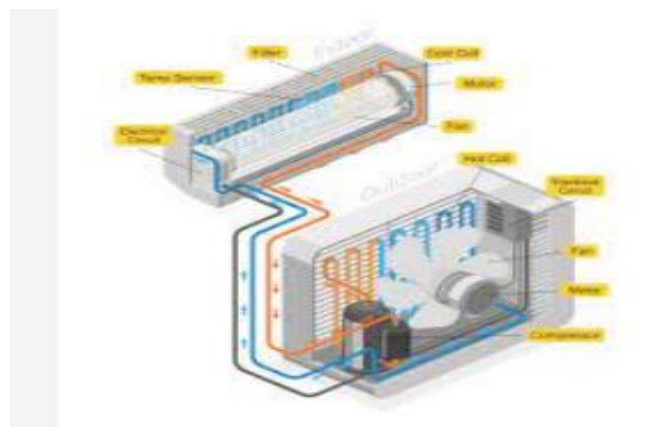
Les climatiseurs de fenêtre sont utilisés pour rafraîchir des motels ou des chambres d'appartement, offrant une installation particulièrement simple par rapport à d'autres systèmes.

##### **Avantages :**

- Ils sont économiques et s'installent rapidement et facilement.
- Les climatiseurs de fenêtre sont abordables.
- Ils consomment moins d'énergie que d'autres types de climatiseurs.

##### **Inconvénients :**

- Ils ne conviennent pas pour des espaces de grande taille.
- Ils ne permettent pas de contrôler efficacement l'humidité.
- Esthétiquement, leur apparence à l'extérieur n'est pas toujours favorable.



**Figure I.1 :** Climatiseur de fenêtre [3].

**b) Les climatiseurs mobiles**

Ces dispositifs offrent plusieurs fonctionnalités :

- Assainissement de l'air pour favoriser un environnement respirable et sain.
- Rafrâichissement de l'air.
- Déshumidification. Ils sont faciles et rapides à installer, se présentant sous forme d'un seul bloc avec une utilisation très intuitive.



**Figure I.2 :** Climatiseur mobile.

**c) les climatiseurs monoblocs**

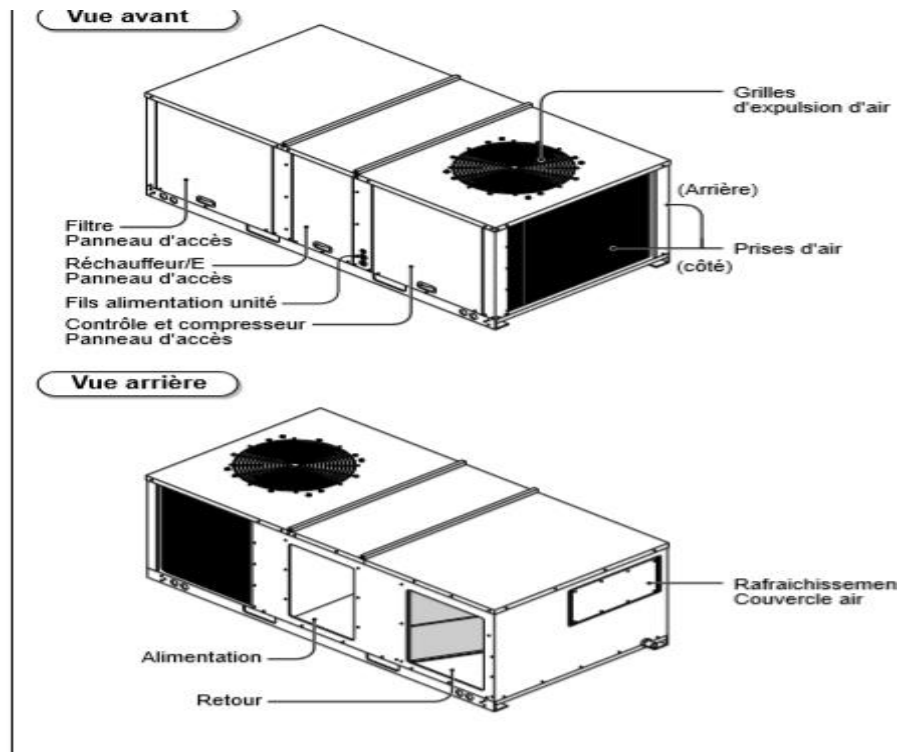
Le climatiseur monobloc est une unité unique, facile à installer généralement près d'une fenêtre.

**Avantages :**

- Installation facile.
- Purification et filtration de l'air.
- Consommation d'énergie contrôlée.
- Fonction chauffage en mi- saison.

**Inconvénients :**

- Moins adapté pour les grandes pièces.
- Niveau sonore assez élevé.



**Figure I.3 :** Climatiseur monobloc.

**d) les climatiseurs à éléments séparés**

Les climatiseurs à éléments séparés se distinguent par leur conception où l'unité de condensation est distincte de l'unité d'évaporation. L'évaporateur est installé à l'intérieur de l'espace à climatiser, tandis que le compresseur et le condenseur sont placés à l'extérieur. Cette configuration offre l'avantage de réduire considérablement le niveau sonore généré.

Les deux unités (intérieure et extérieure) sont reliées par des liaisons frigorifiques, permettant la circulation du fluide frigorigène. Les unités terminales peuvent varier et inclure :

- Consoles
- Unités murales
- Cassettes à une, deux ou même quatre voies
- Systèmes gainables

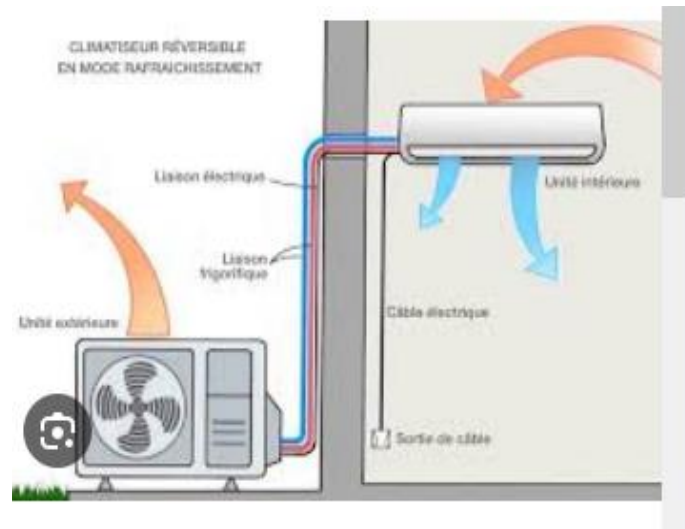


Figure I.4 : Climatiseur à élément séparé.

#### e) Le système VRV

Le système VRV (Volume Réfrigérant Variable) ou DRV (Débit Réfrigérant Variable) avec récupération d'énergie est un système de climatisation utilisant une détente directe. Une unité extérieure est capable de desservir plusieurs unités intérieures à travers des tubes frigorifiques. Ce type de climatisation est couramment installé dans les hôtels, bureaux et grandes résidences. Chaque système comprend une unité extérieure et peut desservir jusqu'à 25 à 30 unités intérieures.

- Le VRV à récupération d'énergie trois tubes :

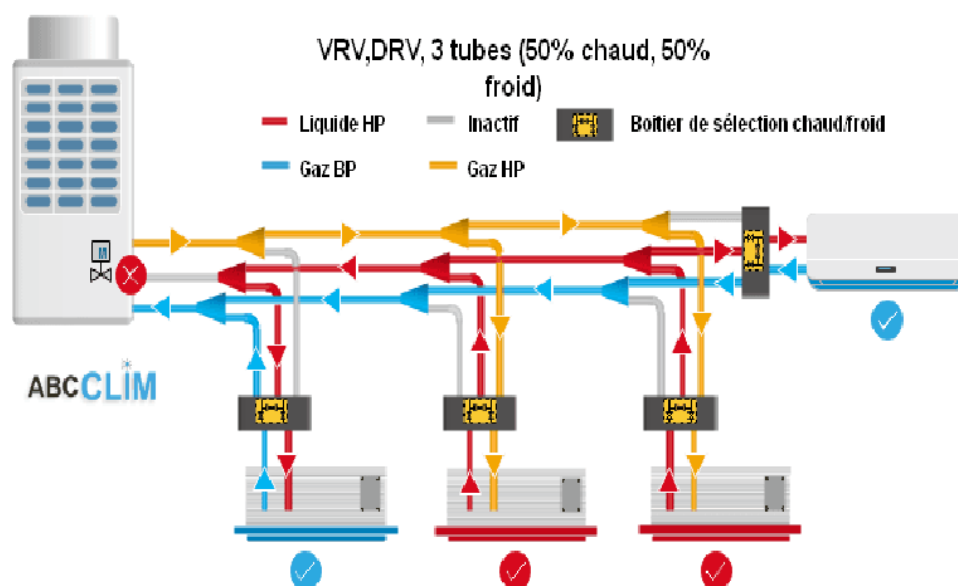


Figure I.5 : VRV à trois tubes [4].

- Le VRV à récupération d'énergie à deux tubes :

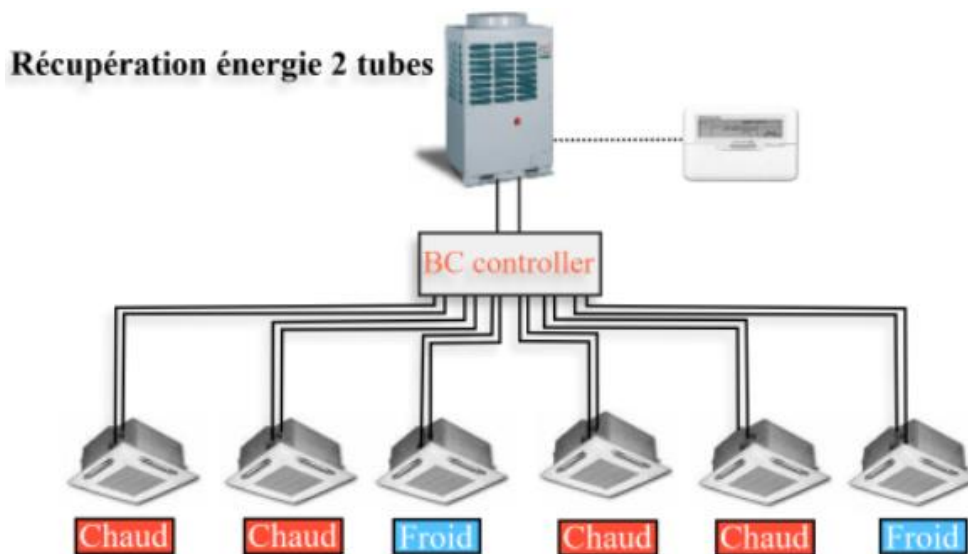


Figure I.6 : VRV à deux tubes [4].

#### I.4.2. Les systèmes à détente indirecte

##### ❖ Système air-air

Le système air-air fonctionne selon le principe de l'aérothermie. Il extrait l'énergie de l'air extérieur pour la convertir en chaleur. Cette technologie permet de chauffer une habitation tout en réalisant des économies d'énergie significatives, ce qui contribue à réduire la facture de chauffage. En moyenne, elle produit environ 3 kWh de chaleur pour chaque 1 kWh d'électricité consommé.

Concrètement, la pompe à chaleur air-air comprend un ventilateur extérieur qui commence par mettre l'air en mouvement. Cet air chargé d'énergie entre ensuite en contact avec un fluide frigorigène pour générer du gaz. Sous l'effet d'un compresseur, ce gaz est comprimé, augmentant ainsi sa température. Enfin, des ventilo-convecteurs installés à l'intérieur diffusent l'air chaud ainsi produit.

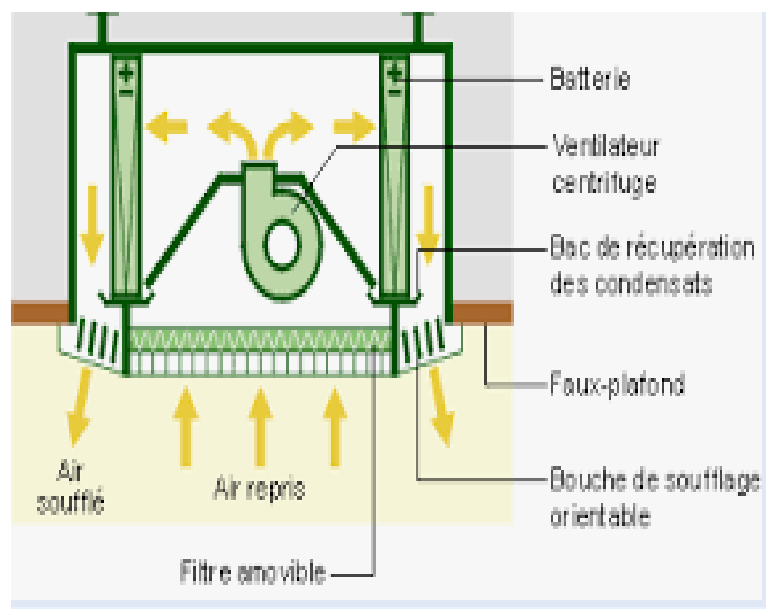
##### ❖ Les systèmes tout-eau

Les systèmes tout-eau utilisent des ventilo-convecteurs (à 2, 3 ou 4 tuyaux) installés dans les locaux, équipés d'une ou deux batteries (chaudes ou froides). Ces systèmes mélangent l'air neuf (venant de l'extérieur) avec l'air recyclé (de l'intérieur), le filtrant et le chauffant en hiver, ou le refroidissant en été, avant de le diffuser par pulsion.

### ❖ Les ventilo-convecteurs

Les ventilo-convecteurs, également connus sous le nom d'unités terminales, sont des blocs de ventilation essentiels pour le confort thermique toute l'année, grâce à leur capacité réversible à fournir à la fois chaleur et fraîcheur. Ils ont :

- Une batterie à eau glacée
- Une prise d'air
- Un système de soufflage d'air
- Un filtre à air
- Un ventilateur



**Figure I.7 :** Ventilo-convecteur.

### ❖ Les systèmes de pompes à chaleur sur boucle d'eau

Les systèmes de pompes à chaleur sur boucle d'eau représentent une solution optimale pour les grands complexes comme les bureaux, les hôtels et les galeries commerciales, soumis à des variations climatiques importantes au cours de la journée en raison de l'exposition au soleil.

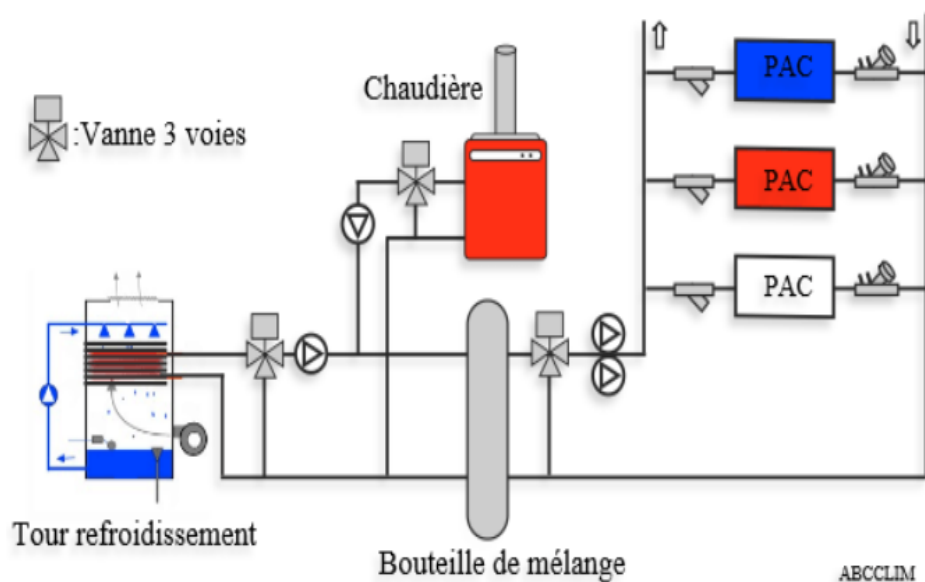
Ce système de climatisation décentralisé utilise une boucle d'eau en circuit fermé, où l'eau circule maintenue à une température comprise entre 18°C et 40°C, conforme à la plage de

fonctionnement des pompes à chaleur. En mode refroidissement, les pompes à chaleur réchauffent cette boucle d'eau, tandis qu'en mode chauffage, elles la refroidissent. Lorsque les limites de température (14°C, 40°C) sont atteintes, l'eau est soit chauffée (par une chaudière, une résistance, ou une PAC), soit refroidie (par un aéroréfrigérant ou une tour de refroidissement) [5].

Ce système est particulièrement avantageux pendant la demi-saison, lorsque les locaux nécessitent à la fois du chauffage et de la climatisation. Cela permet un transfert d'énergie entre les espaces, minimisant ainsi le fonctionnement requis de la chaudière ou de la tour de refroidissement.

**Avantage :**

- Installation rapide et flexible
- Régulation indépendante
- Facturation basée sur la consommation individuelle (compteurs d'énergie)
- Personnalisation du confort
- Économies d'énergie pendant la demi-saison.



**Figure I.8 :** Pompe à chaleur sur boucle d'eau [4].



### ❖ **Système MTA (Module de Traitement d’Air)**

Le système MTA (Module de Traitement d’Air) est installé dans un local technique par étage. L'air est aspiré dans le local par un diffuseur linéaire et dirigé à travers une gaine souple vers le MTA, où il subit les étapes suivantes [4]:

- Filtration, chauffage (via une batterie à eau chaude) ou refroidissement (via une batterie à eau glacée).
- Mélange avec de l'air neuf hygiénique préalablement traité pour l'ensemble des locaux par une centrale de traitement d'air.
- Distribution par un ventilateur centrifuge et acheminement à travers une gaine souple jusqu'au diffuseur linéaire pour le soufflage et la reprise.

Ces modules de traitement d’air sont principalement utilisés dans les constructions neuves des immeubles tertiaires pour assurer une climatisation individuelle par local.

Ces systèmes utilisent des pompes à chaleur, sujet que nous aborderons dans la prochaine étape.

# **Chapitre II : Modélisation et présentation de TRNSYS**

## **Chapitre II. Modélisation et présentation de TRNSYS**

Avant de commencer tout projet de climatisation pour un bâtiment, il est essentiel de réaliser une étude thermique détaillée. Cette étape permet de déterminer avec précision la quantité d'énergie nécessaire pour chauffer ou refroidir chaque espace. Dans ce chapitre, nous examinerons les équations employées et nous introduirons le logiciel "TRNSYS" utilisé pour simuler ce projet.

### **II.1. Conditions de base**

Les conditions de base jouent un rôle crucial dans le bilan thermique de l'installation de climatisation, car elles déterminent la différence de température et d'humidité absolue entre l'air extérieur et l'air intérieur. Selon la saison et l'environnement, nous distinguons les deux types de conditions suivants :

- Conditions extérieures de base (été et hiver).
- Conditions intérieures de base (été et hiver).

### **II.2. Situation géographique**

Pour initier l'étude d'un projet de climatisation, il est essentiel de recueillir toutes les informations relatives à la situation géographique du site, notamment :

- La Commune
- La wilaya
- L'altitude par rapport au niveau de la mer
- La latitude de la région où le projet est implanté
- La longitude
- L'orientation

### **II.3. Zone climatique**

Pour déterminer la zone climatique à prendre en compte pour le projet de climatisation du bâtiment, nous nous référons à la classification thermique (hivernale et estivale) des communes d'Algérie, comme précisé dans l'annexe A.

## **II.4. Le bilan thermique**

Le calcul du bilan thermique estival varie selon plusieurs facteurs : la construction du bâtiment, son orientation, l'équipement intérieur et son utilisation. Contrairement au calcul du bilan thermique hivernal, qui suppose un régime stationnaire, le bilan thermique estival nécessite de considérer des conditions variables en raison des fluctuations constantes de l'ensoleillement et de la température extérieure au fil du temps. De plus, il faut prendre en compte l'inertie thermique des parois, qui entraîne un décalage dans le temps des pics de différents gains thermiques. Les gains de chaleur instantanés d'un espace incluent ceux dus à l'insolation solaire, à l'éclairage, à la présence des occupants, aux appareils électriques, ainsi qu'à la transmission à travers les parois et les vitrages.

Ces méthodes de calcul s'appliquent à divers types de locaux :

- Résidentiels,
- D'hébergement collectif (chambres, dortoirs, etc.),
- Bureaux,
- Locaux artisanaux
- Établissements de restauration (cafés, restaurants, cantines),
- Salles de classe et d'études,
- Salles de réunion et lieux de culte,
- Magasins et supermarchés,
- Établissements de restauration (cafés, restaurants, cantines),
- Locaux artisanaux

Ces catégories représentent les différents environnements où les calculs de bilan thermique sont essentiels pour garantir le confort thermique et optimiser la gestion énergétique.

