

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur  
et de la Recherche Scientifique  
Université Akli Mohand Oulhadj - Bouira -  
Tasdawit Akli Muḥend Ulḥağ - Tubirett -



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
جامعة أكلي محمد أولحاج  
- البويرة -

## ***Faculté des sciences et des sciences Appliquées***

### ***\*\* Département de Génie Mécanique \*\****

Projet de fin d'étude

En vue d'obtention diplôme de master en :

mécanique-énergétique

## **Etude et Simulation de la Climatisation sous TRANSYS**

### ***Réalisé par :***

- Azgag mohammed said
- Abdedou karim

### ***Encadré par :***

Dr.mahfoud. B

### ***Membres de jury***

- Mr.Merzouk
- Mme.Baghdadi

Année : 2017 /2018

# *Remerciement.*

*En préambule, je souhaite rendre grâce à Dieu, le clément et le miséricordieux de m'avoir donné la force et la patience de mener à bien ce modeste travail*


*Je tiens évidemment à débiter ces remerciements en témoignant de ma profonde reconnaissance envers Monsieur Brahim MAHFOUD, maître de conférence à l'Université BOUIRA pour m'avoir encadré et dirigé ce travail avec patience.*

*Je remercie vivement Monsieur .....Maître de conférences à l'Université BOUIRA, qui m'a fait l'honneur de présider le jury, ainsi que pour sa contribution à ma formation.*

*Je veux exprimer mes remerciements aux membres de jury,*

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

*Merci à tous*



# Dédicace

*A MES PARENTS QUI M'ONT AIDÉ ET SOUTENU*

*TOUT AU LONG DE MES ÉTUDES*

*A MA GRAND-MÈRE QUE DIEU PROLONGE SA VIE*

*A MON GRAND-PÈRE QUE DIEU PROLONGE SA VIE*

*A MES FRÈRES*

*A MES SŒURS*

*A MES AMIS*

*ET À TOUS LES GENS QUI ME CONNAISSENT.*

*JE DÉDIE CE MODESTE TRAVAIL*

Abdedou Karim



# *Dédicace*

*JE DÉDIE CE TRAVAIL À MES PARENTS QUE LE DIEU*

*LES PROTÈGE*

*À MES FRÈRES,*

*À MA SŒUR*

*MES TRÈS CHERS PARENTS*

*- TOUTE LA FAMILLE*

*- À MES AMIS*

*CHACUN À SON NOM*

*- TOUS LES MEMBRES DE GROUPE ÉNERGÉTIQUE,*

*PROMOTION*

*2018.*

Azgag Mohammed Said

## Résumé

La simulation de la climatisation d'un restaurant constitué de trois zones sous TRNSYS a été faite pour permettre d'introduire les caractéristiques d'un bâtiment multizone nécessaire à la simulation thermique, on a fait appel à TRNBuild. Le système de climatisation fonctionne sous les données climatiques des villes de Béchar et de Dar El Beïda (Algérie). La simulation du restaurant détermine la charge thermique transmise vers la cuisine qui est en d'autres termes la charge de climatisation de la cuisine jusqu'à obtenir une température de consigne (25°C). Les résultats montrent que les déperditions dépendent du climat extérieur et de l'enveloppe du restaurant. La charge de la climatisation en été pour le sud est composée par le chauffage en hiver.

*Mots clés:* climatisation, restaurant, TRNSYS, TRNBuild, déperditions

### ملخص

يمثل هذا العمل دراسة و محاكاة تكييف الهواء في مطعم مكون من ثلاث مناطق باستعمال برنامج TRNSYS من اجل ادخال المعلومات المطلوبة في الدراسة ، لجأنا الى البرنامج الخاص بالعمارات وهو TRNBuild. يعمل نظام تكييف الهواء تحت البيانات المناخية لمدينتي بشار ودار البيضاء (الجزائر). وتحدد محاكاة المطعم حمولة الحرارة التي تنتقل إلى المطبخ والتي هي بعبارة أخرى حمل تكييف الهواء للمطبخ حتى يصل إلى درجة حرارة محددة (25 درجة مئوية). أظهرت النتائج أن ضياع الطاقة يعتمد على المناخ الخارجي والمواد العازلة في بناء المطعم . وجدنا ان ضياع طاقة تكييف الهواء في الصيف بالنسبة للجنوب يعوض بعدم التدفئة في فصل الشتاء .