Pour réaliser un bilan thermique, il est essentiel de considérer les éléments suivants :

- Usage des locaux
- Dimensions des locaux
- Matériaux de construction : composition et épaisseur des murs et couleur des murs extérieurs.
- Conditions de base intérieures et extérieures
- Nombre d'occupants et durée d'occupation
- Durée de fonctionnement des équipements ;
- Type et puissance de l'éclairage installé
- Emplacement de l'équipement et réseau de distribution d'air et d'eau
- Orientation de l'immeuble par rapport aux points cardinaux et aux vents dominants
- Influence des immeubles voisins générant de l'ombre

## **II.5. Le bilan d'énergie d'un supermarché**

### **II.5.1. Charges internes**

#### **II.5.1.1. L'apport des occupants**

L'occupant contribue à deux formes de chaleur : sensible et latente, mesurées en watts (W). La chaleur sensible provient de la chaleur émise par le corps humain à 37 degrés Celsius[6].

$$Q_{Soc} = n * C_{Soc} \quad (II.1)$$

La chaleur latente : provient de la production de vapeur d'eau due à la transpiration et à la respiration.

$$Q_{Loc} = n * C_{Loc} \quad (II.2)$$

Avec :

"n" : représente le nombre de personnes.

"CLoc" : indique la chaleur latente produite par les personnes en (Watt).

"QSoc" : désigne la chaleur sensible apportée par les personnes en (Watt).

**Tableau II.1** : représente du repos à l'activité légère.

Températures ambiantes « °C »	Chaleur totale « W »	Chaleur sensible « W »	Chaleur latente « W »
18°C	125	100	25
22°C	120	90	30
24°C	115	75	40
26°C	115	70	45

**Tableau II.2** : représente activité légère à soutenue.

Températures ambiante « °C »	Chaleur totale « W »	Chaleur sensible « W »	Chaleur latente « W »
18°C	190	125	65
22°C	190	105	85
24°C	190	95	95
26°C	190	85	105

**Tableau II.3** : représente activité forte.

Températures ambiante « °C »	Chaleur totale « W »	Chaleur sensible « W »	Chaleur latente « W »
18°C	270	155	115
22°C	270	120	150
24°C	270	110	160
26°C	270	95	175

#### II.5.1.2. L'apport des équipements d'usage

La plupart des équipements génèrent à la fois de la chaleur latente et sensible. Les tableaux ci-dessus présentent les apports de chaleur des équipements (QS<sub>équip</sub>), basés sur les données fournies par plusieurs fabricants [7].

**Tableau II.4 :** représente les apports de chaleur des équipements.

Type d'appareil	Puissance nominale en Watt	Gain à admettre en Watt	
		Chaleur sensible	Chaleur latente
Chauffe d'eau	146	116	29
Aspirateur	200	50	
Réfrigérateur	65	100	
Congélateur	175	500	
Téléviseur	175	175	0
Stérilisateur	150	175	325
Ordinateur	400	250	0
Imprimante laser		15	

### II.5.1.3. L'apport de l'éclairage

Divers types d'éclairage (lampes) sont utilisés pour différentes zones. Les lampes incandescentes, qui produisent une chaleur sensible, se caractérisent comme suit :

Pour les lampes incandescentes ordinaires :  $Q_{\text{Secl}} = 1,25 P \text{ (W)}$ . (II.3)

Pour les lampes incandescentes avec une autre configuration :  $Q_{\text{Secl}} = P \text{ (W)}$ . (II.4)

Où P représente la puissance de la lampe.

**Tableau II.5 :** représente l'apport de l'éclairage.

Désignation du local Ou genre d'activité	Intensité lumineuse recommandée (lux)	Puissance dégagée des lampes ou des tubes (w/m <sup>2</sup> )	
		lampes à incandescence	lampes fluorescentes
Entrepôt, pièces d'habitation, théâtre	120	25	8
Bureaux, salle de cours	250	55	16
Salles de lecture, laboratoires, magasins	500	110	32
Montages fins, ateliers, supermarchés	750	170	50
Dessin industriel, grands bureaux, salles d'opération	1000	-	65
Locaux industriels montages très fins	1500	-	100

### II.5.2. Charges externes

Elle englobe tous les échanges thermiques avec l'espace extérieur, tels que les portes, les fenêtres, et les parois extérieures (murs, plafonds...), ainsi que à travers les surfaces vitrées. On peut l'exprimer avec cette relation[8]

$$Q_{Str} = \Delta\theta * S * U \quad (II.5)$$

Où :

- S représente la surface considérée, exprimée en m<sup>2</sup>.
- $\Delta\theta$  est la différence de température entre les deux surfaces de la paroi.
- U est le coefficient de transmission thermique du vitrage ou de la paroi, exprimé en W/m<sup>2</sup>°C."

#### II.5.2.1. Charges à travers les vitrages

Le flux créé par le rayonnement solaire qui pénètre à l'intérieur de l'espace clos est exprimé par  $Q_v$  :

$$Q_{SRv} = \alpha * S * R_v * g \text{ (Watt)} \quad (II.6)$$



Où :

- $\alpha$  représente le coefficient d'absorption du vitrage
- $g$  est le facteur de réduction,
- $S$  est la surface en  $m^2$ ,
- $R_v$  est l'intensité du rayonnement solaire en  $Watt/m^2$ .

L'intensité du rayonnement solaire dépend de plusieurs facteurs tels que la latitude, l'orientation de l'espace occupée, la hauteur du soleil, le type de vitrage et l'heure du jour

### **II.5.2.2. Charges au niveau des parois**

Les apports thermiques sont dus à la transmission. On distingue deux types d'apports :

- Les apports négatifs, appelés 'déperditions', se produisent durant la saison froide (hiver).
- Les apports positifs, appelés 'à pertitions', se produisent durant la saison chaude (été).

Ces apports peuvent être exprimés par la relation suivante :

$$QSR_m = F * S * R_m * \alpha \quad (II.7)$$

Où :

- $\alpha$  est le coefficient d'absorption,
- $S$  est la surface des parois en mètre carré
- $F$  représente le facteur de rayonnement solaire
- $R_m$  est le rayonnement solaire absorbé sur la surface du mur en  $Watt/m^2$ .

### **II.5.2.3. Charge facturée à travers les ouvertures**

Ces infiltrations concernent l'entrée d'air ou d'humidité dans l'espace intérieur, où les conditions de température diffèrent de celles à l'intérieur. Elles contribuent à l'apport de chaleur sensible et de chaleur latente dans l'espace à conditionner.

Pour la chaleur sensible due au renouvellement d'air :

$$Q_{Sr} = q_v * (\theta_e - \theta_i) * 0,34 \text{ (Watt)} \quad (II.8)$$

Pour la chaleur latente due au renouvellement d'air :

$$Q_{Lr} = q_v * (\omega_e - \omega_i) * 0,84 \text{ (Watt)} \quad (\text{II.9})$$

Où :

- $q_v$  est le débit d'air extérieur de renouvellement en  $\text{m}^3/\text{h}$ ,
- $\theta_e$  est la température extérieure de base en  $^{\circ}\text{C}$ ,
- $\theta_i$  est la température intérieure de base en  $^{\circ}\text{C}$ ,
- $\omega_e$  représente la quantité d'eau contenue dans l'air extérieur, exprimée en grammes par kilogramme d'air sec,"
- $\omega_i$  est la teneur en eau de l'air intérieur en  $\text{g/kg}$  d'air sec.

### **II.5.3. L'apport de l'air frais**

L'apport d'air frais est indispensable et réglementé. Lors de l'installation des systèmes de climatisation modernes, le traitement de l'air neuf est intégré dans le calcul de la puissance nécessaire. Cela est pris en considération dans[8] :

- L'évaluation énergétique,
- Et lors du choix des matériaux.

Il est essentiel non seulement d'intégrer l'apport d'air frais, mais aussi de le considérer comme une composante essentielle pour assurer l'efficacité et la performance des équipements climatiques modernes.

## **II.6. Les charges thermiques totales**

Le bilan des charges thermiques totales représente la somme des charges thermiques intérieures et extérieures. Il est plus pratique de calculer la somme des apports latents (QL) et sensibles (QS), ainsi définis :

$$Q_T = Q_S + Q_L \quad (\text{II.10})$$

- Les charges latentes totales sont influencées par la différence de quantité de vapeur d'eau entre l'air intérieur et extérieur. Elles comprennent :

$$Q_L = Q_{Lr} + Q_{Léq} + Q_{Loc} \quad (II.11)$$

• Les charges sensibles totales correspondent aux apports de chaleur sensible dans l'espace occupé, dus à la différence de température entre l'air intérieur du local et l'air extérieur. Elles incluent :

$$Q_S = Q_{Str} + Q_{Srm} + Q_{SRv} + Q_{Sec1} + Q_{Séq} + Q_{Sr} + Q_{Soc} \quad (II.12)$$

En résumé, le bilan des charges thermiques totales est calculé en combinant les charges latentes (QL) et sensibles (QS), représentant respectivement les apports de chaleur due à l'humidité et à la température différences entre l'intérieur et l'extérieur de l'espace à climatiser.

## II.7. Logiciel « TRNSYS »

Dans les années 1970, l'Université du Wisconsin a développé TRNSYS, abréviation pour "Transient System Simulation Program", dans le but d'analyser numériquement l'utilisation de l'énergie solaire pour le chauffage et l'eau chaude. TRNSYS est reconnu comme l'un des outils de recherche les plus précis et puissants grâce à ses nombreuses fonctionnalités, permettant une analyse approfondie du comportement thermique des bâtiments. TRNSYS est un logiciel développé en code FORTRAN spécialisé dans la simulation thermique dynamique des bâtiments et des systèmes transitoires. Il est utilisé pour optimiser la performance des systèmes énergétiques électriques ou thermiques, ainsi que pour modéliser divers autres systèmes dynamiques [9].

Le logiciel est structuré autour de ce qu'on appelle des "types", chacun ayant ses propres paramètres d'entrée ("inputs") et de sortie ("outputs"), permettant de connecter différents types entre eux. Les utilisateurs ont la possibilité de modifier ces composants existants ou d'en créer de nouveaux selon leurs besoins.

La simulation avec TRNSYS intègre toutes les caractéristiques d'un bâtiment ainsi que de ses systèmes de chauffage et de climatisation. Cet outil permet une étude détaillée du comportement thermique d'un bâtiment, incluant la possibilité de modifier sa forme, son orientation, etc. Cette approche est plus flexible que les expérimentations réelles, qui produisent des résultats dans des conditions identiques sur un bâtiment réel.

**Avantages :**

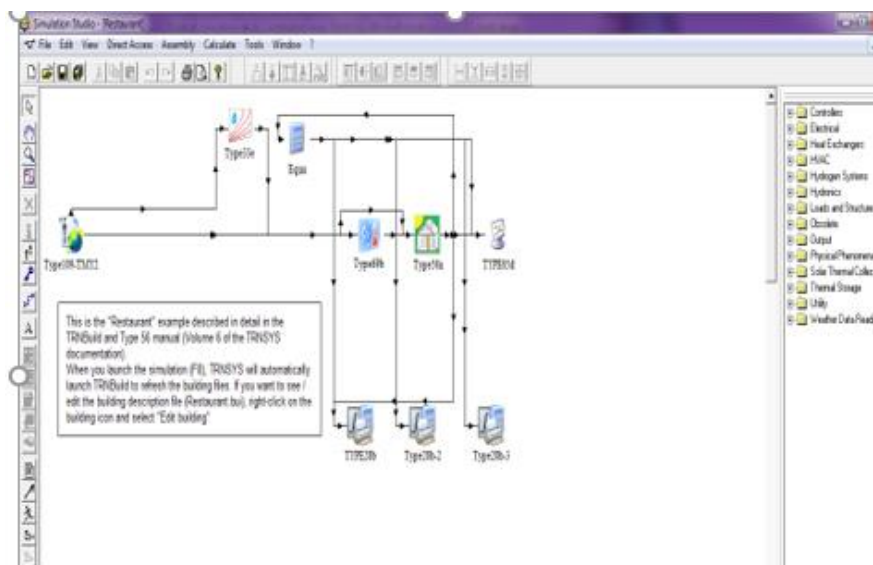
- Réduction des coûts et du temps nécessaire par rapport aux expériences réelles.
- Possibilité de créer de nouveaux composants.
- Prise en compte des conditions météorologiques et des phénomènes dynamiques et physiques.
- Flexibilité extrême pour modéliser une gamme de systèmes thermiques avec différents niveaux de complexité.
- Simulation énergétique dynamique basée sur des modèles physiques de référence.

**Inconvénients :**

- Bibliothèque limitée de composants.
- Absence de valeurs ou de systèmes par défaut ; l'utilisateur doit posséder toutes les données nécessaires pour définir le bâtiment et le système.

**II.7.1. TRNSYS Simulation Studio**

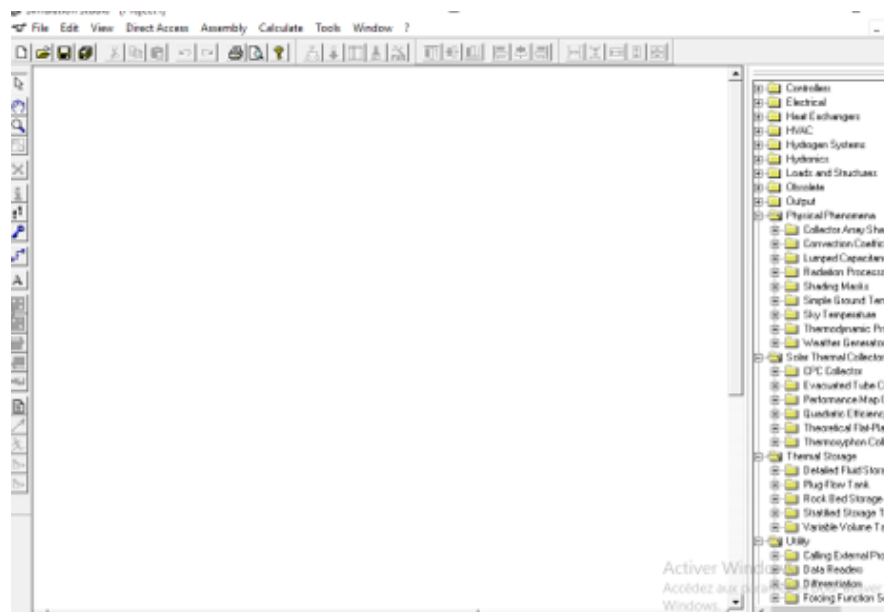
"TRNSYS Simulation Studio" est l'interface principale de TRNSYS dédiée au développement d'applications de simulation. Chaque projet de simulation implique l'identification des interactions entre un ensemble de modules sélectionnés par l'utilisateur. Ces modules se présentent sous forme de sous-programmes permettant d'introduire divers paramètres ainsi que les variables d'entrée et de sortie nécessaires à la simulation.

**Figure II.1 : TRNSYS Simulation Studio.**

### II.7.2. Vue sur le simulateur TRNSYS

Le simulateur TRNSYS repose sur le principe de la simulation dynamique, ce qui signifie qu'il prend en compte les variations temporelles. Il se structure autour d'un espace de travail avec des barres d'outils et une bibliothèque de modèles représentés sous forme d'icônes.

Ces icônes sont placées à l'intérieur des fichiers dans l'onglet Library pour être insérées dans l'espace de travail.



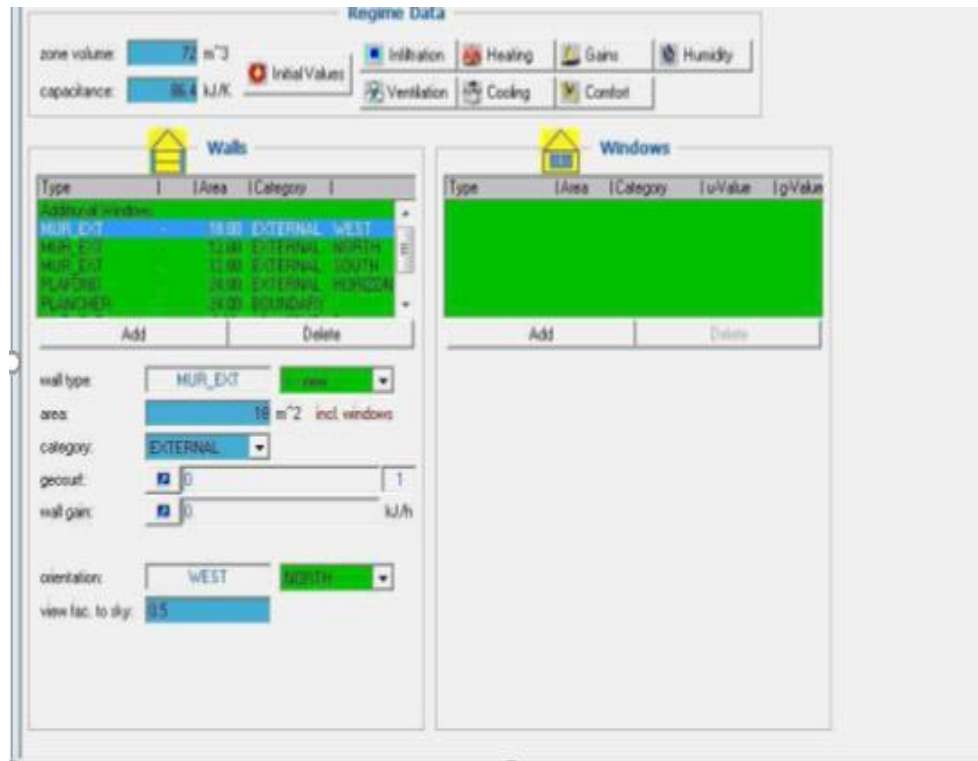
**Figure II.2 :** Espace de travail de TRNSYS

En cliquant sur l'icône d'un "type" dans TRNSYS, on peut ajuster divers paramètres tels que les coefficients de pertes dans un capteur, la puissance d'une machine, et plusieurs autres. Tous les modèles sont interconnectés par des flèches, et en double-cliquant, on peut gérer les entrées et les sorties. On trouve des outils de sortie tels que l'intégrateur, l'imprimante, et les afficheurs de graphiques. Il existe également des outils d'entrée qui permettent de lire des données à partir de fichiers, comme les fichiers météo [9] .

En cliquant sur "control cards", il est possible de gérer les paramètres de simulation, y compris le début et la fin de la simulation, ainsi que l'intervalle horaire des pas de simulation.

### II.7.3. TRNBUILD

« TRNBUILD » est un outil permettant de spécifier les propriétés nécessaires à la simulation thermique d'un bâtiment comprenant plusieurs zones distinctes. Ces caractéristiques sont intégrées dans le 'TRNSYS Simulation Studio' via le type de modèle 'type56', où l'utilisateur peut détailler les matériaux utilisés pour la construction des murs de chaque zone thermique [10].



**Figure II.3 :** Interface du logiciel TRNBUILD.

## Conclusion

« TRNSYS » est un logiciel multifonctionnel qui nécessite une compréhension approfondie pour être pleinement exploité, notamment en ce qui concerne la gestion des erreurs spécifiques à chaque utilisation. Il est recommandé d'utiliser méthodiquement le manuel d'utilisation fourni avec le logiciel pour maximiser son efficacité.

# **Chapitre III : Simulation du supermarché sous TRNSYS**

## Chapitre III. Simulation du supermarché sous TRNSYS

### III.1. Les conditions de simulations

#### III.1.1. Les conditions climatiques

La ville de dar el Beida Alger :

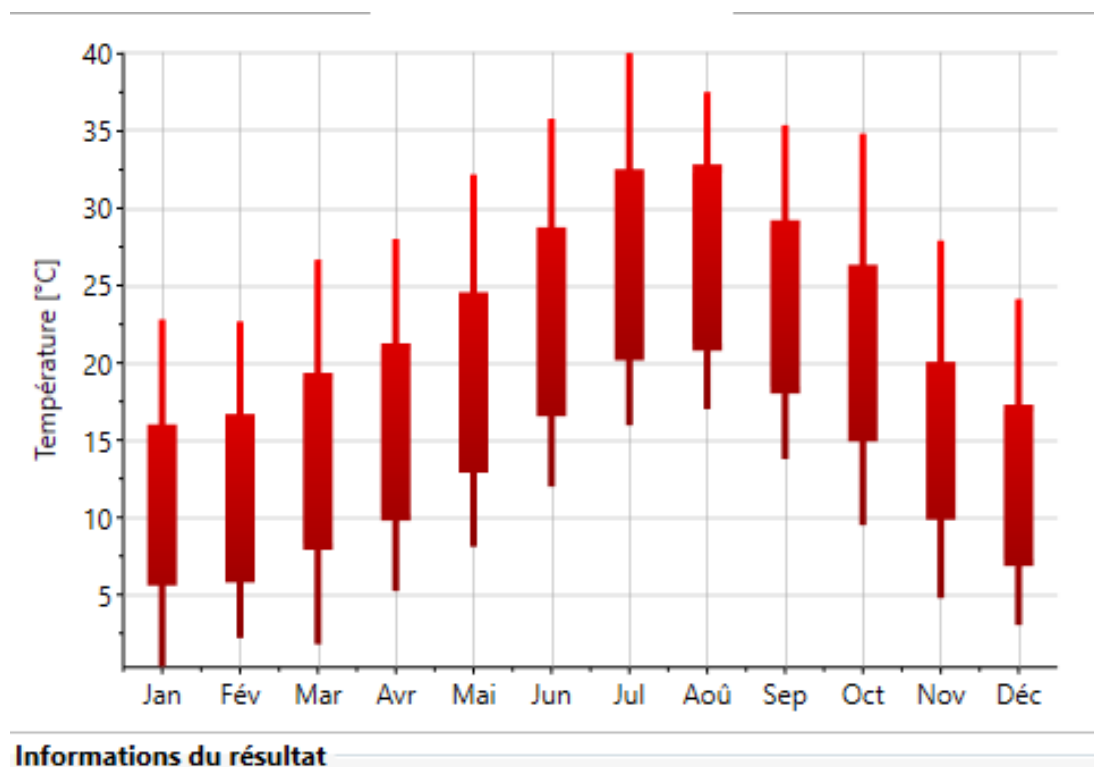
**Latitude :** 36.717N

**Longitude :** 3.25E

**Altitude :** 35m

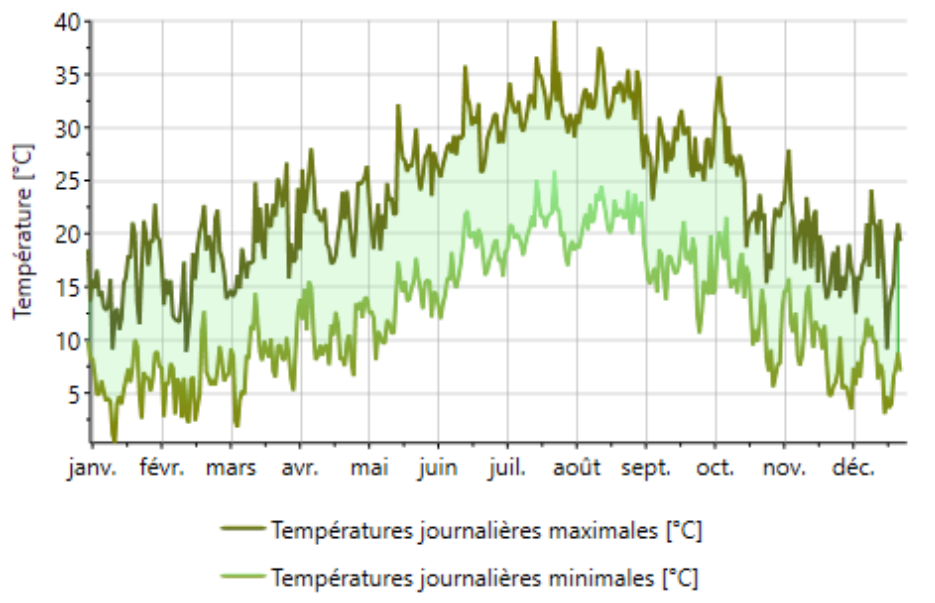
**Température maximale :** 37°C

**Humidité absolue :** 13 g/Kg

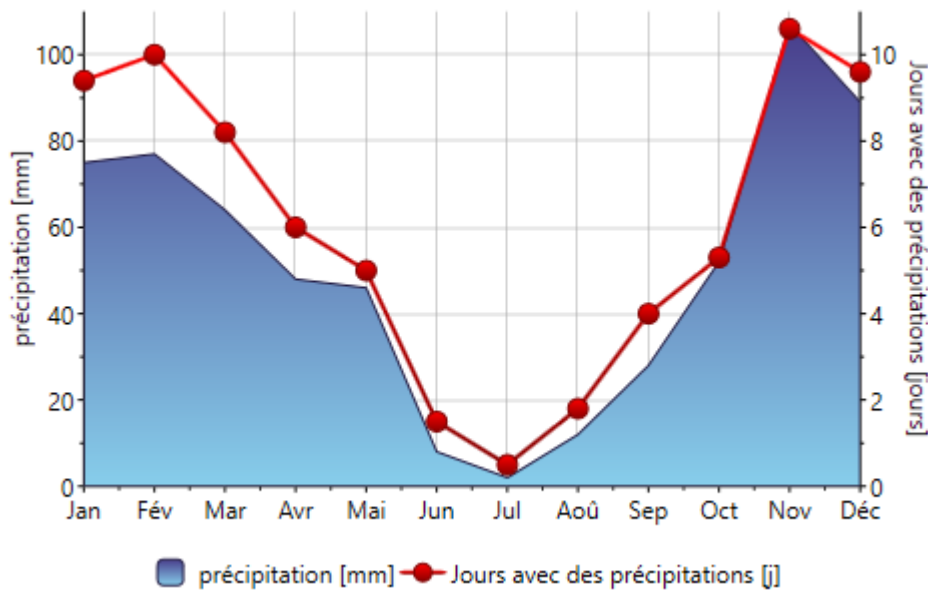


**Figure III.1 :** Représente la variation de la température mensuelle de Dar el Beida





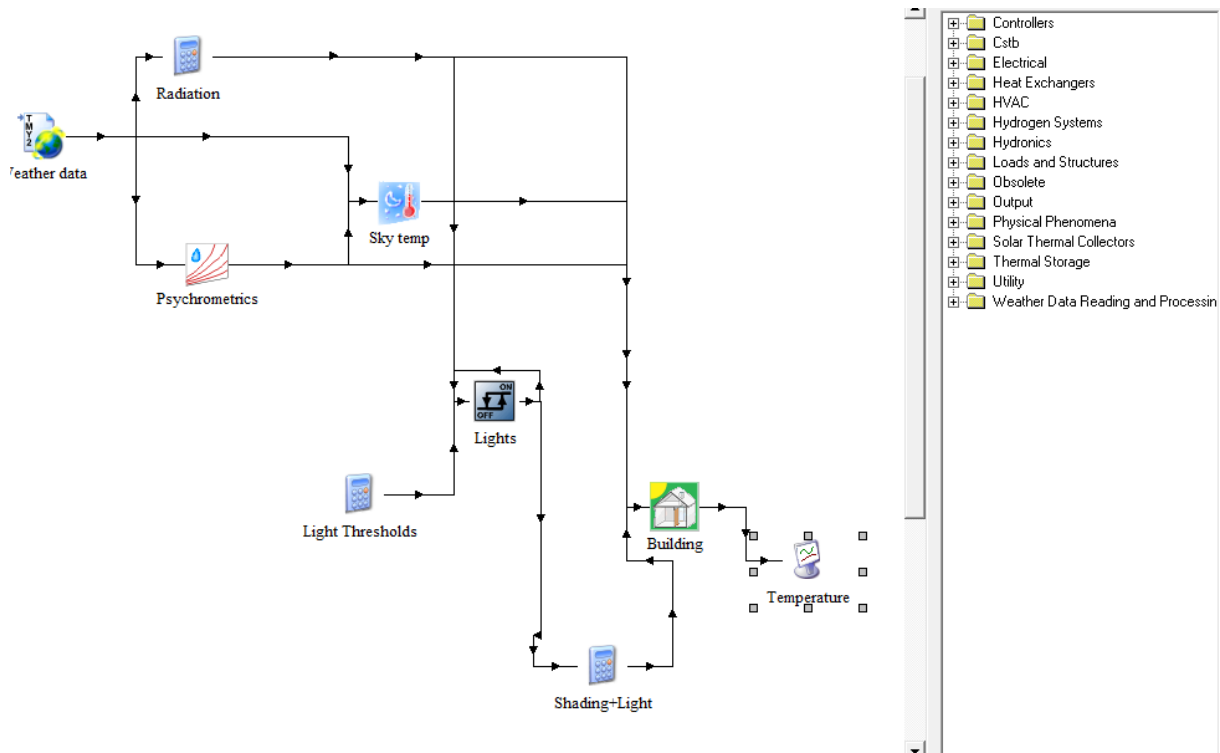
**Figure III.2 :** Représente la variation de la température journalière de Dar el Beida.



**Figure III.3 :** Représente la variation de précipitations de Dar el Beida.

## II.2. Simulation avec TRNSYS

Dans ce chapitre, on va faire la simulation de la climatisation d'un supermarché à l'aide du logiciel **TRANSYS** sous les conditions climatiques des deux villes Dar el Beida et Tamanrasset (Algérie).



**Figure III.4 :** Représente le schéma d'installation de climatisation d'un supermarché sous TRNSYS

Cette figure représente le schéma d'installation de climatisation d'un supermarché avec logiciel « **TRANSYS simulation studio** ».

### III.2.1. Définition des différents « TYPE »

Type109-TMY2 et Type33e : sont des types des données climatiques.

Equa : est un calculateur.

Type69b : est un estimateur de température de ciel.

Type56a : représente la description du local à climatiser faite à l'aide de TRNBUILD.

### III.3. TRNBuild

#### ➤ Projet

**Project**

title: SUPERMARCHE

description: TRANSYS MAIN REFERENCE MANUAL

created by: GENIE MECANIQUE

address: BOUIRA

city: BOUIRA

Comments

**Orientations**

No.	Orientation
1	NORTH
2	SOUTH
3	EAST
4	WEST
5	HORIZONTAL

NORTH  
SOUTH  
EAST  
WEST  
HORIZONTAL  
NORTHEAST  
NORTHWEST  
SOUTHEAST  
SOUTHWEST

Other

Properties Inputs Outputs

Figure III.5 : Projet.

## ➤ Propriétés

**Properties**

density of air : 1.204 kg / m<sup>3</sup>

specific heat of air: 1.012 kJ / kg K

heat of vaporization of water: 2454 kJ / kg

Stefan Boltzmann Constant: 2.041e-007 kJ / h m<sup>2</sup> K<sup>4</sup>

approx. average surface temp.: 293.15 K

**Parameters for internal calculation of heat transfer coefficients**

constant heated floor, if (T <sub>surffloor</sub> -T <sub>airfloor</sub> ) > 0	7.2 kJ / m <sup>2</sup> K
exponent heated floor, if (T <sub>surffloor</sub> -T <sub>airfloor</sub> ) > 0	0.31 -
constant cooled floor, if (T <sub>surffloor</sub> -T <sub>airfloor</sub> ) < 0	3.888 kJ / m <sup>2</sup> K
exponent cooled floor, if (T <sub>surffloor</sub> -T <sub>airfloor</sub> ) < 0	0.31 -
constant cooled ceiling, if (T <sub>surfceiling</sub> -T <sub>airceiling</sub> ) < 0	3.888 kJ / m <sup>2</sup> K
exponent cooled ceiling, if (T <sub>surfceiling</sub> -T <sub>airceiling</sub> ) < 0	0.31 -
constant heated ceiling, if (T <sub>surfceiling</sub> -T <sub>airceiling</sub> ) > 0	7.2 kJ / m <sup>2</sup> K
exponent heated ceiling, if (T <sub>surfceiling</sub> -T <sub>airceiling</sub> ) > 0	0.31 -
constant vertical surface:	5.76 kJ / m <sup>2</sup> K
exponent vertical surface	0.3 -

OK Cancel

Figure III.6 : Propriétés.

➤ Les couches

Tableau III.1 : représente les propriétés des couches.

couches	Conductivité(kJ/h.m.K)	Capacité (kJ/kg.K)	Densité (kg/m <sup>3</sup> )
<b>gypse</b>	<b>2.62</b>	<b>0.75</b>	<b>1601</b>
<b>isolation</b>	<b>0.155</b>	<b>0.75</b>	<b>32</b>
<b>stuc</b>	<b>2.49</b>	<b>0.75</b>	<b>1858</b>
<b>bois</b>	<b>0.418</b>	<b>2.25</b>	<b>592</b>
<b>béton</b>	<b>6.23</b>	<b>0.75</b>	<b>2242</b>
<b>pierre</b>	<b>5.17</b>	<b>1.5</b>	<b>881</b>
<b>Tuile d'argile</b>	<b>3</b>	<b>0.84</b>	<b>1000</b>
<b>Placoplatre</b>	<b>1.9</b>	<b>0.84</b>	<b>1200</b>
<b>toiture</b>	<b>2.5</b>	<b>1</b>	<b>2100</b>

➤ Inputs

Inputs HOUTSIDE

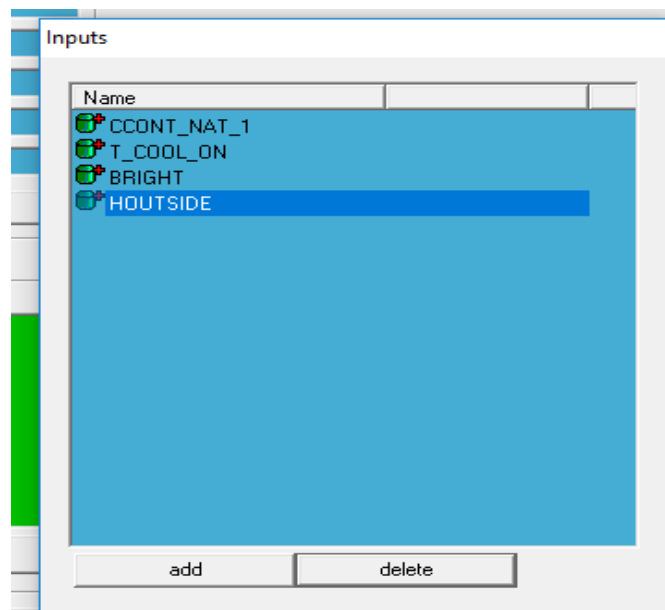


Figure III.7 : Inputs.

➤ Programme

CF MANIAI

Schedule Type Managerxxx

schedule type: **WORKDAY**

☒ daily ☐ weekly

**Daily**

From	Until	Value
00:00	08:00	0.00
08:00	18:00	1.00
18:00	24:00	0.00
24:00	24:00	0.00
24:00	24:00	0.00
24:00	24:00	0.00
24:00	24:00	0.00

Add Delete

from until value

h: 24 24 0

min: 0 0

OK Cancel

R D C N

CF MANIAI

Schedule Type Managerxxx

schedule type: **WEEKEND**

☐ daily ☒ weekly

**Daily**

From	Until	Value
00:00	01:00	0.00
01:00	03:00	0.00
03:00	05:00	0.00
05:00	09:00	0.00
09:00	11:00	0.00
11:00	24:00	0.00
24:00	24:00	0.00

Add Delete

from until value

h: 0 1 0

min: 0 0

OK Cancel

R D C N

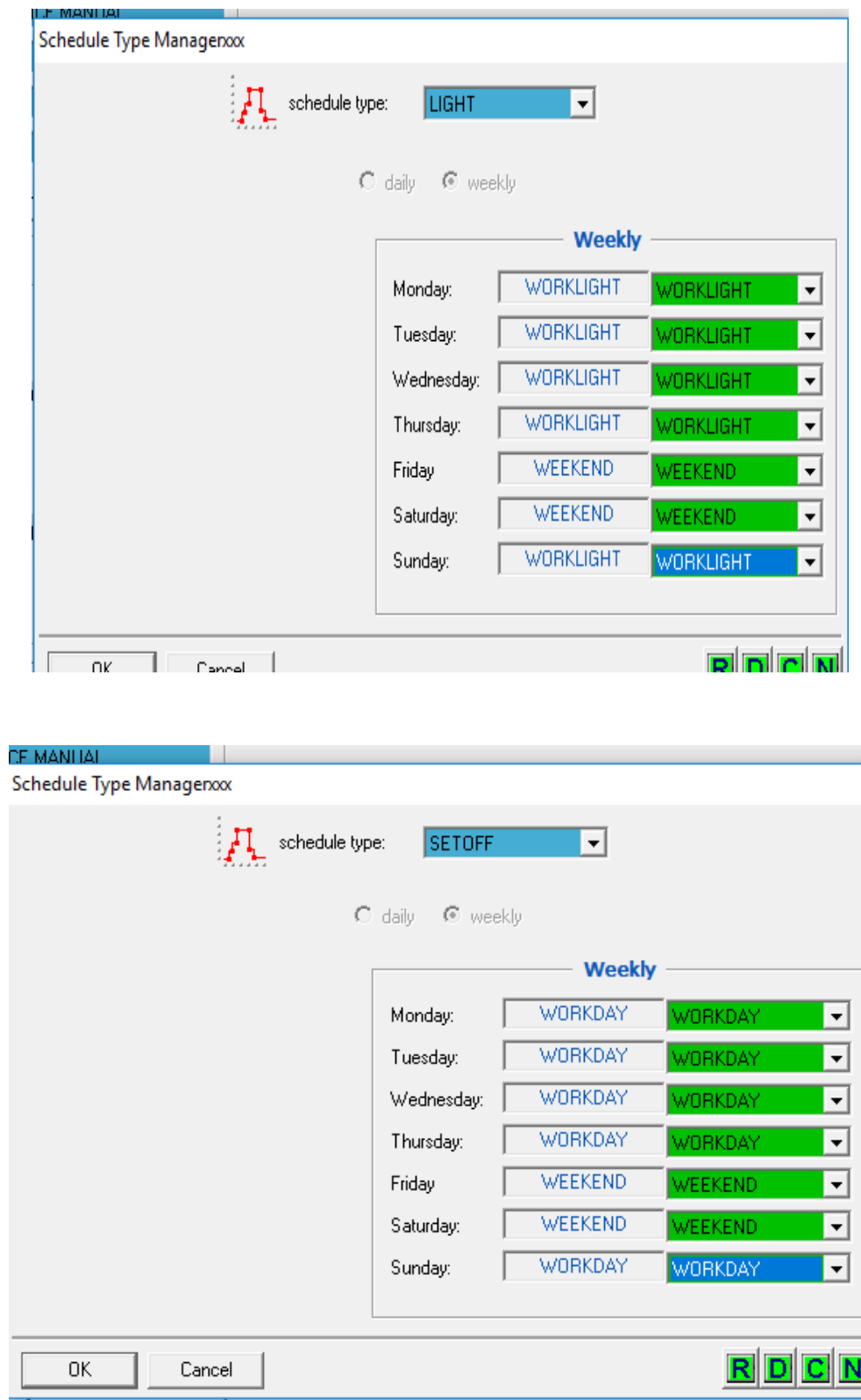


Figure III.8 : Programme.