، تكييف الهواء، المطعم، ضياع الطاقة

كلمات المفتاحية TRNSYS, TRNBuild

### Abstract

The simulation of the air condition of a restaurant built in three areas under TRNSYS was done. To introduce the characteristics of a multi-zone building required for thermal simulation, TRNBuild was called. The air conditioning system operates under the climatic data of the cities of Béchar and Dar El Beïda (Algeria). The simulation of the restaurant determines the heat load transmitted to the kitchen which is in other words the air conditioning load of the kitchen until reaching a set temperature (25 ° C). The results show that the losses depend on the outdoor climate and the restaurant envelope. The load of air conditioning in summer for the south is composed by heating in winter.

**keywords:** TRNSYS, TRNBuild, restaurant, simulation, load.

## Sommaire

Nomenclature.....	ii
Liste des figures.....	iv
Liste des tableaux.....	vi
Introduction générale.....	1
I- généralités et revue bibliographique.....	2
I.1 Historique.....	2
I.2 Définition de la climatisation.....	3
I.3 Les différents systèmes de climatisations.....	4
I.3.1 Les systèmes à détente directe.....	4
I.3.2 Les climatiseurs de toiture.....	8
I.3.3 Les armoires de climatisation.....	9
I.3.4 Les pompes à chaleur.....	12
I.3.5 La climatisation centrale à eau glacée.....	14
I.3.6 La diffusion de l'air.....	19
Chapitre II : Modélisation et présentation de logiciel TRANSYS.....	23
II.1 Introduction.....	23
II.2 Aperçu sur TRNSYS.....	23
II.2.1 TRNSYS Simulation Studio.....	24
II.2.2. Vue sur le simulateur TRNSYS.....	25
II.2.3. TRNBuild.....	27
II.3 Le bilan d'énergie de bâtiment (restaurant).....	27
II.3.1 Charges externes.....	27
II.3.2 Charges internes.....	29
Chapitre III : Simulation du restaurant sous TRANSYS.....	32
III.1 Introduction.....	32
III.2. Les conditions de simulation.....	32
III.2.1. Les conditions climatiques.....	32
III.3. Simulation avec TRANSYS.....	33
III.3.1. Définition des différents composants (TYPE).....	34
III.4. TRNBuild.....	34
III.5 Conclusion.....	44
Chapitre IV : Résultats et discussions.....	45
IV. 1.Description du restaurant.....	45
IV.2. Températures des zones thermiques.....	48
IV.3.Charge thermique.....	53
IV.4. Les pertes thermiques du restaurant.....	57
IV.5. l'effet de l'isolation thermique.....	58
Conclusion.....	59
Bibliographies.....	60

## *Nomenclature*

<b>Grandeurs</b>	<b>Unités</b>
U : coefficient de transmission thermique de la paroi ou du vitrage	W/m <sup>2</sup> C
S : surface de la paroi ou de la fenêtre	m <sup>2</sup>
Q <sub>SRm</sub> : La quantité de chaleur traversant les parois	W
F : facteur de rayonnement solaire	
R <sub>m</sub> : rayonnement solaire absorbé sur la surface du mur	W/m <sup>2</sup>
Q <sub>SRv</sub> : La quantité de chaleur traversant le vitrage	W
g : facteur de réduction	
R <sub>v</sub> : intensité du rayonnement solaire sur les vitrages	W/m <sup>2</sup>
Q <sub>Sr</sub> : Gains sensibles par renouvellement d'air	W
Q <sub>Lr</sub> : Gains latents par renouvellement d'air	W
q <sub>v</sub> : débit d'air extérieur de renouvellement	m <sup>3</sup> /h
Q <sub>Soc</sub> : Gains sensibles occupants	W
Q <sub>Loc</sub> : Gains latents occupants	W
n : nombre d'occupants	
C <sub>Soc</sub> : chaleur sensible des occupants	W
C <sub>Loc</sub> : chaleur latente des occupants	W
Q <sub>Sec</sub> : Apport de chaleur par l'éclairage	W
Q <sub>Séquip</sub> : Apport de chaleur par les machines et appareillages	W
P : puissance de la lampe	W
Q <sub>T</sub> : charges total	W
Q <sub>S</sub> : charges sensibles	W
Q <sub>L</sub> : charges latentes	W

## Symboles grecs

$\Delta\theta$ : différence de température entre les deux faces de la paroi	°C
$\alpha$ : coefficient d'absorption	°C
$\theta_e$ : température extérieure de base	°C
$\theta_i$ : 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

## **Liste des figures**

### **Chapitre I**

<b>Figure (I.1)</b> : Schéma de principe d'un climatiseur de fenêtre .....	05
<b>Figure (I.2)</b> : Climatiseur mobile .....	05
<b>Figure (I.3)</b> : Climatiseur monobloc à condensation par eau .....	06
<b>Figure (I.4)</b> : Vue d'ensemble d'une installation à éléments séparés.....	07
<b>Figure (I.5)</b> : Exemple d'unité extérieure raccordée à 2 unités intérieures .....	07
<b>Figure (I.6)</b> : Unité extérieure pouvant être raccordée jusqu'à 9 unités .....	08
<b>Figure (I.7)</b> : Vue d'une unité gainable (Doc. Airwell).....	08
<b>Figure (I.8)</b> : Exemple d'implantation de climatiseurs de toiture.....	08
<b>Figure (I.9)</b> : Climatiseurs de toiture (Doc. Airwell) .....	09
<b>Figure (I.10)</b> : Armoire monobloc à condensation par air .....	10
<b>Figure (I.11)</b> : Circuit hydraulique complet d'une armoire de climatisation à condensation par eau. L'eau est refroidie par un aérorefrigérant .....	11
<b>Figure (I.12)</b> : Schéma de principe fluidique (circuit à eau glycolée et circuits frigorifiques) d'une armoire analogue à l'exemple précédent (Doc. CIAT) .....	12
<b>Figure (I.13)</b> : pompe à chaleur eau-air .....	13
<b>Figure (I.14)</b> : Représentation schématique d'une pompe à chaleur eau-air .....	13
<b>Figure (I.15)</b> : Diagramme T-S et P-H représentant le cycle thermodynamique idéal d'une pompe à chaleur.....	14
<b>Figure (I.16)</b> : Exemple de climatisation centrale.....	15
<b>Figure (I.17)</b> : Groupes frigorifiques de production d'eau glacée .....	16
<b>Figure (I.18)</b> : Ventilateur-convecteur .....	17
<b>Figure (I.19)</b> : Types de ventilateur-convecteurs .....	18
<b>Figure (I.20)</b> : Centrale de traitement d'air .....	19
<b>Figure (I.21)</b> : Zone d'occupation et portée .....	21
<b>Figure (I.22)</b> : Influences (angles d'ouverture, vitesses de soufflage) sur la portée des ETD .....	21
<b>Figure (I.23)</b> : Exemple d'un ETD.....	22

### **Chapitre II**

<b>Figure (II.1)</b> : Interface du logiciel TRNSYS .....	25
<b>Figure (II.2)</b> : Espace de travail de TRNSYS .....	25
<b>Figure (II.3)</b> : Liens entrée-sortie entre modèles et fenêtre de paramètres de simulation.....	26
<b>Figure (II.4)</b> : Interface du logiciel TRNBuild .....	27

### **Chapitre III**

<b>Figure (III.1)</b> : variation de la température mensuelle de Dar el Beida.....	32
<b>Figure (III. 2)</b> : variation de la température mensuelle de Bechar.....	33
<b>Figure (III.3)</b> : system de climatisation d'un restaurant sous TRANSYS.....	33
<b>Figure (III.4)</b> : identifier le projet dans TRNBuild.....	34
<b>Figure (III.5)</b> : Propriétés de l'air .....	35
<b>Figure (III. 6)</b> : inputs Houtside.....	36
<b>Figure (III. 7)</b> : les différents types de programme .....	36
<b>Figure (III.8)</b> : les matériaux de construction des Murs extérieurs.....	37
<b>Figure (III.9)</b> : les matériaux de construction des Murs intérieurs .....	37
<b>Figure (III.10)</b> : les matériaux de construction de plancher.....	38

<b>Figure (III.11)</b> : les matériaux de construction de toiture .....	38
<b>Figure (III.12)</b> : les caractéristiques des fenêtres.....	39
<b>Figure (III.13)</b> : les types d'infiltration.....	39
<b>Figure (III.14)</b> : les paramètres de ventilation .....	40
<b>Figure (III.15)</b> : les paramètres de refroidissement .....	40
<b>Figure (III.16)</b> : les paramètres de chauffage .....	41
<b>Figure (III.17)</b> : les murs de zone de la salle à manger .....	41
<b>Figure (III.18)</b> : les murs de la zone de la cuisine .....	42
<b>Figure (III.19)</b> : les murs de la zone Stockage.....	42
<b>Figure (III.20)</b> : output des trois zones .....	43
<b>Figure (III.21)</b> : output de la salle à manger .....	43
<b>Figure (III.22)</b> : Output de la cuisine.....	44
<b>Figure (III.23)</b> : output de stockage .....	44