## ➤ Murs

### Murs extérieurs

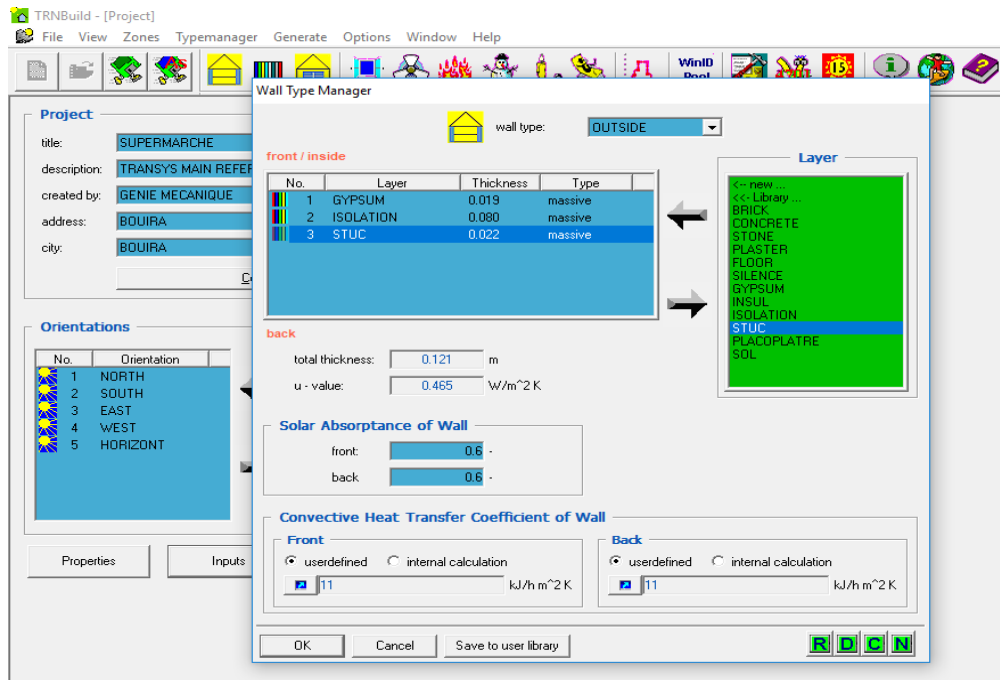


Figure III.9 : Mur extérieur

### Murs intérieurs

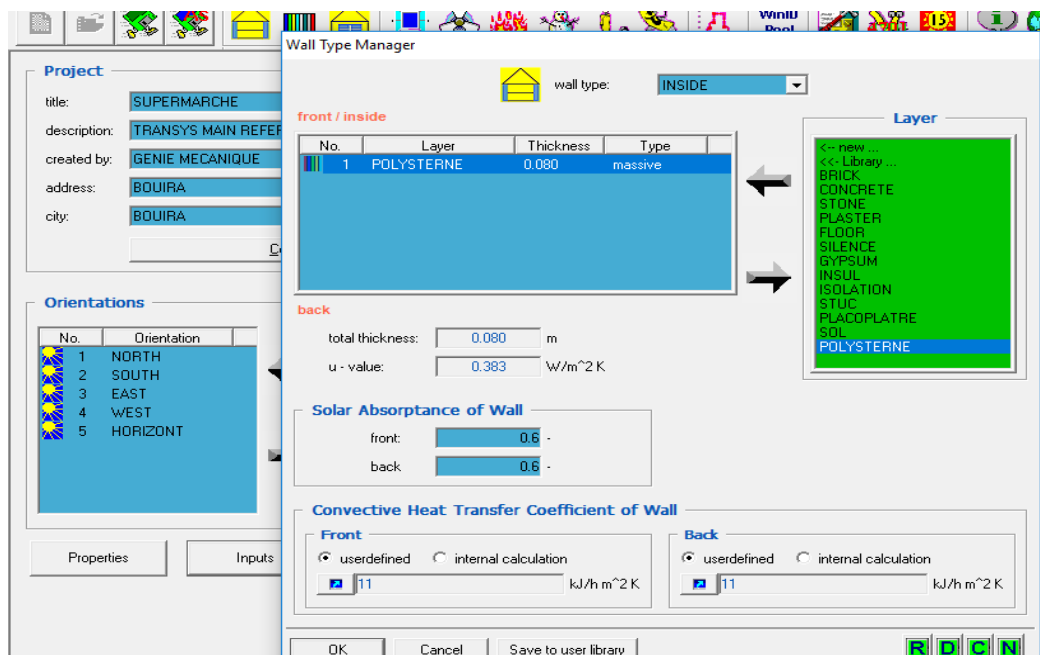


Figure III.10 : Mur intérieur.

## Toiture

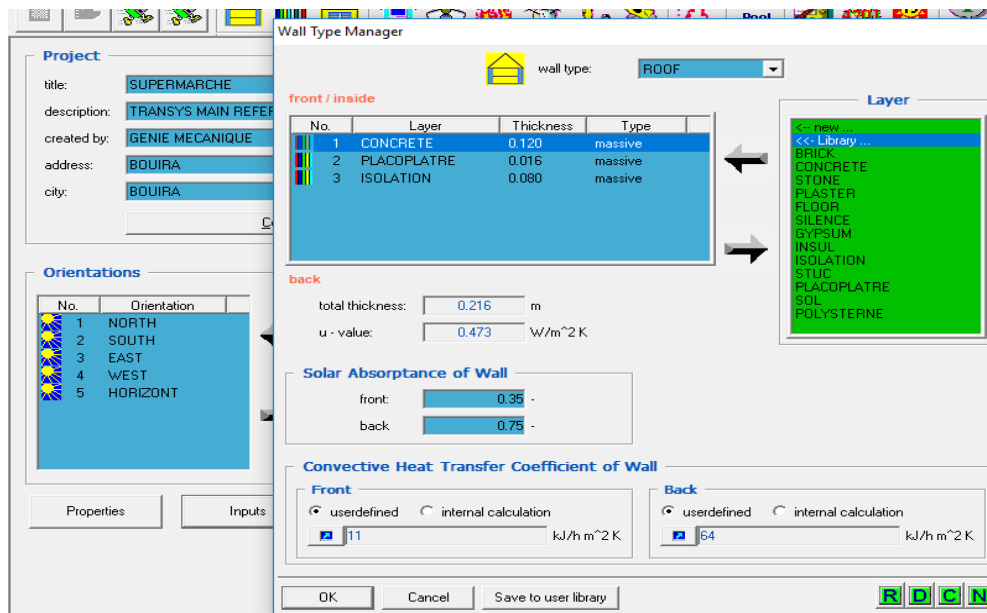


Figure III.11: Toiture

## Plancher

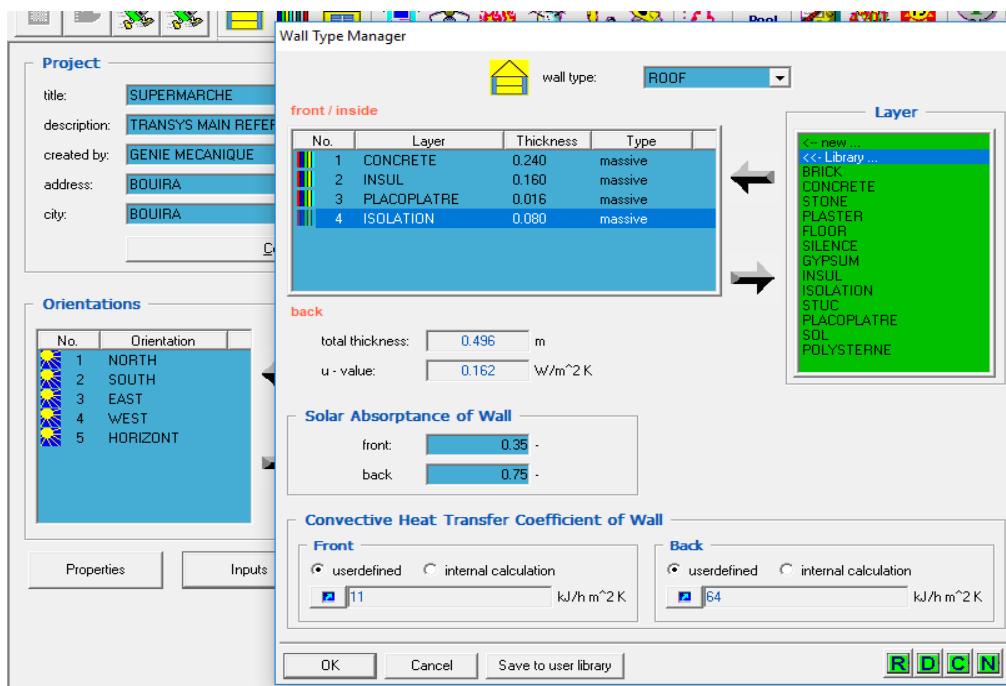


Figure III.12 : Plancher.



## ➤ Fenêtres

Window Type Manager

window type: DOUBLE

**Glazing**

ID number: 2001 WinID: Pool Lib

slope of window: 90 degree

For 1 glazing module width: 0 m height: 0 m

u - value: 1.4 W/m<sup>2</sup> K

g - value: 0.589 %/100

ID spacer: 0 Data from w4-lib.dat

**Convective Heat Transfer Coefficient of Window**

**Front (inside)**

☒ userdefined ☐ internal calculation

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

**Back (outside)**

☒ userdefined ☐ internal calculation

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

**Optional Properties of Shading Devices**

**Additional Heat Resistance**

internal device: 0 h m<sup>2</sup> K/kJ

external device: 0 h m<sup>2</sup> K/kJ

**Reflection Coefficient of Internal Device**

towards window: 0.5 % / 100

towards zone: 0.5 % / 100

**Fraction of abs. Solar Radiation to Zone Air Node (CCISHADE)**

0.5 % / 100

**Frame**

area frame/window: 0.2 % / 100

solar absorptance: 0.6

u - value (1/R): 8.17 kJ/h m<sup>2</sup> K

OK Cancel Save to user library R D C N

Figure III.13: Fenêtres.

## ➤ Infiltration

Infiltration Type Manager

infiltration type: NORTH

**Airchange of Infiltration**

0.5 1/h

OK Cancel R D C N

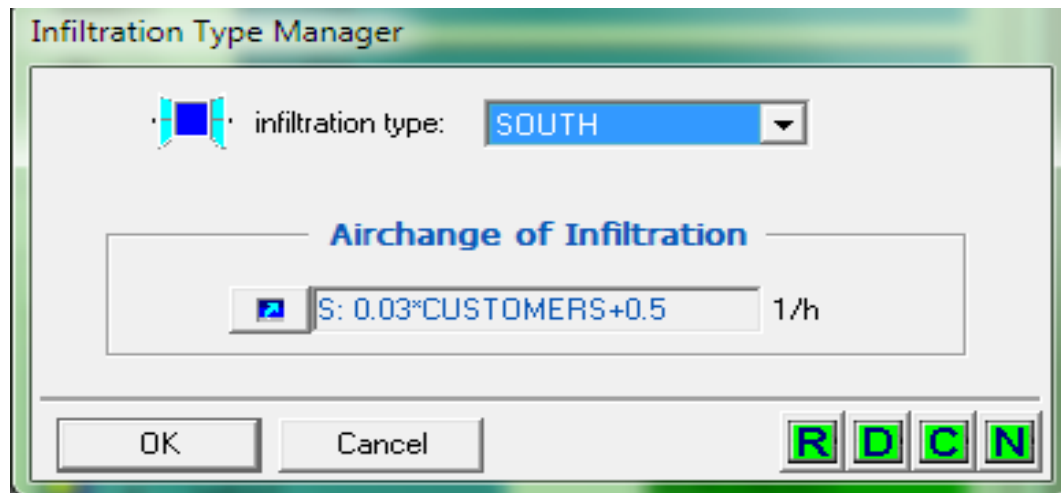


Figure (III.14) : Infiltration.

➤ Gains

Tableau (III.2) : représente les gains.

Gains	Convective	Radiative	Humidité
Gens	150	70	0.058
Lumière	300	1500	0
Congélateur	1500	0	0

➤ Chauffage

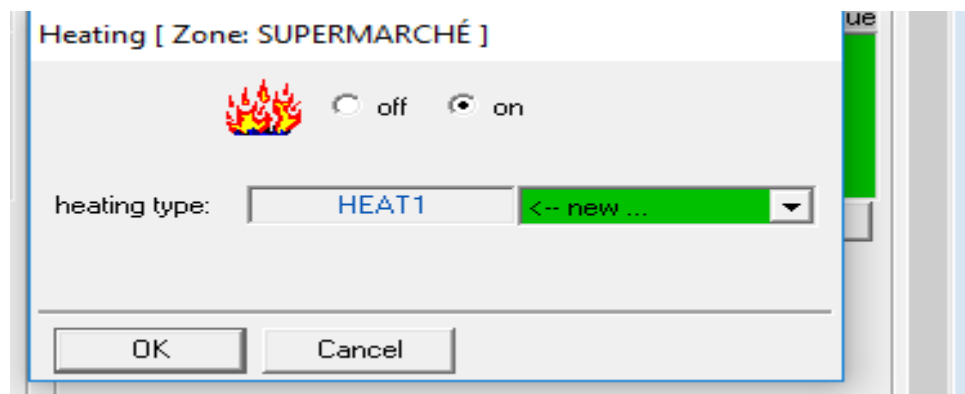


Figure III.15 : Chauffage.

# **Chapitre IV :**

## **Résultats et discussion**

## **Chapitre IV. Résultats et discussion**

Dans notre étude le logiciel TRNSYS est utilisé pour la simulation des performances des systèmes d'énergie thermique d'un centre commercial (supermarché). TRNSYS est composé de deux parties. Le premier est un moteur (appelé noyau) qui lit et traite le fichier d'entrée, résout le système de manière itérative, détermine la convergence et trace les variables du système. Le noyau fournit également des utilitaires qui (entre autres) déterminent les propriétés thermophysiques, inversent les matrices, effectuent des régressions linéaires et interpolent des fichiers de données externes. La deuxième partie de TRNSYS est une vaste bibliothèque de composants, dont chacun modélise les performances d'une partie du système. La bibliothèque standard comprend environ 150 modèles allant des pompes aux bâtiments multizones, des éoliennes aux électrolyseurs, des processeurs de données météorologiques. Les modèles sont construits de telle manière que les utilisateurs peuvent modifier les composants existants ou écrire les leurs, étendant ainsi les capacités de l'environnement.

### **IV.1. Description du centre commercial**

Le supermarché (centre commercial) est implanté à la ville de Dar El Beida, situé au Nord d'Algérie (36.7°N 3.2°E) Alger. L'ameublement est divisé en trois zones principales : la zone des produits alimentaires, la zone des produits non-alimentaires et un espace de stockage. Le plan d'étage du bâtiment est illustré à la figure (IV.1), et dimensionnement est dans le tableau (IV.1). L'entrée principale est orientée plein sud et est dotée de fenêtres à double vitrage, couvrant 50 % de la surface du bâtiment. Voici quelques informations générales supplémentaires concernant le supermarché :

1. Zone des produits alimentaires : Cette zone est dédiée aux produits frais, surgelés, conserves, boissons, et autres produits comestibles. Elle est climatisée et équipée par de réfrigération pour garantir la fraîcheur des produits.
2. Zone des produits non-alimentaires : Cette section comprend des articles tels que les produits de nettoyage, les articles de maison, les vêtements, les jouets, et autres biens de consommation. Elle est généralement située à l'opposé de la zone alimentaire pour une meilleure organisation.

3. Espace de stockage : Cet espace est crucial pour la gestion des stocks, permettant de stocker les produits avant de les réapprovisionner sur les étagères. Il est équipé de systèmes de gestion de stock modernes pour assurer une rotation efficace des produits.
4. Entrée principale : En plus de son orientation et de ses fenêtres à double vitrage, l'entrée est conçue pour accueillir un flux élevé de clients, avec des portes automatiques et un espace d'accueil spacieux.
5. Accessibilité : Le supermarché dispose d'installations pour les personnes à mobilité réduite, y compris des rampes d'accès et des ascenseurs.
6. Sécurité : Des systèmes de sécurité avancés, incluant des caméras de surveillance et des alarmes, sont installés pour garantir la sécurité des clients et des employés.

Il y a deux types de murs dans le centre commercial : des murs extérieurs et des murs intérieurs. Le sol est constitué d'une dalle de béton posée sur le sol, suivie d'une couche d'isolation et de carrelage en pierre. Les fenêtres, situées dans deux zones distinctes (Zone A et Zone N-A), sont à double vitrage.

Le toit plat présente la structure suivante, de l'intérieur vers l'extérieur : plaque de plâtre, entrefer, isolation, béton, et toiture. Le coefficient de transfert de chaleur à l'extérieur des murs extérieurs et du toit varie en fonction de la vitesse du vent. Il est important de noter que le coefficient de transfert de chaleur du plancher est réglé à une valeur très faible, car nous souhaitons que la température de surface soit égale à la température du sol.

Voici quelques détails supplémentaires en génie civil concernant la construction du centre commercial :

Les fondations sont conçues pour supporter la charge du bâtiment, en tenant compte des conditions du sol et des charges appliquées. Elles peuvent inclure des semelles isolées ou continues, des pieux, ou des radiers.

Les murs extérieurs sont construits avec des matériaux durables et isolants pour assurer une bonne efficacité énergétique et une protection contre les intempéries. Ils peuvent être en béton, en brique ou en panneaux composites.

Les murs intérieurs sont principalement en plaques de plâtre sur une structure métallique ou en béton, offrant une bonne isolation acoustique et une flexibilité pour l'aménagement intérieur.

L'isolation thermique et acoustique est intégrée dans les murs, le toit et le sol pour assurer un confort optimal à l'intérieur du bâtiment, réduisant ainsi les coûts de chauffage et de climatisation.

Un système de drainage efficace est installé pour éviter l'accumulation d'eau sur le toit et autour du bâtiment, protégeant ainsi la structure contre les infiltrations d'eau et les dommages.

Le bâtiment est équipé de systèmes de sécurité incendie, y compris des détecteurs de fumée, des gicleurs automatiques et des issues de secours bien signalées, pour garantir la sécurité des occupants.

Les fenêtres représentent 50% des murs qui servent comme des puits de lumière sont optimisés pour maximiser l'éclairage naturel, réduisant ainsi la dépendance à l'éclairage artificiel et améliorant le bien-être des occupants.

Le coefficient de transfert de chaleur varie selon les différentes parties du bâtiment : pour les murs extérieurs, il est de 0,501 W/m<sup>2</sup>K, pour les murs intérieurs, il est de 1,386 W/m<sup>2</sup>K, pour le plancher, il est de 0,497 W/m<sup>2</sup>K, et pour le toit, il est de 0,452 W/m<sup>2</sup>K.

La première étape consiste à diviser l'ensemble du centre commercial en différentes zones couplées les unes aux autres : la zone des produits alimentaires, la zone des produits non-alimentaires et la zone de stockage. Chaque zone est considérée comme une cellule distincte pour laquelle il est nécessaire de définir le volume et les surfaces des parois. Pour chaque paroi, il faut déterminer ses caractéristiques ainsi que la zone adjacente.

Ce centre commercial est composé de quatre types de murs :

1. Mur intérieur : constitué d'une couche de bois d'une épaisseur de 5,8 cm, centrée entre deux couches de gypse d'une épaisseur de 1,9 cm chacune.
2. Mur extérieur : constitué d'une couche de gypse d'une épaisseur de 1,9 cm, d'une couche d'isolation d'une épaisseur de 7,6 cm, et d'une couche de stuc d'une épaisseur de 2,5 cm.
3. Plafond : constitué d'une couche de placoplâtre d'une épaisseur de 1,6 cm, d'une couche d'isolation d'une épaisseur de 7,6 cm, d'une couche de béton d'une épaisseur de 10,2 cm, et d'une toiture de 0,6 cm.
4. Plancher : constitué d'une couche de pierre d'une épaisseur de 2,5 cm, d'une couche d'isolation d'une épaisseur de 7,6 cm, et d'une couche de béton d'une épaisseur de 10,2 cm.

Chaque paroi et chaque matériau contribuent à l'efficacité énergétique globale et au confort thermique du centre commercial

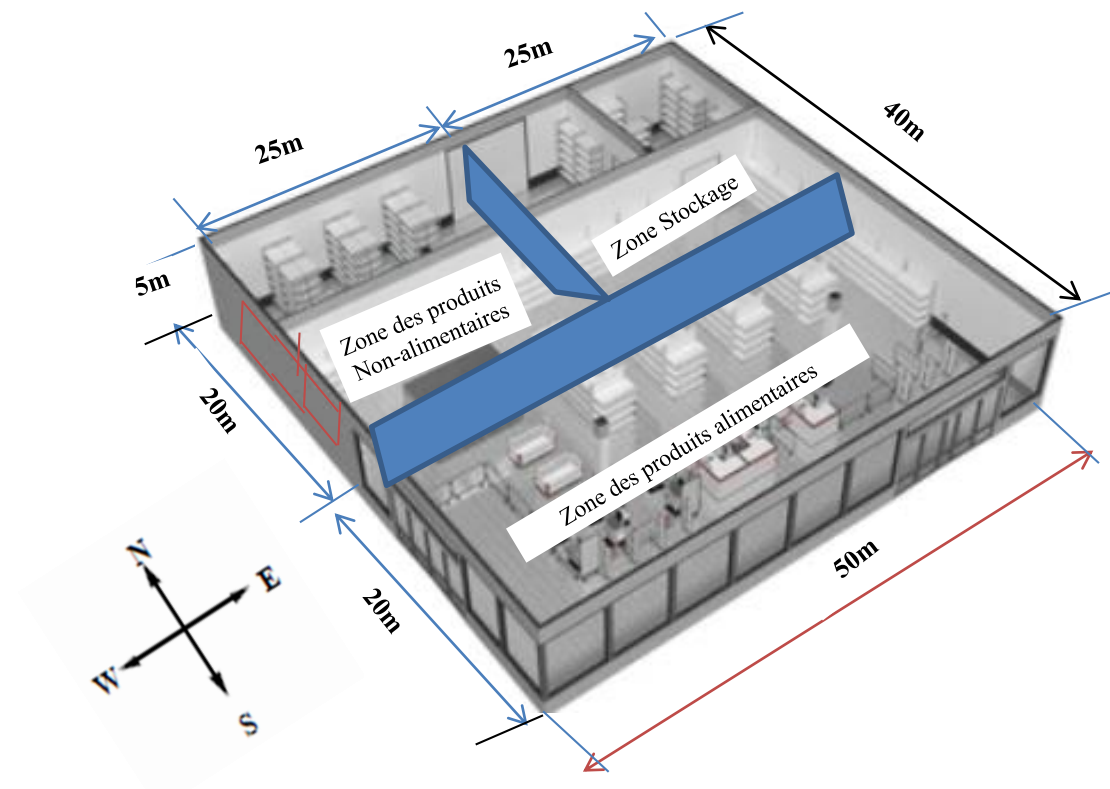


Figure IV.1: Vue en plan de supermarché

Tableau IV.1 : Dimensionnement de Centre commercial (supermarché)

	Zone de stockage	Zone des produits alimentaires	Zone des produits non-alimentaire
<b>Surface de mur extérieur 1</b>	100.m <sup>2</sup>	100.m <sup>2</sup> Fenêtres 50 m <sup>2</sup> (ORI=Est)	100.m <sup>2</sup> Fenêtres 50 m <sup>2</sup> (ORI=Nord)
<b>Surface de mur extérieur 2</b>	100 m <sup>2</sup>	250 m <sup>2</sup> Fenêtres 100 m <sup>2</sup> (ORI=SOUTH)	100 m <sup>2</sup> Fenêtres 50 m <sup>2</sup> (ORI=West)
<b>Surface de mur extérieur 3</b>		100 m <sup>2</sup> Fenêtres 50 m <sup>2</sup> (ORI=West)	
<b>Surface de mur adjasent1</b>	125m <sup>2</sup>	125m <sup>2</sup>	125m <sup>2</sup>
<b>Surface de mur adjasent2</b>	125 m <sup>2</sup>	125 m <sup>2</sup>	125 m <sup>2</sup>
<b>Plancher</b>	500 m <sup>2</sup>	500 m <sup>2</sup>	500 m <sup>2</sup>
<b>Toit</b>	500 m <sup>2</sup>	500 m <sup>2</sup>	500 m <sup>2</sup>
<b>hauteur</b>	5m	5m	5m
<b>volume</b>	2500 m <sup>3</sup>	5000 m <sup>3</sup>	2500m <sup>3</sup>
<b>États de confort</b>	Ventilation, Refroidissement	Chauffage, Climatisation	Chauffage, Climatisation

**IV.1.1. Flux d'air**

Le taux d'infiltration est fixé à un demi-renouvellement d'air par heure pendant les périodes inoccupées. Pour la zone des produits alimentaires, une infiltration supplémentaire se produit en fonction de l'afflux de clients, atteignant un maximum de 0,25 renouvellement d'air par heure. Une partie de cette infiltration supplémentaire est considérée comme provenant de zone A et se dirigeant vers Zone NA. Le couplage convectif maximal de zone A et se dirigeant vers Zone NA est de 25 kilogrammes par heure. La Zone de stockage est également ventilée pendant les heures de travail à un taux de 0,5 renouvellement d'air par heure.