## Chapitre IV

<b>Figure (IV.1)</b> : Vue en plan de restaurant .....	45
<b>Figure (IV.2)</b> :Températures de la salle à manger (DINING), la température de stockage (STORAGE) et la température de la cuisine (KITCHEN) pendant une semaine à la ville de Béchar.....	49
<b>Figure (IV.3)</b> : Températures de la salle à manger (DINING), la température de stockage (STORAGE) et la température de la cuisine (KITCHEN) pendant une semaine à la ville de Dar El Beida .....	49
<b>Figure (IV.4)</b> : Températures pendant une semaine du mois de Juillet à la ville de Béchar.....	51
<b>Figure (IV.5)</b> : Températures pendant une semaine de mois de Juillet à la ville de Dar El Beida ..	51
<b>Figure (IV.6)</b> : Températures pendant une année à la ville de Dar El Beida .....	52
<b>Figure (IV.7)</b> : Températures pendant une année à la ville de Béchar.....	52
<b>Figure (IV.8)</b> : Consommation énergétique (climatisation) pendant une année à la ville de Dar El Beida .....	54
<b>Figure (IV.9)</b> : Consommation énergétique (climatisation) pendant une année à la ville de Béchar.....	55
<b>Figure (IV.10)</b> : Consommation énergétique (chauffage) pendant une année à la ville de Dar El Beida.....	55
<b>Figure (IV.11)</b> : Consommation énergétique (chauffage) pendant une année à la ville de Béchar.....	56
<b>Figure (IV.12)</b> : Consommation de chauffage de la cuisine pendant une année à la ville d'Ottawa .....	56
<b>Figure (IV.13)</b> : Evolution des pertes de chaleur mensuelles a travers l'enveloppe.....	57
<b>Figure (IV.14)</b> : l'effet de l'isolation sur la consommation énergétique (climatisation) pendant une année à la ville de Béchar .....	58

## *Liste des tableaux*

<b>Tableau (II.1)</b> : chaleur dégagée par les personnes .....	30
<b>Tableau (II.2)</b> : la chaleur dégagée par l'éclairage.....	30
<b>Tableau (II.3)</b> : appareillages électriques et à gaz .....	30
<b>Tableau (III.1)</b> : Présentation des TYPE de l'installation .....	35
<b>Tableau (III.2)</b> : Les couches d'isolation .....	36
<b>Tableau (III.3)</b> : Les gains .....	39
<b>Tableau (IV.1)</b> : Les caractéristiques de Restaurant .....	46

## Introduction générale

Ces dernières années, la simulation énergétique offre des possibilités intéressantes pour éclaircir les décisions de l'architecte de maximiser la performance énergétique d'un bâtiment. L'étude et la simulation de climatisation permet de réduire les besoins énergétiques et de créer un climat de bien être à l'intérieur des logements avec des températures agréables et une humidité contrôlée.

Dans ce contexte, le secteur du bâtiment, très énergétivore, mobilise des programmes de recherche importants visant à réduire son impact environnemental dans le cadre d'une politique de développement durable. Les réglementations thermiques définissent des cahiers des charges pour la construction de bâtiments à haute performance énergétique. A moyen terme il est possible d'envisager la réalisation de bâtiments à énergie positive, c'est à dire que sur un bilan annuel produisent plus d'énergie qu'ils n'en consomment.

Le but de ce projet de fin d'étude est de faire une simulation du comportement thermique d'un restaurant constitué de trois zones sous TRNSYS. Pour permettre d'introduire les caractéristiques d'un bâtiment multizones nécessaires à la simulation thermique, on a fait appel à TRNBuild. On a étudié deux sites d'implantation, la ville de Dar El Beida, située au Nord d'Algérie ([36.7°N 3.2°E](#)) Alger et [Béchar](#) au sud d'Algérie ([31. 3°N, 2. 13° O](#)).

### Organisation du mémoire

**Le premier chapitre** est consacré à l'historique de la climatisation, et quelques définitions de la climatisation et les différents systèmes de climatisations.

**Le deuxième chapitre** : présente l'environnement de simulation avec le logiciel TRANSYS et la différente équation pour le calcul des bilans thermiques.

**Le troisième chapitre** décrit la géométrie du restaurant et les conditions de simulations.

**Le quatrième chapitre** présente les résultats des différents cas étudiés à l'aide des figures, des tableaux et la discussions, suivi d'une conclusion générale.

## Chapitre I : Généralités et revue bibliographique

### I.1 Historique

La climatisation moderne a été inventée par Willis H. Carrier en 1902[1], encore que l'on ait pu rencontrer bien avant cette date dès le 16<sup>ème</sup> siècle des systèmes naturels de rafraichissement, obtenus par ruissellement d'eau, provoquant ainsi par évaporation une diminution de la température d'air. Les Romains utilisaient un tunnel souterrain d'apport d'air extérieur qui était un vrai climatiseur puisque l'air entrant dans la maison était assez invariablement autour de 10-12 °C hivers comme été. Ensuite dès la fin du XVIII<sup>ème</sup> siècle, nous retrouvons des réseaux de climatisation avec des blocs de glace intègres à même les réseaux avec ventilation forcée.

Pour le rafraichissement des boissons, les civilisations grecques et égyptiennes utilisent l'effet d'évaporation de l'eau à travers les vases et les jarres poreux. C'est au XIX<sup>ème</sup> siècle que sont apparues les premières machines frigorifiques à compression de fluide.

**1834 :** Jacob PEPPERKINS, de Londres, construit la première machine de réfrigération à compression mécanique avec de l'éther comme réfrigérant ;

**1859 :** Le Français Ferdinand CARRE réalise la première installation industrielle (machine à absorption d'eau+NH<sub>3</sub>=Ammoniac) ;[2]

**1930 :** Grace à l'étude théorique du chimiste belge Frédéric SWARTS, le grand essor de l'industrie du froid s'installe, avec la mise au point par une société américaine d'un nouveau fluide frigorigène « Le DICHLORODIFLUOROMETHANE »(R12).

**1950 :** Général Motors met en place des glaces teintées sur ses véhicules pour réduire la température intérieure engendrée par rayonnement.

En France, le chauffage de l'habitacle des véhicules se généralise ;

**1955 :** Les premiers systèmes de conditionnement d'air font leur apparition sur des véhicules américains type Chevrolet. L'ensemble du système était pré-assemblé par Frigidaire à l'usine de Dayton (Ohio) et mis en place sur environ 3500 véhicules durant la même année ;

**1960 :** Les concepteurs aboutissent à combiner le système de réfrigération à celui de chauffage ;

**1970 :** Les constructeurs européens adoptent la climatisation dans leurs véhicules.

**1980 :** Apparition des premiers systèmes de climatisation automatisés sur les véhicules.

## I.2 Définition de la climatisation

La climatisation est définie comme l'action de maîtriser de façon volontaire la température et/ou l'humidité d'un volume d'air afin de satisfaire le confort thermique des utilisateurs. Cela implique donc le chauffage et/ou le refroidissement de la masse d'air d'un local tout au long de l'année. A l'usage le terme climatisation indique plus spécifiquement le fait de refroidir un local pendant la période estivale jusqu'à obtenir une température de consigne (et éventuellement une humidité relative) définie.[3]

Les principales caractéristiques modifiées, contrôlés ou régulés sont :

- le degré de pollution de l'air ambiant (local à traiter) : renouvellement, soit par extraction forcée de l'air hors du local, soit par introduction forcée d'air neuf (air extérieur) dans le local, soit par renouvellement partiel de l'air ambiant pollué (adjonction d'un caisson de mélange),
- la température de l'air : modification en fonction des saisons (chauffer ou refroidir),
- le degré d'hygrométrie de l'air traité : humidification ou déshumidification,
- la teneur en poussières de l'air : traitement par filtration de l'air soufflé ou repris,
- le maintien permanent de conditions intérieures (la régulation).

Comme le chauffage et l'élévation du degré d'humidité relèvent de techniques élémentaires, alors que rafraîchir et déshumidifier l'air nécessite des techniques élaborées, en pratique, on parle de climatisation surtout pour ces deux derniers objectifs.

La climatisation relève essentiellement de la technique des pompes à chaleur et se trouve de plus en plus associé dans un même appareil, un "climatiseur réversible"(rafraîchissement l'été, chauffage l'hiver). La climatisation moderne a été inventée par Willis H. Carrier en 1911.

La climatisation est un mode de confort thermique adapté lorsque la température extérieure est élevée. En été et en intersaisons, le besoin de climatisation est dû aux apports externes (solaire notamment) mais également aux apports interne (nombre important d'occupants, exemple salle de réunion, appareils électriques tels que l'éclairage, la micro-informatique,...).La climatisation apporte le confort thermique d'été, d'intersaisons, mais également en hiver par utilisation du même système pour chauffer les locaux. Le confort en hygrométrie est également pris en compte pour apporter une humidité ambiante contrôlée par les actions d'humidification. Une climatisation est essentiellement une pompe a chaleur d'une

taille adaptée à l'usage (comparable à un réfrigérateur pour climatiser une voiture, mais beaucoup plus gros pour un bâtiment).