**IV.1.2. Gains**

Il y a des gains provenant des personnes et des lumières à la fois dans la zone A et la Zone NA. La Zone de stockage a également des gains associés au congélateur. Les lumières sont allumées chaque fois que le bâtiment est occupé. Le planning des clients varie entre les jours de semaine et les week-ends. La salle de stockage a des gains fixes provenant d'un congélateur.

**IV.1.3. Chauffage**

La zone des produits alimentaires est maintenue à 15 degrés Celsius pendant la nuit et 20°C dans les heures d'occupation. La zone des produits non alimentaires est maintenue à 20 degrés Celsius pendant les heures d'occupation et à 15 degrés Celsius en dehors de ces heures. La zone de stockage n'est pas chauffée.

**IV.1.4. Refroidissement**

Des climatiseurs sont situés dans la zone des produits alimentaires s'active si la température dépasse 25 degrés Celsius. Une régulation permet en été, de déclencher la sur ventilation selon l'écart de température entre l'air extérieur et la moyenne des températures d'air intérieur et en hiver de déterminer si l'air neuf est soufflé directement depuis la serre ou après être passé dans l'échangeur.

**IV.2. Températures des zones thermiques**

La simulation a été réalisée pour la ville de Dar El Beïda (Alger). La figure IV.2a montre la température de la zone des produits alimentaires (Zone-A) sur une année entière. La température de la zone est maintenue à 15 degrés Celsius pendant la nuit et à 20 degrés Celsius durant les heures d'occupation par un système de chauffage et climatisation. On observe que la température de cette zone oscille généralement entre 15 et 20°C, sauf en été où elle peut



atteindre un maximum de 25°C, notamment autour du jour 5010 (début juillet). Pendant la nuit, la température reste presque constante autour de 15°C.

Ces variations de température sont significatives car elles montrent l'impact des conditions climatiques extérieures sur le contrôle thermique de l'intérieur du bâtiment. Le fait que la température reste majoritairement entre 15 et 20°C indique une efficacité relative du système de régulation thermique, bien que des améliorations puissent être envisagées pour mieux gérer les pics de chaleur en été. Les besoins annuel de refroidissement s'élèvent à 65 600 kWh. Les gains solaires annuels s'élèvent à 93 540 kWh. Ces observations peuvent aider à optimiser l'isolation et la ventilation, en tenant compte des caractéristiques thermiques des matériaux utilisés dans la construction du centre commercial.

La figure IV.2b montre la température de la zone des produits alimentaires (Zone-A) durant la première semaine du mois de janvier. La température dans cette zone varie entre 15°C pendant la nuit et 20°C pendant la journée. Pour permettre une comparaison, nous avons également présenté une autre période, une semaine au début de juillet, pour la ville de Dar El Beïda, illustrée dans la figure IV.2c.

En juillet, les pics de chaleur influencent la température maximale, qui atteint 25°C dans la zone des produits alimentaires. Cette augmentation de température nécessite des mesures supplémentaires pour garantir que les aliments soient conservés frais. Les observations soulignent l'importance d'un système de régulation thermique efficace, surtout en été, pour maintenir des conditions optimales de stockage des produits alimentaires.

La figure IV.3 montre la température dans la zone des produits non-alimentaires (Zone-NA). La différence notable par rapport à la zone A est que la température de la cuisine est maintenue à 20°C, alors que dans le cas précédent, elle était de 15°C. Pour ne jamais dépasser l'objectif de 25°C, un système de rafraîchissement (ventilation+climatisation) est en place dans la zone, réglé à 25°C. La simulation montre que le système ne s'active que lorsque la température dépasse cette consigne.

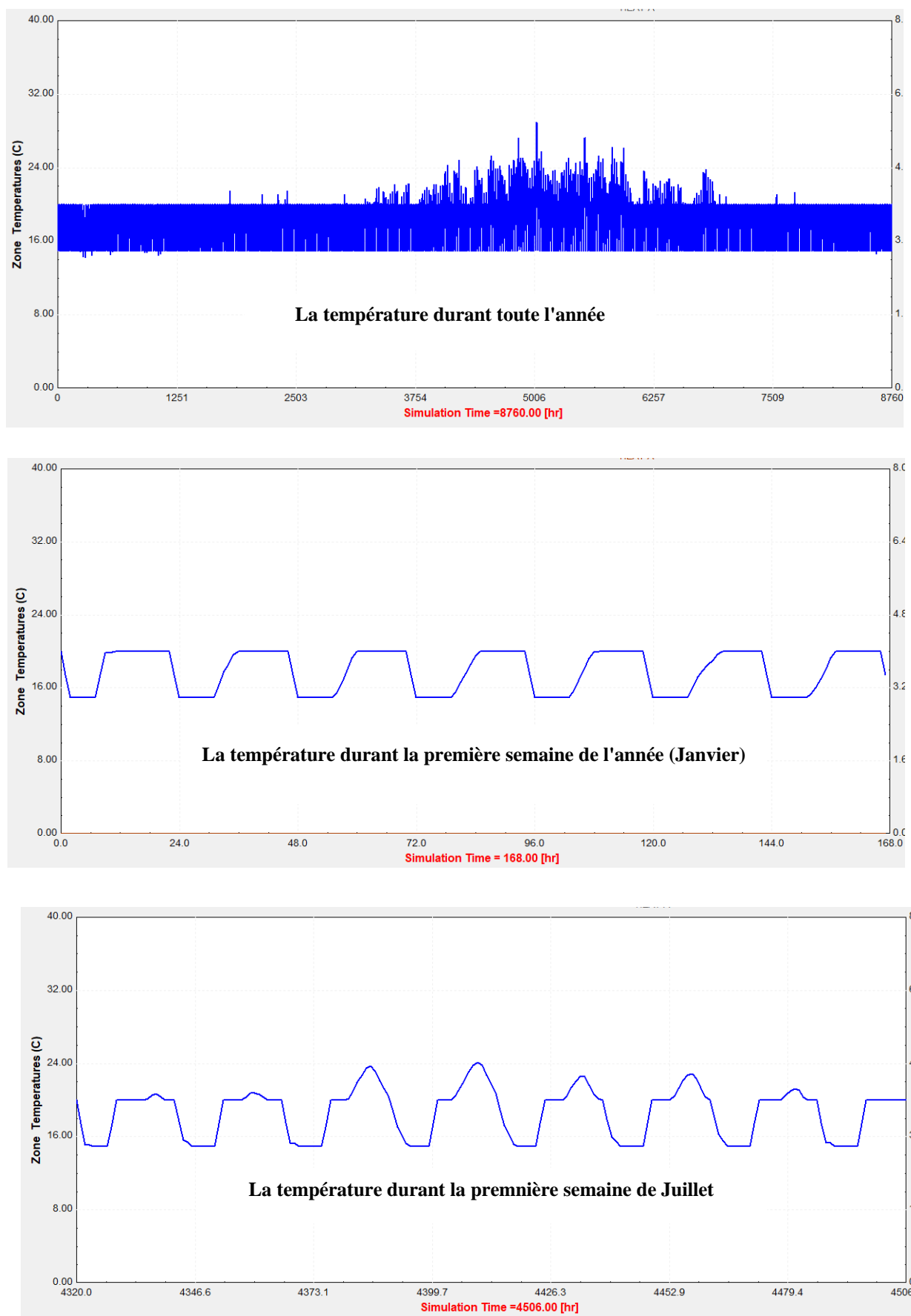
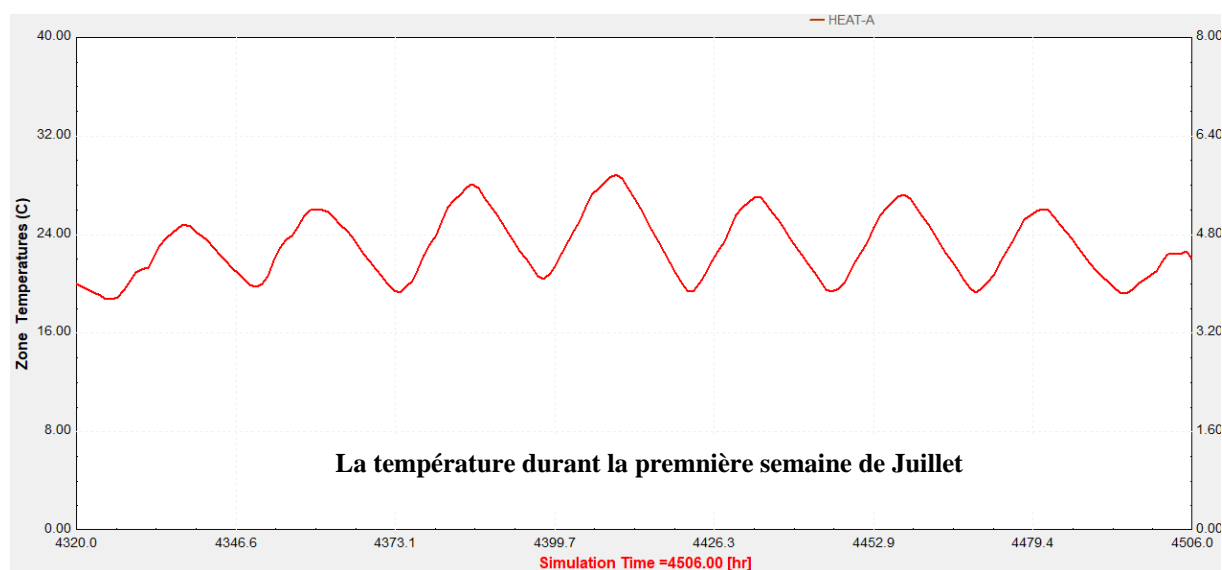
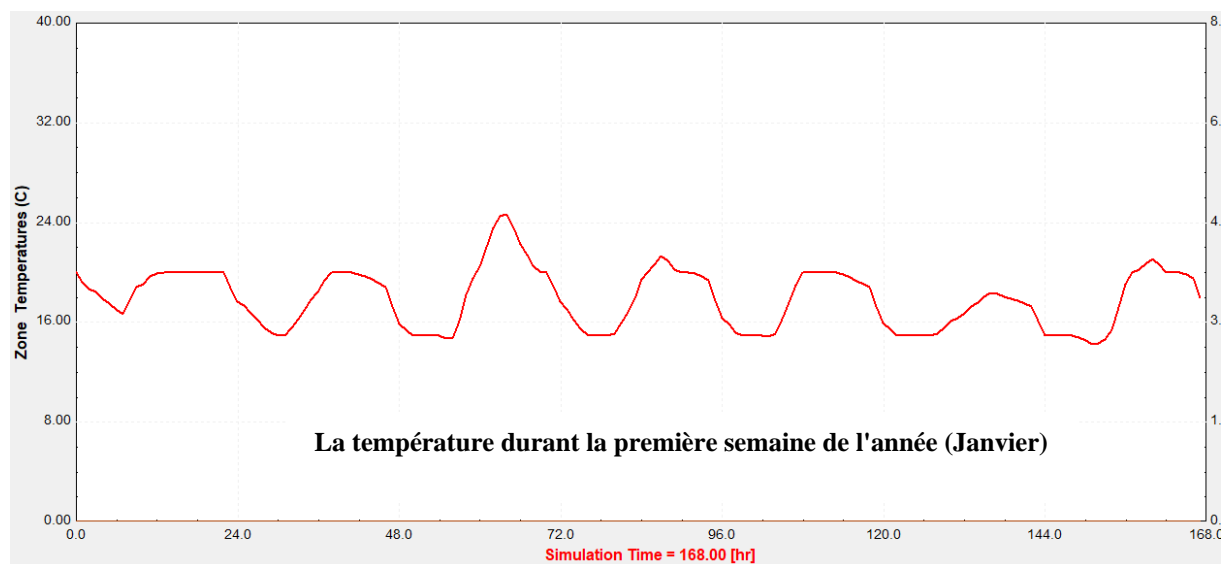
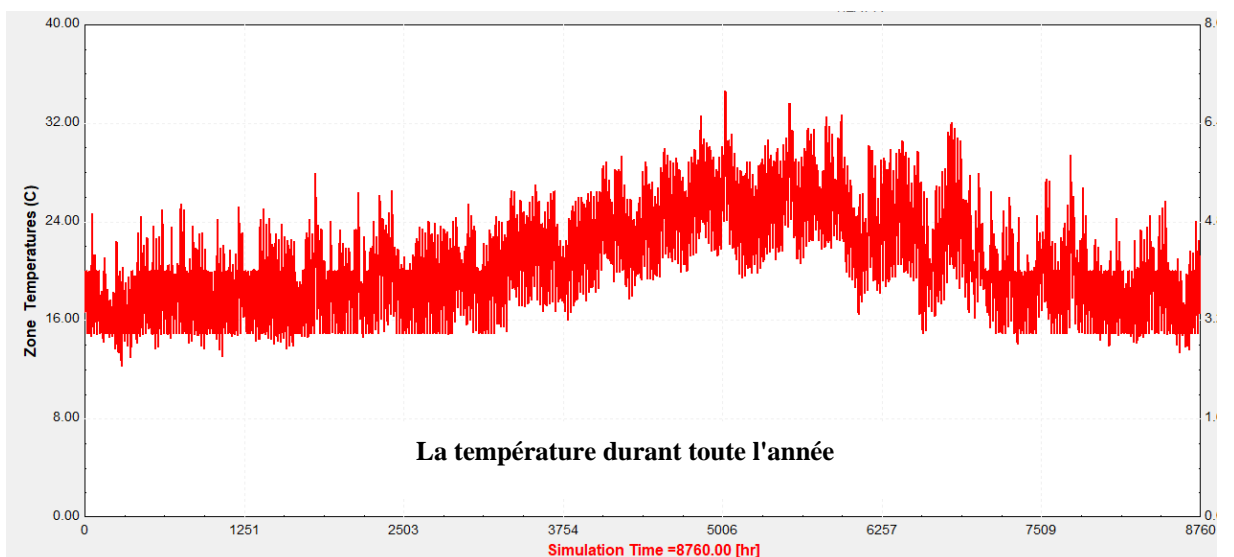


Figure IV.2. La température dans la zone des produits alimentaires (Zone -A).

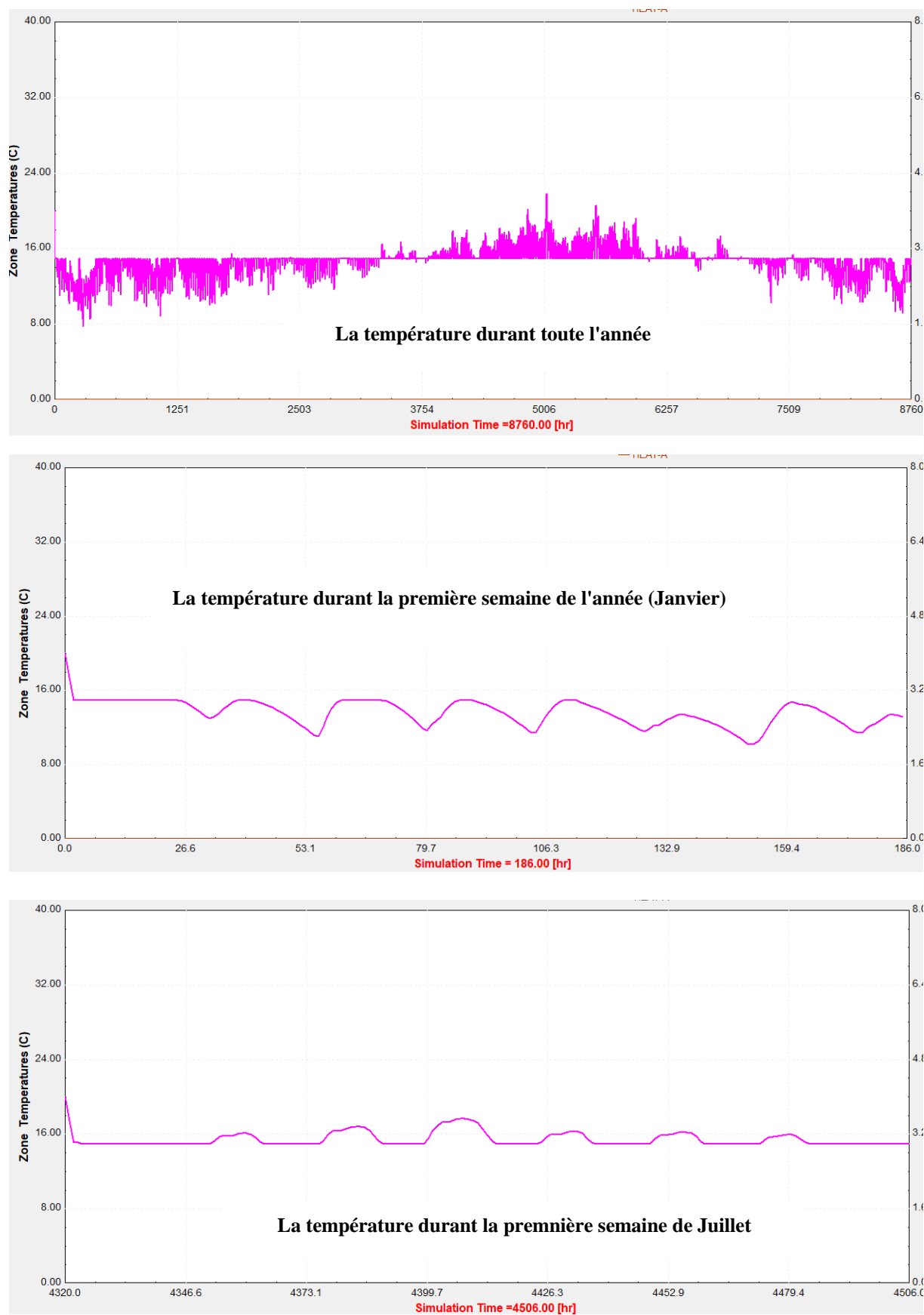


**Figure IV.3.** La température dans la zone des produits non- alimentaires (Zone –NA).

La Fig. (IV.4) représente la température dans la zone de stockage (Zone –S). La zone de stockage des aliments dans un centre commercial est une zone cruciale en raison de la chaleur générée par la congélation des produits. La température de cet espace oscille entre 15°C pendant la journée et 8°C la nuit en hiver, et peut atteindre jusqu'à 20°C en été. Il est essentiel de prendre en compte les aspects thermiques de l'hiver, même si l'enveloppe opaque et les vitrages ont été choisis principalement pour la gestion thermique estivale.

Pour limiter les besoins en chauffage, il est important de maintenir un débit minimal de renouvellement d'air. La simulation indique que les besoins annuels en refroidissement de la zone de stockage sont de 9595 kWh, soit 3,1 % de plus que ceux d'une maison de référence. Cette augmentation s'explique par la présence de dispositifs tels que des casquettes et des masques qui réduisent les apports solaires gratuits.

Trouver la meilleure solution annuelle nécessite un compromis entre différents paramètres. Il est parfois nécessaire d'accepter de légères pertes d'un côté pour obtenir des gains significatifs de l'autre, tout en restant dans des valeurs raisonnables. Malgré des performances légèrement inférieures à celles de la maison de référence, la zone de stockage proposée respecte les normes thermiques en hiver, assurant ainsi une conservation optimale des aliments tout au long de l'année.



**Figure IV.4 :** La température dans la zone de stockage (Zone -S).

### **IV.3. La consommation énergétique**

La Figure (IV.5) représente la consommation énergétique (chauffage) dans la zone alimentaire (Zone-A) durant une année. Sur l'année, les besoins de chauffage totalisent 49 070 kWh. Les gains internes sur l'année sont également significatifs, totalisant 46 480 kWh. La consommation de la Zone A atient jusqu'à 52000 (KW/h) dans lapériode de froid et nule durant tout l'été. La Figure (IV.5b et c ), représente la consommation énergétique (chauffage) dans la zone de alimentaire (Zone-A) pour la premiere semaine de janvier et de juiller respectivement. On observe que la consommation énergétique de cette zone est presque nule pour la premiere semaine de juillet (en été). Par contre la premier semine de janvier est marqué par un fort consommation de chauffage surtout dans la nuit qui atteind 52000 (KW/h). L'analyse des pertes de chaleur mensuelles à travers toutes les zones, présentée dans le tableau IV.3, met en évidence plusieurs tendances importantes pour la gestion thermique du centre commercial. En hiver, les besoins en chauffage sont particulièrement élevés, avec 6 087 kWh en janvier et 4 551 kWh en février. Les pertes dues à l'infiltration d'air sont également significatives pendant ces mois, atteignant -4 978 kWh en janvier et -4 449 kWh en février.

En été, les besoins de refroidissement augmentent considérablement, culminant à 4 056 kWh en juillet et 4 539 kWh en août. Pendant ces mois, les gains solaires deviennent une source majeure de chaleur, avec des pics de 4 960 kWh en juillet et 5 062 kWh en août. Ces apports solaires gratuits contribuent à réduire les besoins en chauffage au printemps et en automne, mais nécessitent une gestion efficace pour éviter la surchauffe en été. Les gains internes, résultant de la présence des occupants et des équipements, ajoutent régulièrement environ 1 335 kWh à 1 385 kWh chaque mois. Ces gains sont constants tout au long de l'année et contribuent de manière significative au bilan thermique global. Sur l'année, les besoins en chauffage totalisent 27 680 kWh, tandis que les besoins en refroidissement s'élèvent à 14 570 kWh. Les pertes dues à l'infiltration d'air s'élèvent à -26 380 kWh, soulignant l'importance de l'étanchéité à l'air pour améliorer l'efficacité énergétique. Les gains solaires annuels atteignent 55 960 kWh, offrant un potentiel significatif pour compenser les pertes de chaleur, à condition d'être bien gérés. Ces résultats démontrent l'importance d'une stratégie de gestion thermique équilibrée, qui tient compte des variations saisonnières et optimise l'utilisation des apports solaires tout en minimisant les pertes par infiltration et en maintenant un confort intérieur optimal.

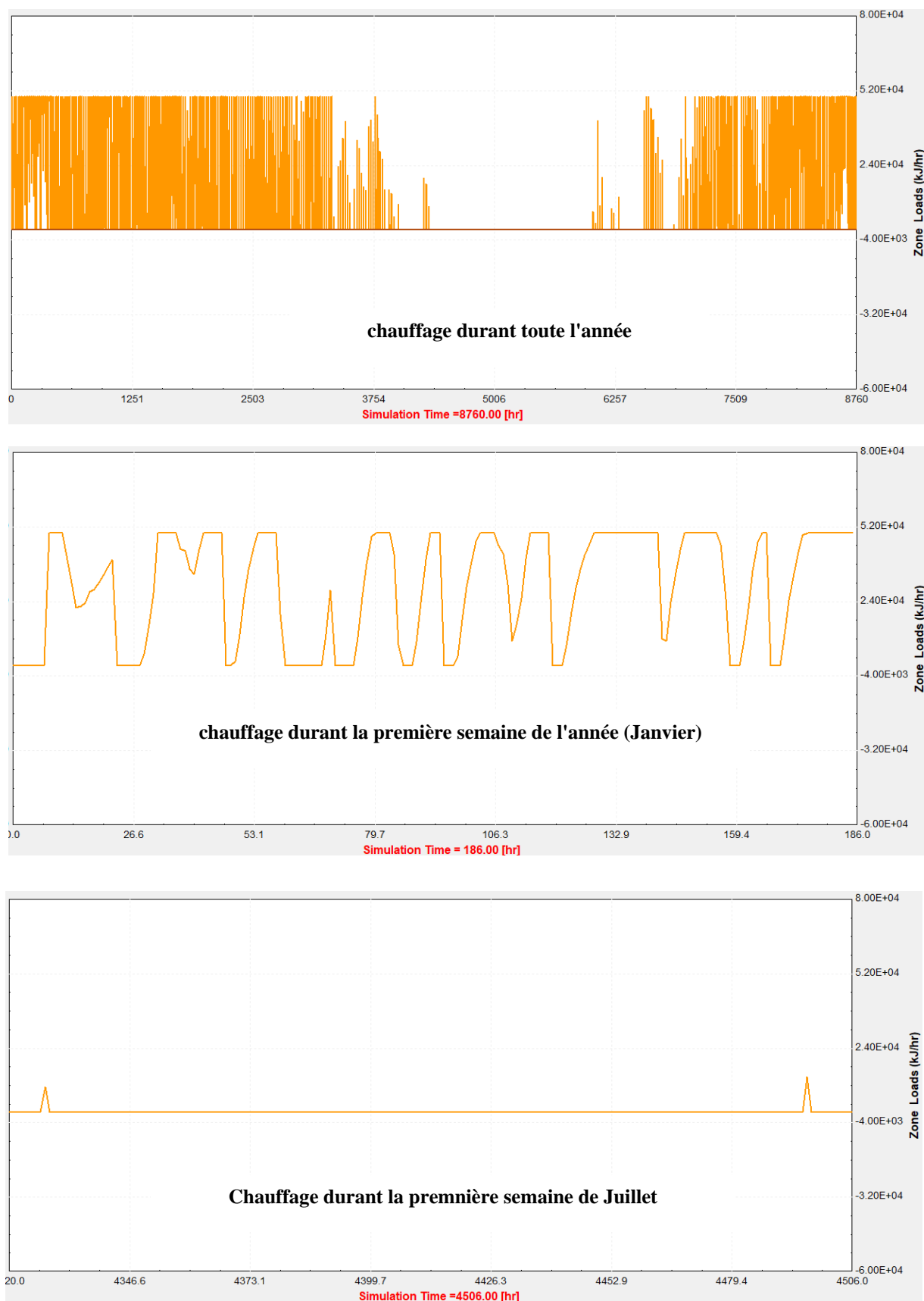


Figure IV.5 : Consommation énergétique (chauffage) dans la zone alimentaire (Zone-A).

La Figure (IV.6) représente la consommation énergétique (chauffage) dans la zone de produits non-alimentaires (Zone-NA) durant une année. L'analyse des pertes de chaleur mensuelles dans la zone non alimentaire du centre commercial, telle que présentée dans le tableau IV.4, met en évidence plusieurs tendances significatives. En hiver, les besoins en chauffage sont particulièrement élevés, atteignant 4 839 kWh en janvier et 4 290 kWh en décembre, tandis que les pertes dues à l'infiltration d'air sont également notables, avec -2 136 kWh en janvier et -1 927 kWh en décembre. La ventilation contribue également de manière significative aux pertes de chaleur durant ces mois, avec des valeurs de -1 840 kWh en janvier et -1 651 kWh en décembre.

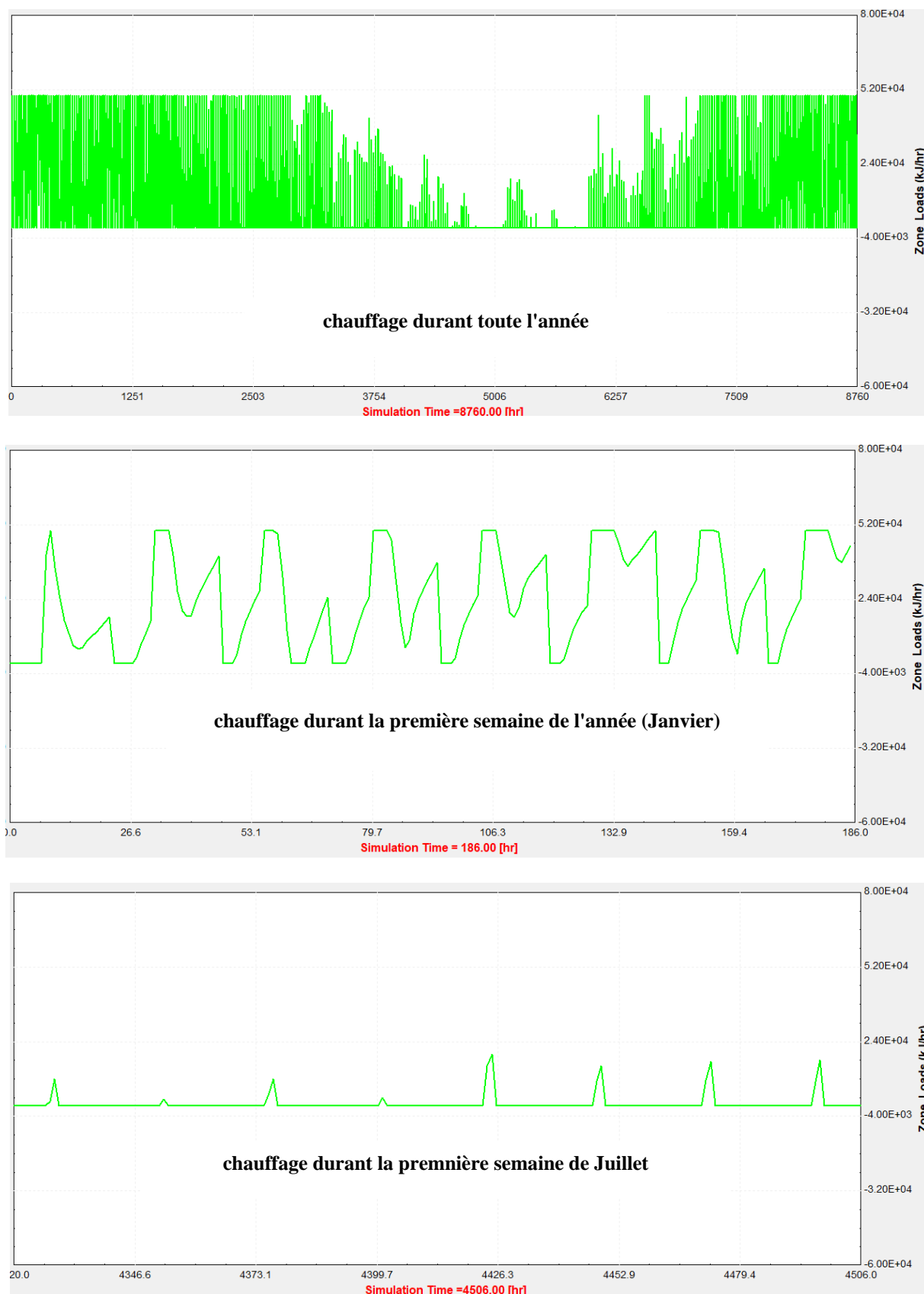
En été, les besoins en refroidissement sont nuls, ce qui indique que la gestion thermique de cette zone repose principalement sur la maîtrise des apports solaires et des gains internes. Les gains solaires atteignent un pic de 2 159 kWh en juillet, tandis que les gains internes, provenant des occupants et des équipements, restent constants tout au long de l'année, autour de 2 261 kWh par mois.

Au printemps et à l'automne, les besoins en chauffage diminuent, passant à 1 857 kWh en avril et à 538 kWh en octobre. Les pertes dues à l'infiltration d'air et à la ventilation sont également réduites durant ces périodes, mais restent des facteurs importants à gérer.

Sur l'année, les besoins en chauffage totalisent 21 380 kWh, tandis que les pertes dues à l'infiltration d'air s'élèvent à -13 920 kWh et celles dues à la ventilation à -9 755 kWh. Les gains solaires annuels atteignent 16 830 kWh, offrant un apport énergétique significatif pour compenser les pertes de chaleur. Les gains internes annuels totalisent 26 620 kWh, jouant un rôle crucial dans le bilan thermique global de la zone non alimentaire.

Ces résultats soulignent l'importance d'une gestion efficace de l'infiltration d'air et de la ventilation pour minimiser les pertes de chaleur, ainsi que l'optimisation des apports solaires et des gains internes pour maintenir un environnement confortable et économe en énergie tout au long de l'année.





**Figure IV.6 :** Consommation énergétique (chauffage) dans la zone de Non-alimentaire (Zone-NA).

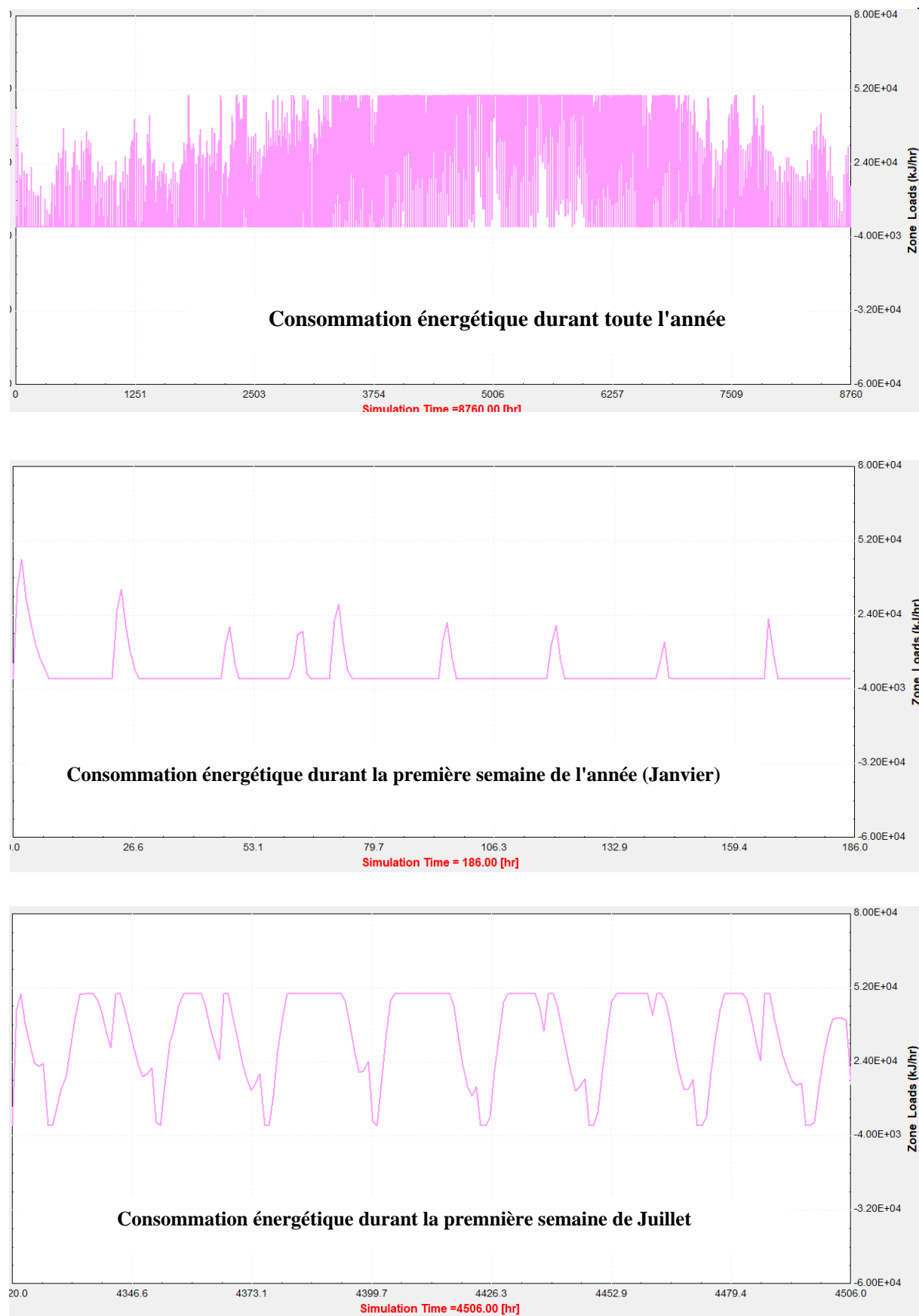
La Figure (IV.7) représente la consommation énergétique (refroidissement) dans la zone de stockage (Zone-s) durant une année. L'analyse des consommations énergétiques mensuelles de la zone non alimentaire, telle que présentée dans le tableau IV.5, révèle des variations significatives tout au long de l'année. En termes de refroidissement, les besoins augmentent de manière drastique pendant les mois d'été. Par exemple, en juillet, la consommation de refroidissement atteint 9 121 kWh, tandis qu'en août, elle est de 9 161 kWh. Ces pics de consommation sont directement corrélés aux températures élevées et à l'augmentation de la chaleur dissipée dans cette zone.

En revanche, pendant les mois plus froids, les besoins en refroidissement sont beaucoup plus faibles. En janvier, la consommation de refroidissement est de 485 kWh, et en février, elle monte légèrement à 690 kWh. Cela indique que les systèmes de refroidissement sont principalement sollicités pendant les périodes de chaleur intense.

Les gains solaires et les gains internes jouent également un rôle important dans la consommation énergétique globale de cette zone. Les gains solaires atteignent leur maximum en juillet avec 2 669 kWh, tandis que les gains internes restent constants à environ 310 kWh chaque mois. Ces apports contribuent à la charge thermique totale de la zone non alimentaire.

De plus, l'infiltration d'air entraîne des pertes d'énergie significatives. Par exemple, en juillet, les pertes dues à l'infiltration sont de 2 602 kWh, et en août, elles augmentent légèrement à 2 799 kWh. Ces pertes doivent être compensées par des systèmes de refroidissement efficaces pour maintenir un environnement intérieur confortable.

Sur l'année, la consommation totale de refroidissement s'élève à 51 030 kWh, tandis que les pertes d'infiltration totalisent 9 595 kWh. Les gains solaires annuels atteignent 20 750 kWh, et les gains internes s'élèvent à 3 650 kWh. Ces résultats montrent l'importance de la gestion thermique et de l'efficacité énergétique dans la zone non alimentaire pour minimiser les coûts énergétiques et maintenir des conditions optimales tout au long de l'année.