### **I.3 Les différents systèmes de climatisations**

Peuvent être classés suivant les catégories suivantes

#### **I. 3.1 Les systèmes à détente directe**

La chaleur est prélevée sur l'air à refroidir à partir d'un échangeur fluide frigorigène J air. Les puissances de ces différents systèmes sont généralement faibles ou moyennes, chaque fabricant développant des matériels spécifiques. On trouve différents systèmes à détente directe:

- les climatiseurs de fenêtre,
- les climatiseurs mobiles,
- les climatiseurs monoblocs,
- les climatiseurs à éléments séparés.

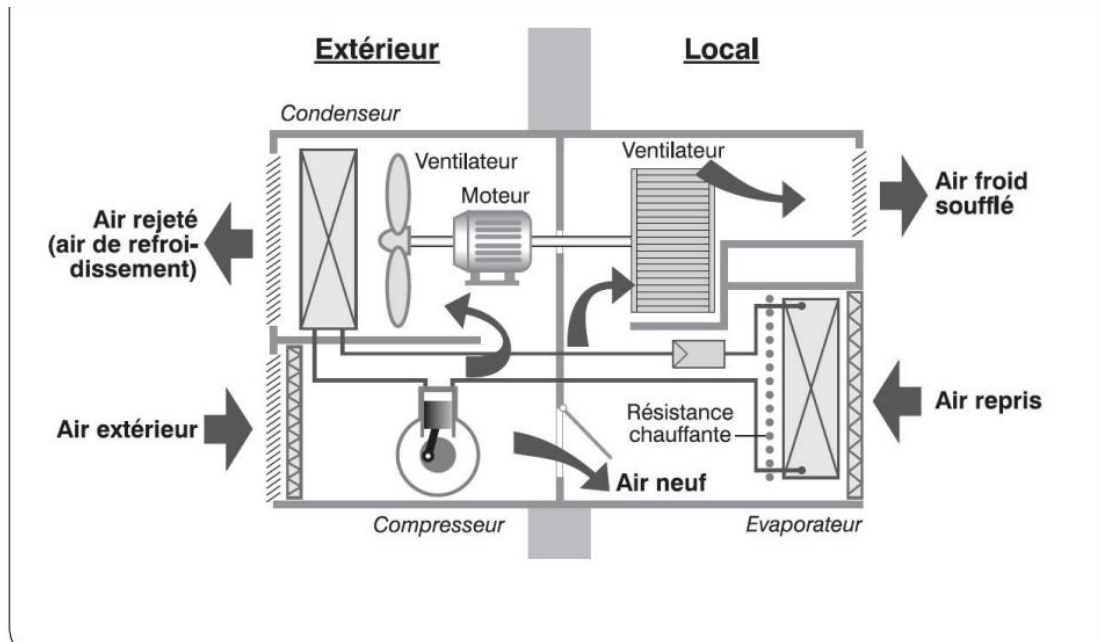
##### **I.3.1.1 Les climatiseurs de fenêtre**

###### **Avantage:**

- Les climatiseurs de fenêtre sont d'un prix très compétitif.
- Ils sont alimentés en monophasé 230 V.
- Leur installation est très rapide si les réservations dans les façades ont été prévues (figure I .1).

###### **Inconvénients :**

- À l'extérieur des bâtiments, leur esthétique n'est pas favorable.
- L'air du local n'est pas brassé de façon homogène.
- Leur niveau de pression acoustique est quelquefois élevé.
- La filtration de l'air y est sommaire.
- Ils ne permettent pas le contrôle de l'hygrométrie.



**Figure (I.1) :** Schéma de principe d'un climatiseur de fenêtre.[10]

En résumé, ces climatiseurs sont donc installés lorsqu'il est souhaité un rafraîchissement de l'ambiance sans exigence de précision.

### **I.3.1.2 Les climatiseurs individuels mobiles :**

Ces appareils permettent la déshumidification et le refroidissement (figure 1.2). Ils comportent un bac de récupération des condensats. Une alarme sonore et/ou visuelle indique le niveau maximum, l'appareil est alors mis automatiquement à l'arrêt lorsque le bac qui réceptionne les condensats est plein. Certains appareils permettent l'évacuation automatique des condensats.

Cet appareil à l'avantage d'être mobile et de ne poser pratiquement aucun problème d'installation et de mise en route.