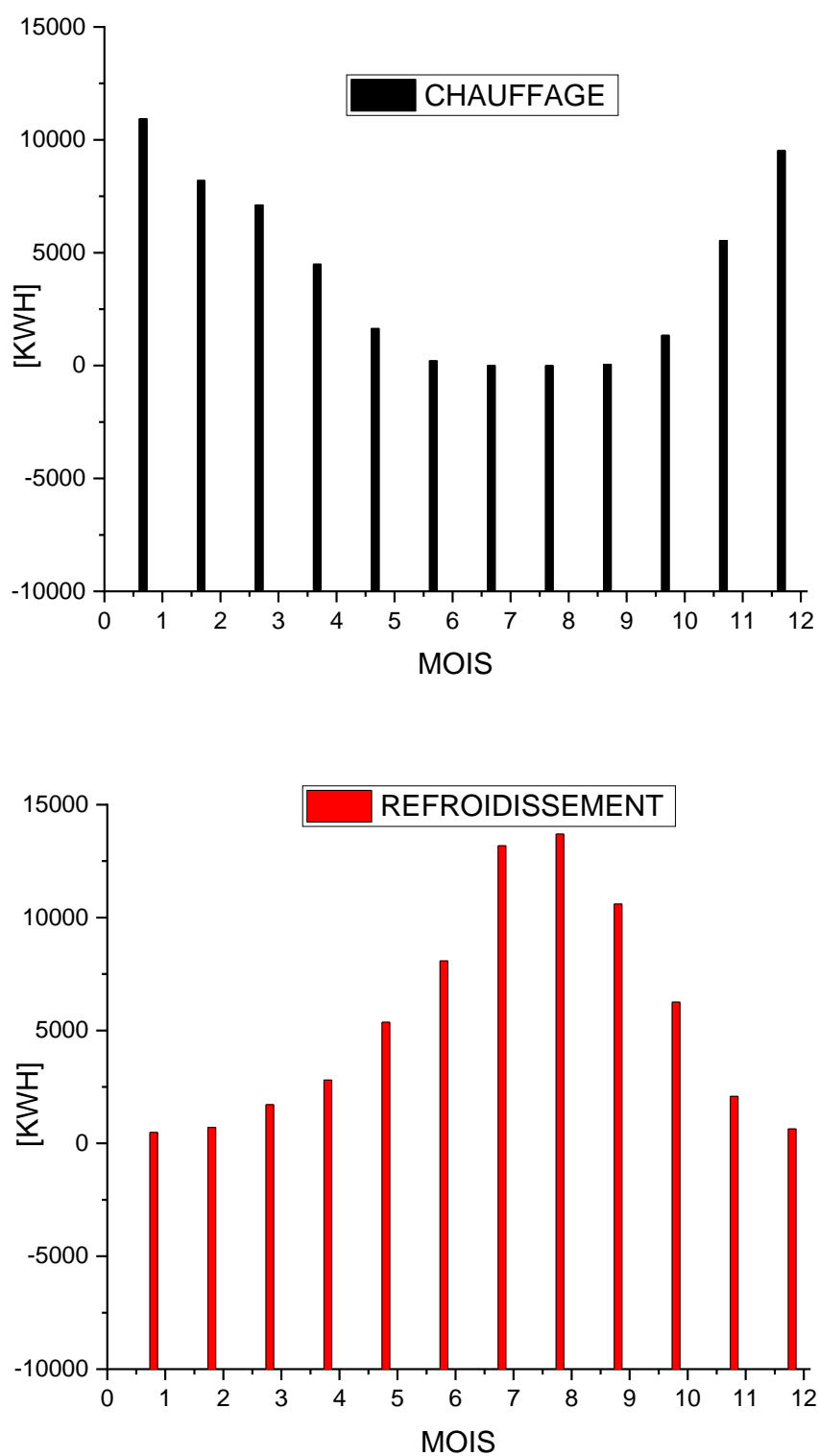
**Figure IV.7 :** Consommation énergétique (refroidissement) dans la zone de Stockage (Zone-S).

Les figures (IV.8-10) représentent l'analyse des pertes de chaleur mensuelles à travers toutes les zones du centre commercial, telle que présentée dans le tableau (IV.2), révèle plusieurs tendances importantes. En février, les besoins en chauffage sont élevés, atteignant 8 202 kWh, alors que les gains dus à l'infiltration d'air sont négatifs, à -6 835 kWh. En été, les besoins de refroidissement augmentent considérablement, culminant à 13 180 kWh en juillet et 13 700 kWh en août. Pendant ces mois, l'infiltration d'air contribue également à une augmentation des gains de chaleur, avec des valeurs de 3 284 kWh en juillet et 3 844 kWh en août.

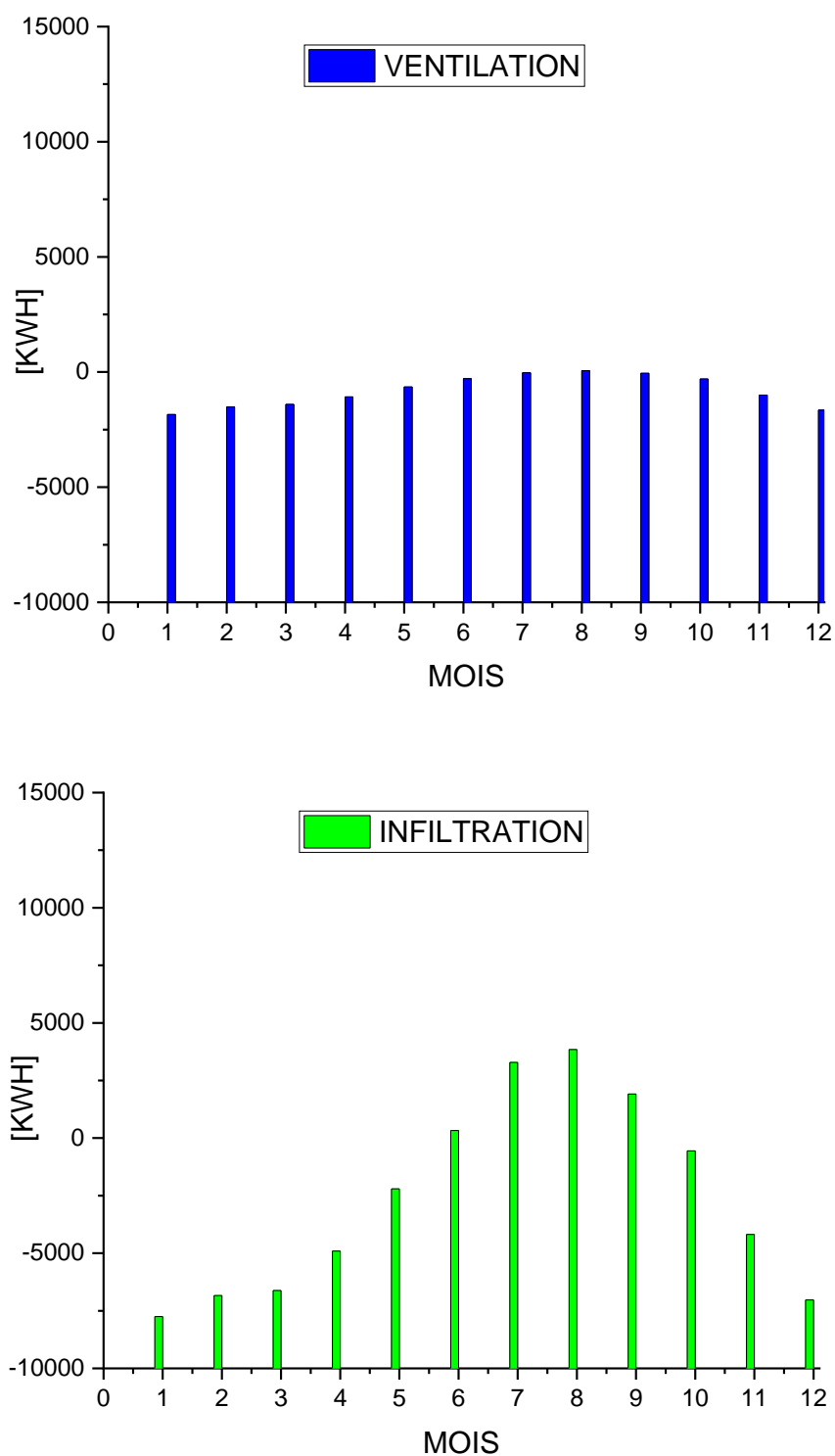
Les gains solaires sont une source majeure de chaleur tout au long de l'année, avec un pic de 9 787 kWh en juillet. En revanche, les pertes dues à la ventilation restent relativement constantes et négatives, ce qui indique une consommation d'énergie pour maintenir les conditions intérieures optimales. Les gains internes, provenant des occupants et des équipements, ajoutent régulièrement environ 3 824 kWh à 3 956 kWh chaque mois, contribuant ainsi au bilan thermique global.

Sur l'année, les besoins de chauffage totalisent 49 070 kWh, tandis que les besoins de refroidissement s'élèvent à 65 600 kWh. Les gains solaires annuels s'élèvent à 93 540 kWh, compensant en partie les pertes dues à l'infiltration d'air et à la ventilation, qui représentent respectivement -30 710 kWh et -9 755 kWh. Les gains internes sur l'année sont également significatifs, totalisant 46 480 kWh.

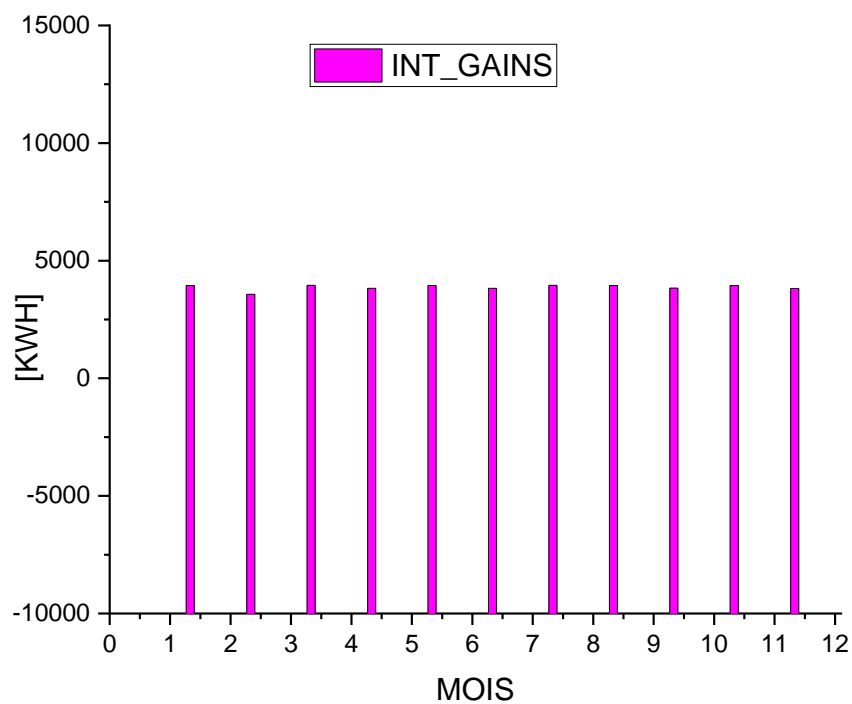
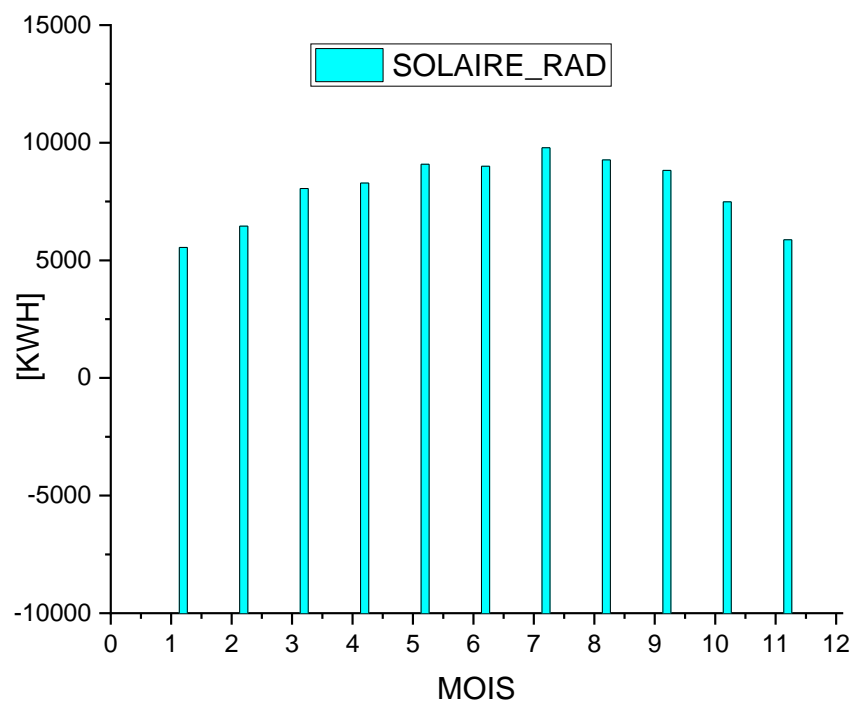
Ces résultats montrent l'importance de la gestion des systèmes de chauffage et de refroidissement pour maintenir un environnement confortable et économe en énergie dans le centre commercial. Les gains solaires, bien que bénéfiques en hiver, nécessitent une attention particulière en été pour éviter la surchauffe et réduire la demande en refroidissement.



**Figure IV.8 :** Évolution consommation énergétique (Chauffage, Refroidissement) mensuelles à travers toutes les zones.



**Figure (IV.9) :** Évolution consommation énergétique (ventilation, infiltration) mensuelles à travers toutes les zones.



**Figure (IV.10) :** Évolution consommation énergétique (Radiation, Gains) mensuelles à travers toutes les zones.

<b>Tableau IV.2 : Évolution des pertes de chaleur mensuelles à travers toutes les zones en [KWH].</b>						
	<b>HEATING</b>	<b>COOLING</b>	<b>INFILTR.</b>	<b>VENTILAT.</b>	<b>SOLAR_RAD.</b>	<b>INT_GAINS</b>
<b>JAN</b>	<b>1.093E+04</b>	<b>4.871E+02</b>	<b>-7.751E+03</b>	<b>-1.840E+03</b>	<b>5.550E+03</b>	<b>3.942E+03</b>
<b>MAR</b>	<b>7.121E+03</b>	<b>1.717E+03</b>	<b>-6.618E+03</b>	<b>-1.403E+03</b>	<b>8.056E+03</b>	<b>3.949E+03</b>
<b>APR</b>	<b>4.494E+03</b>	<b>2.801E+03</b>	<b>-4.904E+03</b>	<b>-1.077E+03</b>	<b>8.287E+03</b>	<b>3.824E+03</b>
<b>MAY</b>	<b>1.644E+03</b>	<b>5.363E+03</b>	<b>-2.206E+03</b>	<b>-6.506E+02</b>	<b>9.085E+03</b>	<b>3.942E+03</b>
<b>JUN</b>	<b>2.131E+02</b>	<b>8.078E+03</b>	<b>3.287E+02</b>	<b>-2.903E+02</b>	<b>9.002E+03</b>	<b>3.824E+03</b>
<b>JUL</b>	<b>0.000E+00</b>	<b>1.318E+04</b>	<b>3.284E+03</b>	<b>-3.281E+01</b>	<b>9.787E+03</b>	<b>3.949E+03</b>
<b>AUG</b>	<b>0.000E+00</b>	<b>1.370E+04</b>	<b>3.844E+03</b>	<b>6.090E+01</b>	<b>9.267E+03</b>	<b>3.942E+03</b>
<b>SEP</b>	<b>5.183E+01</b>	<b>1.060E+04</b>	<b>1.915E+03</b>	<b>-5.443E+01</b>	<b>8.824E+03</b>	<b>3.831E+03</b>
<b>OCT</b>	<b>1.348E+03</b>	<b>6.253E+03</b>	<b>-5.537E+02</b>	<b>-3.002E+02</b>	<b>7.485E+03</b>	<b>3.942E+03</b>
<b>NOV</b>	<b>5.541E+03</b>	<b>2.081E+03</b>	<b>-4.184E+03</b>	<b>-1.000E+03</b>	<b>5.876E+03</b>	<b>3.817E+03</b>
<b>DEC</b>	<b>9.524E+03</b>	<b>6.423E+02</b>	<b>-7.029E+03</b>	<b>-1.651E+03</b>	<b>5.863E+03</b>	<b>3.956E+03</b>
<b>SUM</b>	<b>4.907E+04</b>	<b>6.560E+04</b>	<b>-3.071E+04</b>	<b>-9.755E+03</b>	<b>9.354E+04</b>	<b>4.648E+04</b>



**Tableau IV. 3 :** Évolution des pertes de chaleur mensuelles à travers la zone A [KWH].

MONTH	HEATING	COOLING	INFILTR.	VENTILAT.	SOLAR_RAD.	INT_GAINS
JAN	6.087E+03	1.619E+00	-4.978E+03	0.000E+00	3.912E+03	1.371E+03
FEB	4.551E+03	1.130E+01	-4.449E+03	0.000E+00	4.396E+03	1.244E+03
MAR	4.004E+03	8.911E+01	-4.389E+03	0.000E+00	5.074E+03	1.378E+03
APR	2.636E+03	5.099E+01	-3.390E+03	0.000E+00	4.648E+03	1.335E+03
MAY	1.013E+03	2.041E+02	-2.044E+03	0.000E+00	4.698E+03	1.371E+03
JUN	1.560E+02	1.016E+03	-6.852E+02	0.000E+00	4.485E+03	1.335E+03
JUL	0.000E+00	4.056E+03	1.111E+03	0.000E+00	4.960E+03	1.378E+03
AUG	0.000E+00	4.539E+03	1.351E+03	0.000E+00	5.062E+03	1.371E+03
SEP	3.570E+01	3.034E+03	6.244E+01	0.000E+00	5.387E+03	1.342E+03
OCT	8.102E+02	1.319E+03	-1.271E+03	0.000E+00	4.939E+03	1.371E+03
NOV	3.156E+03	2.397E+02	-3.073E+03	0.000E+00	4.112E+03	1.329E+03
DEC	5.234E+03	1.162E+01	-4.628E+03	0.000E+00	4.290E+03	1.385E+03
SUM	2.768E+04	1.457E+04	-2.638E+04	0.000E+00	5.596E+04	1.621E+04

**Tableau IV.4 :** Évolution des pertes de chaleur mensuelles à travers la zone NA [KWH].

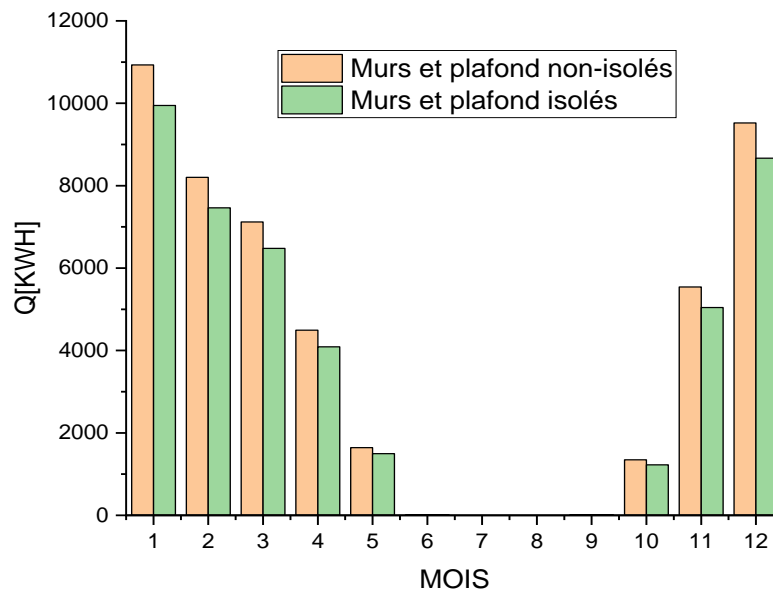
MONTH	HEATING	COOLING	INFILTR.	VENTILAT.	SOLAR_RAD.	INT_GAINS
JAN	4.839E+03	0.000E+00	-2.136E+03	-1.840E+03	7.105E+02	2.261E+03
FEB	3.651E+03	0.000E+00	-1.821E+03	-1.517E+03	9.194E+02	2.042E+03
MAR	3.117E+03	0.000E+00	-1.817E+03	-1.403E+03	1.304E+03	2.261E+03
APR	1.857E+03	0.000E+00	-1.495E+03	-1.077E+03	1.666E+03	2.189E+03
MAY	6.303E+02	0.000E+00	-1.033E+03	-6.506E+02	1.975E+03	2.261E+03
JUN	5.704E+01	0.000E+00	-6.858E+02	-2.903E+02	2.044E+03	2.189E+03
JUL	0.000E+00	0.000E+00	-4.289E+02	-3.281E+01	2.159E+03	2.261E+03
AUG	0.000E+00	0.000E+00	-3.054E+02	6.090E+01	1.892E+03	2.261E+03
SEP	1.613E+01	0.000E+00	-3.880E+02	-5.443E+01	1.552E+03	2.189E+03
OCT	5.380E+02	0.000E+00	-6.353E+02	-3.002E+02	1.153E+03	2.261E+03
NOV	2.384E+03	0.000E+00	-1.252E+03	-1.000E+03	7.594E+02	2.188E+03
DEC	4.290E+03	0.000E+00	-1.927E+03	-1.651E+03	6.939E+02	2.262E+03
SUM	2.138E+04	0.000E+00	-1.392E+04	-9.755E+03	1.683E+04	2.662E+04

**Tableau IV.5 :** Évolution des pertes de chaleur mensuelles à travers la zone de stockage [KWH].

MONTH	HEATING	COOLING	INFILTR.	VENTILAT.	SOLAR_RAD.	INT_GAINS
JAN	0.000E+00	4.855E+02	-6.379E+02	0.000E+00	9.274E+02	3.100E+02
FEB	0.000E+00	6.901E+02	-5.647E+02	0.000E+00	1.141E+03	2.800E+02
MAR	0.000E+00	1.628E+03	-4.125E+02	0.000E+00	1.678E+03	3.100E+02
APR	0.000E+00	2.750E+03	-1.926E+01	0.000E+00	1.974E+03	3.000E+02
MAY	0.000E+00	5.159E+03	8.699E+02	0.000E+00	2.412E+03	3.100E+02
JUN	0.000E+00	7.063E+03	1.700E+03	0.000E+00	2.473E+03	3.000E+02
JUL	0.000E+00	9.121E+03	2.602E+03	0.000E+00	2.669E+03	3.100E+02
AUG	0.000E+00	9.161E+03	2.799E+03	0.000E+00	2.313E+03	3.100E+02
SEP	0.000E+00	7.566E+03	2.241E+03	0.000E+00	1.886E+03	3.000E+02
OCT	0.000E+00	4.934E+03	1.352E+03	0.000E+00	1.392E+03	3.100E+02
NOV	0.000E+00	1.841E+03	1.410E+02	0.000E+00	1.005E+03	3.000E+02
DEC	0.000E+00	6.307E+02	-4.746E+02	0.000E+00	8.789E+02	3.096E+02
SUM	0.000E+00	5.103E+04	9.595E+03	0.000E+00	2.075E+04	3.650E+03

#### IV.4. Effet de l'isolation thermique

La figure (IV.11) montre l'efficacité de l'isolation sur la consommation énergétique (chauffage) pendant une année en comparant les murs isolés et non isolés. Les données montrent une réduction notable de la consommation énergétique avec l'utilisation de murs isolés. En janvier, les murs isolés ont une consommation de chauffage de 10 930 kWh, tandis que les murs non isolés consomment 9 946,3 kWh. Cette tendance se poursuit tout au long des mois froids, avec des différences marquées, par exemple en février (8 202 kWh pour les murs isolés contre 7 463,82 kWh pour les murs non isolés) et en mars (7 121 kWh contre 6 480,11 kWh).. En avril, la consommation énergétique est de 4 494 kWh pour les murs isolés et de 4 089,54 kWh pour les murs non isolés. En mai, les chiffres sont respectivement de 1 644 kWh et 1 496,04 kWh. Pendant les mois d'été, où le besoin de chauffage est négligeable, les consommations pour les deux types de murs sont proches de zéro. En juin et juillet, les consommations sont quasiment nulles, ce qui est attendu en raison des températures plus élevées. En résumé, les murs isolés montrent une consommation énergétique légèrement supérieure tout au long de l'année, ce qui peut être attribué à une meilleure rétention de la chaleur à l'intérieur des bâtiments, nécessitant moins de réchauffement continu. Ces résultats démontrent l'importance de l'isolation pour réduire les pertes de chaleur et optimiser l'efficacité énergétique des bâtiments.



**Figure IV.11** : Effet de l'isolation sur la consommation énergétique (chauffage) pendant une année.

# Conclusion Générale

## Conclusion générale

Dans ce projet de fin d'étude, nous avons réalisé une simulation du comportement thermique d'un centre commercial (Supermarché) construit en trois zones, en utilisant le logiciel TRNSYS. Pour intégrer les caractéristiques d'un bâtiment multizone nécessaires à la simulation thermique, nous avons utilisé TRNBuild. Le supermarché est situé dans la ville de Dar El Beida, au nord de l'Algérie (36.7°N, 3.2°E). L'immeuble est divisé en trois zones principales : la zone des produits alimentaires, la zone des produits non-alimentaires, et un espace de stockage et de réfrigération. Un confort climatique optimal est assuré dans la zone des produits alimentaires (Zone A) pour garantir la fraîcheur des produits. La zone des produits non-alimentaires (Zone NA) est maintenue à 20 degrés Celsius pendant les heures d'occupation et à 15 degrés le reste du temps, tandis que la zone de stockage n'est pas chauffée.

La simulation a fourni les résultats suivants :

- Consommation d'énergie en chauffage : La consommation est nulle pendant la période estivale.
- Déperditions thermiques : Elles dépendent du climat extérieur et de l'enveloppe du centre commercial.
- Renouvellement d'air : Il est nécessaire d'ajuster le débit minimal de renouvellement d'air pour limiter les besoins en chauffage.
- Confort d'été : Le système en place permet d'atteindre un confort d'été satisfaisant sans dispositif particulier, grâce à un système de ventilation légèrement optimisé.
- Amélioration des stratégies de gestion thermique : Les résultats peuvent servir de base pour optimiser l'isolation, renforcer la ventilation et ajuster les systèmes de refroidissement en fonction des variations saisonnières.
- Isolation : Les murs isolés montrent une consommation énergétique légèrement supérieure tout au long de l'année, attribuable à une meilleure rétention de la chaleur à l'intérieur des bâtiments, réduisant ainsi le besoin de réchauffement continu. Ces résultats soulignent l'importance de l'isolation pour minimiser les pertes de chaleur et optimiser l'efficacité énergétique des bâtiments.

- Ces résultats démontrent l'efficacité des stratégies de gestion thermique employées et offrent des pistes d'amélioration pour augmenter la performance énergétique du supermarché, garantissant ainsi un environnement confortable et éco-énergétique tout au long de l'année.

## Bibliographie

- [1] Willis H. Carrier en 1902, "The Invention That Changed the World"  
<http://www.williscarrier.com/>
- [2] Benoît Bréville, août 2017, L'air conditionné à l'assaut de la planète « Histoire d'une passion américaine », Le Monde diplomatique.
- [3] Mokhtari Madani Walid 2017; Etude de la climatisation d'un bâtiment électrique. Université SAAD DAHLAB BLIDA.
- [4] RECKNAGEL, SPRENGER et HONMANN « Manuel pratique du génie climatique »,
- [5] J. BERNIER chauffage (et rafraîchissement) par pompe à chaleur, Edition PYC livre 2007
- [6] Henri NOIREL, 2002, Equipement de confort climatisation, Créé avec la collaboration du GAMA et du GNFA (Groupement Amical d'enseignants des Matériels Automobiles).
- [7] Mahfoud Brahim, Abdedou karim et Azgag Mohammed Said « Etude et Simulation de la Climatisation sous TRANSYS » <https://theses-algerie.com/4714841150312127/memoire-de-master/universite-akli-mohand-oulhadj>
- [8] Document Technique Règlementaire C 3.2
- [9] Manuel TRNSYS 16 – Multizone Building modeling with Type56 and TRNBuild
- [10] Trnsys16\_1/Documentation/06-MultizoneBuilding.pdf



## Annexe A

### A.1. Classification thermique été des communes d'Algérie

Les zones climatiques considérées pour la période estivale des communes d'Algérie sont les suivantes :

- La zone A comprend le rivage de la mer et parfois le versant Nord des chaînes côtières ;
- La zone B comprend la plaine derrière le rivage de la mer et les vallées entre les chaînes côtières et l'atlas tellien ; au sein de cette zone, on distingue une sous zone B' qui comprend la vallée du Chellif ;
- La zone C comprend les hauts-Plateaux compris entre l'atlas tellien et l'atlas Saharien ;
- La zone D1 comprend le Nord du Sahara, et le Sahara central ;
- La zone D2 comprend principalement la wilaya d'Adrar ;
- La zone D3 comprend principalement le Tassili et le Hoggar.

Wilaya	Communes	Zone
01 ADRAR	Groupe de communes 1 : Ksar Kaddour – Ouled Aissa – Ouled Said – Talmine – Timimoun – Tinerkouk Autres communes.	D1 D2
02 CHLEF	Groupe de communes 1 : Beni Haoua – Dahra – El Marsa – Moussadek – Sidi Abderrahmane – Talassa – Taougrite – Tenes Oued Guoussine. Groupe de communes 2 : Abou El Hassan – Benaira – Breira – Bouzghaira – Sidi Akkacha – Tadjena – Zeboudja. Autres communes.	A B B'
03 LAGHOUAT	Groupe de communes 1 : Ain Medhi – El Assafia – El Haouita – Hassi Delaa – Hassi R'Mel – Kheneg – Ksar El Hirane – Laghouat – Mekhareg – Tadjrouna. Autres communes.	D1 C
04 / OUM EL BOUAGHI	Toutes les communes	C
05 BATNA	Groupe de communes 1 : Ain Touta – Arris – Barika – Bitam – Boumagueur – Bouzina – Chir – Djezzar – Ghassira – Gosbat – Hidoussa – Ichmoul – Inoughissen – Kimmel – Lemsane – Maafa – M'Doukal – Menaa – Merouana – Metkaouak – NGaous – Ouled Ammar – Ouled Aouf – Ouled Si Slimane – Ras El Aicun – Sefiane – Seggana – Taxlent – Teniet El Abed – Tighaninine – Tigherghar – Tilatou – T'Koutt Autres communes.	D1 C

## Annexes

<b>06 BEJAIA</b>	<b>Groupe de communes 1 :</b> Adekar – Aokas – Bejaia – Beni Ksila – Boukhelfa – Hamza – Melbou – Souk El Tenine – Tala – Taourirt Ighil Tichi – Toudja – Oued Ghir. <b>Groupe de communes 2 :</b> Ighli Ali <b>Autres communes.</b>	<b>A C B</b>
<b>07 / BISKRA</b>	Toutes les communes	<b>D1</b>
<b>08 / BECHAR</b>	Toutes les communes	<b>D1</b>
<b>09 / BLIDA</b>	Toutes les communes	<b>B</b>
<b>10 BOUIRA</b>	<b>Groupe de communes 1 :</b> Aghbalou – Ahl El Ksar – Aidane – Ain El Hadjar – Ain Laloui – Ain Turk – Bechloul – Bordj Okhriss – Bouira – Chorfa – Dirah – El Adjiba – El Asnam – El Hachimia – El Hakimia – Hadjera Zerga – Haizer – Maamora – M'Chedallah – Mezdour – Oued El Berdi – Ouled Rached – Saharidj – Taghzout – Taguedit <b>Autres communes.</b>	<b>C B</b>
<b>11 TAMANRASSET</b>	<b>Groupe de communes 1 :</b> Abalessa – In Amgueul – In Ghar – In Salah – Tin Zaouatine <b>Autres communes.</b>	<b>D2 D3</b>
<b>12 TEBESSA</b>	<b>Groupe de communes 1 :</b> Bir El Ater – El Mezeraa – El Ogla El Malha – Ferkane – Negrine – Oum Ali – Saf Saf El Ouesra – Stah Guentis – Thlidjene <b>Autres communes.</b>	<b>D1 C</b>
<b>13 TLEMCEEN</b>	<b>Groupe de communes 1 :</b> Beni Rached – Dar Yaghmouracene – Ghazaouet – Honame – Marsa Ben M'Hidi – Msirda Fouaga – Souahlia – Souk Thlata <b>Groupe de communes 2 :</b> Ain Ghoraba – Ain Tallout – Azails – Beni Bahdel – Beni Boussaid – Beni Semiel – Beni Snouss – El Aricha – El Bouihi – El Gor – Sebdou – Sidi Djillali <b>Autres communes.</b>	<b>A  C B</b>
<b>14 TIARET</b>	<b>Groupe de communes 1 :</b> Djillali Ben Amar – Ghertoufa – mechraa Safa – Meghila – Ouled Lila – Rahouia – Sebt <b>Groupe de communes 2 :</b> Sidi Ali Mellal – Tidda. <b>Autres communes.</b>	<b>B B' C</b>
<b>15 TIZI OUZOU</b>	<b>Groupe de communes 1 :</b> Aghrib – Ait Chaffa – Akerrou – Azzefoun Iflissen – Mizrana – Tizirt – Zekri <b>Autres communes.</b>	<b>A B</b>
<b>16 / ALGER</b>	Toutes les communes	<b>A</b>
<b>17 DJELFA</b>	<b>Groupe de communes 1 :</b> Amoura – Deldoul – Guettara – Oum El Adam – Seb Rahal – Selmana <b>Autres communes.</b>	<b>D1 C</b>
<b>18 JIJEL</b>	<b>Groupe de communes 1 :</b> Chekfa – El Aouana – El Kennar Nouchfi – Emir Abdelkader – Jijel – Kaous – Keir Ouled Adjoul – Mansouria Sidi Abdelaziz – Taher – Ziana <b>Autres communes.</b>	<b>A B</b>
<b>19 SETIF</b>	<b>Groupe de communes 1 :</b> Boutaleb – Hamma <b>Groupe de communes 2 :</b> Ain Arnat – Ain Azal – Ain Lahdjar – Ain Oulmane – Beidha Bordj – bellaa – Beni Hocine – Bir El Arch – Bir haddada – El Eulma – El Ouldja – Guellal – Guenzet – Guidjel – Hammam Essokhna – Harbil – Ksar El Abtal – Mazloug – Ouled Sabor – Ouled Si Ahmed – Ouled Tebben – Rosfa – Salah Bey – Setif – Taya – Tella <b>Autres communes.</b>	<b>D1  C B</b>
<b>20 / SAIDA</b>	Toutes les communes	<b>C</b>

## Annexes

23 ANNABA	Groupe de communes 1 : Annaba – Chetaibi – Ouled El Aneb - Seraidi Autres communes.	A B
24 GUELMA	Groupe de communes 1 : Tamloka Autres communes.	C B
25 CONSTANTINE	Groupe de communes 1 : Ain Smara – Ouled Rahmoune Autres communes.	C B
26 MEDEA	Groupe de communes 1 : Aissaouia – Baata – Benchicao – Beni Slimane – Bir Ben Laabed – Bouchraïl – Bouskene – Deux Bassins – Djouab – Draa Essamar – El Azizia – El Guelb El Kebir – El Hamdania – El Omara – Khams Djouamaa – Medea – Meghraoua – mezzana – Mihoub – Ouamri – Ouled Harbil – Ouled Brahim – Ouzera – Sidi Errabia – Sidi Naamane – Sidi Zahar – Sedraia – Souaghi – Tablat – Tamesguida – Tizi Mehdi Groupe de communes 2 : Hannacha Autres communes.	B B' C
27 MOSTAGANEM	Groupe de communes 1 : Ouled Maalah – Sidi Ali Groupe de communes 2 : Bouguirat – Ouled El Kheir – Ouled Safsaf – Mansourah – Nekmaria – Sirat – Sour – Souafia – Tazghait - Touahria Autres communes.	B' B A
28 M'SILA	Groupe de communes 1 : Ain El Hadjel – Beni Ilmane – Bir Foda – Bouti Sayah – Djebel Messad – El Hamel – El Houamed – Hammam Dhala – Maadid – Medjedel – Menaa – Oultene – Sidi Aissa – Sidi Ameur – Sidi Hadjeres – Slim – Tamount – Tamsa – Ouanougha Autres communes.	C D1
29 MASCARA	Groupe de communes 1 : Alafnia Groupe de communes 2 : Ain Ferah – Ouled El Abtal – Sidi Abdeldjabar-Sehailia Groupe de communes 3 : Aouf – Benian – Gharrous – M'Hamid – Mokhda – Nesmot – Ouled Taria – Sidi Boussaid – Sidi Kada Autres communes.	A B' C B
30 / OUARGLA	Toutes les communes	D1
31 ORAN	Groupe de communes 1 : El Braya – El Karma – Ouled Tielat - Tafradou Autres communes.	B A
32 EL BAYADH	Groupe de communes 1 : Boussemghoum – Brezina – El Benoud – El Abiod Sidi Cheikh Autres communes.	D1 C
33 ILLIZI	Groupe de communes 1 : Deb Deb – In Amenas – Bordj Omar Driss Autres communes.	D1 D3
34 BORDJ BOU ARRERIDJ	Groupe de communes 1 : Ouled Sidi Brahim Autres communes.	B C
35 BOUMERDES	Groupe de communes 1 : Ammal – Beni Amrane – Bordj Menail – Bouzegza Keddar – Chabet El Ameur – El Kharouba – Isser – Larbatache - Khemis El Khechna – Naciria – Si Mustapha – Souk El Had - Timezrit Autres communes.	B A
36 EL TARF	Groupe de communes 1 : Ben M'Hidi – Berrhane – Echott – El Kala - Souarekh Autres communes.	A B
37 / TINDOUF	Toutes les communes	D1
38 TISSEMSILT	Groupe de communes 1 : Lazharia Groupe de communes 2 : Beni Lahcene – Bordj Bounaama – Boucaid – Larbaa – Lardjem – Maasem – Mellaab – Sidi Lantri – Sidi Slimane - Tamalaht Autres communes.	B' B C
39 / EL OUED	Toutes les communes	D1
40 KHENCHELA	Groupe de communes 1 : Babar – Bouhmama – Cherchar – Djellal – El Ouldja – Khirane – M'Sara Autres communes.	D1 C
41 SOUK AHRES	Groupe de communes 1 : Ain Zana – Haddada – Hanancha – Khedara – Mechroha – Merahna – Ouled Driss – Ouled Moumen – Quillen – Sidi Fredj – Souk Ahras – Taoura - Zaarouria Autres communes.	B C

## Annexes

42 TIPAZA	Groupe de communes 1 : Ahmer El Ain – Attafba – Bourkika – Menaceur – Meurad Autres communes.	B A
43 MILA	Groupe de communes 1 : Ain Mellouk – Benyahia – Abderrahmane – Chelghoum Laid – El Mechira – Oued Athmania – Oued Khalouf – Oued Seguen – Tadjenanet – Telerghma Autres communes.	C B
44 AIN DEFLA	Groupe de communes 1 : Ain Lechiakh – Oued Djemaz – Tarik Ibn Ziad – Groupe de communes 2 : Ain Benian – Ain Torki – Arib – Bathia – Belaas – Ben Allah – Boumedfaa – El Hassania – Hammam Righa – Hoceinia – Miliana – Tacheta Zougagha Autres communes.	C  B B'
45 NAAMA	Groupe de communes 1 : Asla – Djenien Bourezg – Morhar Autres communes.	D1 C
46 AIN TEMOUCHENT	Groupe de communes 1 : Aghlal – Ain Kihal – Ain El Arbaa – Ain Temouchent – Aoubellil – Chaabet El Ham – Chentouf – Hammam Bouhdjar – Hassasna – ouled Berkeche – Ouled Sabah – Sidi Boumediane – Tamzoura Autres communes.	B A
47 / GHARDAIA	Toutes les communes	D1
48 RELIZANE	Groupe de communes 1 : Beni Zentis – Kalaa – Mediouna – Mendes – Sidi M'Hamed Benali – Sidi saada – Yellel Autres communes.	B B'

## **Résumé**

La simulation de la climatisation d'un supermarché composé de trois zones (la zone des produits alimentaires, la zone des produits non-alimentaires, et un espace de stockage et de réfrigération.) a été réalisée avec TRNSYS. Pour intégrer les caractéristiques d'un bâtiment multizones nécessaire à la simulation thermique TRNBUILD a été utilisé.

Le système de climatisation fonctionne sous les données climatiques de la ville de Dar EL Beida en Algérie. Nous avons réalisé une simulation du comportement thermique d'un centre commercial dans le but d'assurer un confort climatique optimal dans la zone des produits alimentaires (Zone A) pour préserver la fraîcheur des produits. La zone des produits non-alimentaires (Zone NA) est maintenue à 20 degrés Celsius pendant les heures d'occupation et à 15 degrés en dehors de ces heures, tandis que la zone de stockage n'est pas chauffée.

*Mots clés:* climatisation, TRNSYS, TRNBUILD, supermarché

## **Abstract**

The simulation of the air conditioning of a supermarket composed of three zones (the food products zone, the non-food products zone, and a storage and refrigeration space.) was carried out with TRNSYS. To integrate the characteristics of a multi-zone building necessary for thermal simulation TRNBUILD was used.

The air conditioning system operates under the climate data of the city of Dar EL Beida in Algeria. We carried out a simulation of the thermal behavior of a shopping center with the aim of ensuring optimal climatic comfort in the food products area (Zone A) to preserve the freshness of the products. The non-food product area is maintained at 20 degrees Celsius during busy hours and 15 degrees outside of these hours, while the storage area is not heated.

*Keywords:* air conditioning, TRNSYS, TRNBUILD, supermarket

## **ملخص**

تم تنفيذ محاكاة تكييف الهواء لمتجر كبير مكون من ثلاث مناطق (منطقة المنتجات الغذائية، ومنطقة المنتجات غير الغذائية، ومساحة التخزين والتبريد.) باستخدام TRNSYS لدمج خصائص المبنى متعدد المناطق اللازم للمحاكاة الحرارية تم استخدام TRNBUILD

يعمل نظام تكييف الهواء وفق المعطيات المناخية لمدينة الدار البيضاء في الجزائر. أجرينا محاكاة للسلوك الحراري لمركز تسوق بهدف ضمان الراحة المناخية المثلى في منطقة المنتجات الغذائية (أ) للحفاظ على نضارة المنتجات. يتم الحفاظ على درجة حرارة منطقة المنتجات غير الغذائية عند 20 درجة مئوية خلال ساعات الذروة و 15 درجة خارج هذه الساعات، بينما لا يتم تسخين منطقة التخزين.

**كلمات المفتاحية** TRNSYS TRNBUILD سوبر ماركت