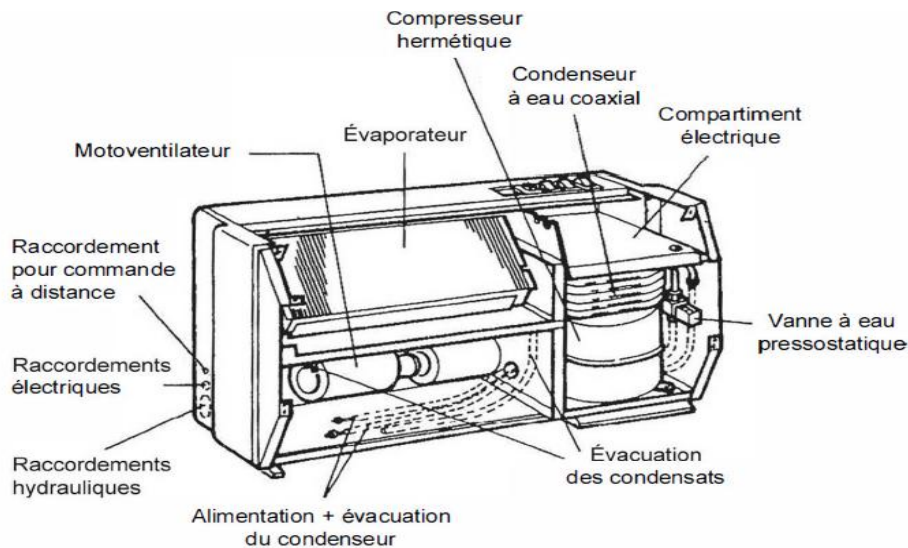
**Figure (I.2) :** Climatiseur mobile.[10].

Ces appareils doivent être raccordés avec l'extérieur par une gaine souple afin de permettre l'évacuation de la chaleur de condensation. Ce rejet de l'air de condensation conduit à mettre le local en dépression. La compensation se fait par les huisseries et les différentes aérations, ce qui est pénalisant sur le plan énergétique. Certains fabricants proposent la reprise et le rejet de l'air de condensation par gaines souples, ce qui est préférable sur le plan énergétique.

### I.3.1.3 Les climatiseurs monoblocs à condensation par eau :

Les climatiseurs monoblocs ont pour principal avantage d'être faciles à installer. Ils sont généralement équipés de ventilateurs à plusieurs vitesses.

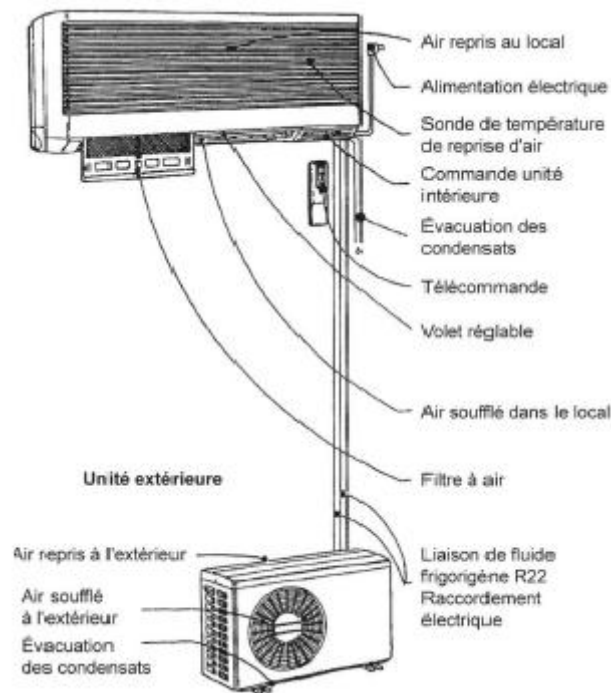
Ils peuvent permettre le chauffage et le refroidissement (figure 1.3).



**Figure (I.3) :** Climatiseur monobloc à condensation par eau. .[10]

### I.3.1.4 Les climatiseurs à éléments séparés

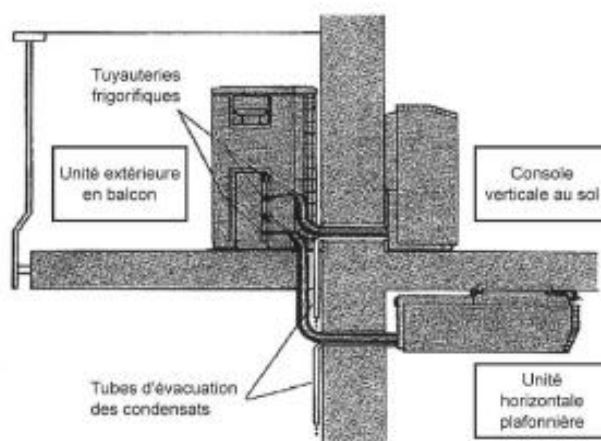
L'avantage de ce système est que la principale source de bruit est extérieure au local climatisé. Ce choix technologique implique généralement de grandes longueurs des tuyauteries liquide et d'aspiration ce qui induit des pertes de charge significatives, il en découle une dégradation du rendement énergétique de la machine (figures I.4 à I.7).



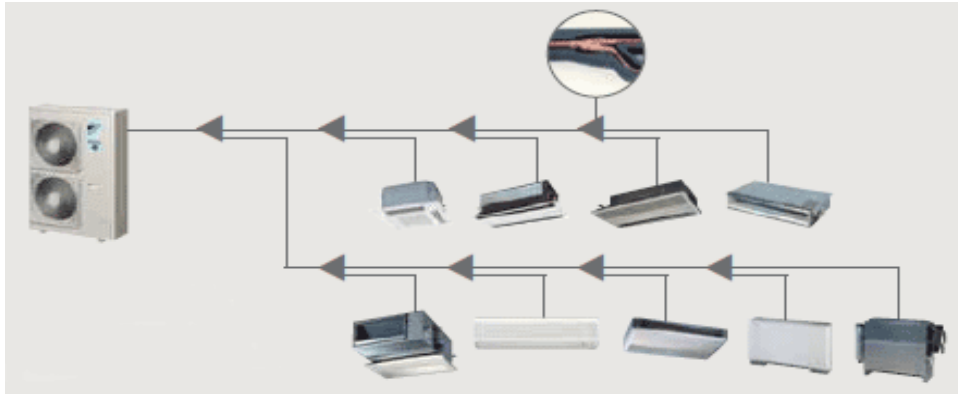
**Figure (I.4) :** Vue d'ensemble d'une installation à éléments séparé.[10]

Les unités terminales peuvent être:

- de type mural,
- de type console
- de type cassette à 1, 2 ou 4 voies, cette unité est alors incorporée au faux plafond,
- de type gainable, cette unité est alors logée dans le faux plafond.



**Figure (I.5) :** Exemple d'unité extérieure raccordée à 2 unités intérieures. .[10]



**Figure (I.6) :** Unité extérieure pouvant être raccordée jusqu'à 9 unités. .[10]

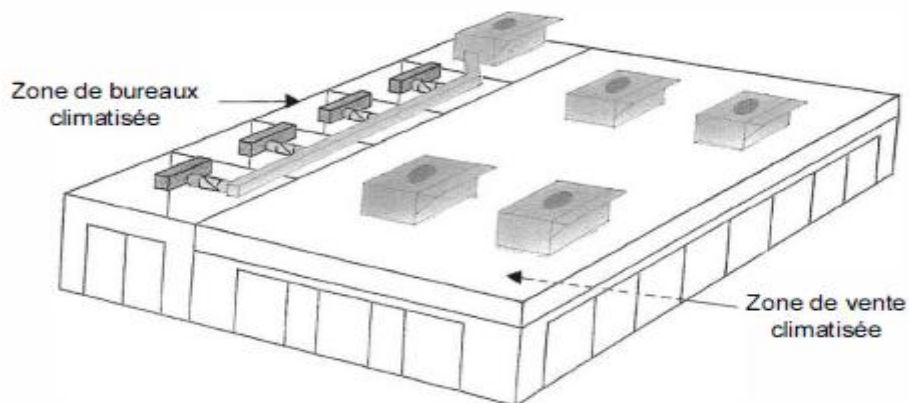


**Figure (I.7) :** Vue d'une unité gainable (Doc. Airwell). .[10]

### I.3.2 Les climatiseurs de toiture

Les climatiseurs de toiture sont des ensembles monoblocs capables de filtrer, refroidir, déshumidifier ou chauffer de l'air (figures I.8 et I.9). La partie chauffage du système peut être réalisée par les moyens suivants :

- électrique,
- eau chaude,
- gaz,
- pompe à chaleur.



**Figure (I.8) :** Exemple d'implantation de climatiseurs de toiture.[10]



**Figure (I.9) :** Climatiseurs de toiture (Doc. Airwell) .[10]

Les climatiseurs de toiture sont fréquemment utilisés dans les locaux commerciaux (supermarchés, hypermarchés, etc.).

**Avantage :**

- la mise en œuvre est facile et rapide,
- la salle des machines (consommatrice de m<sup>2</sup>) disparaît,
- lors d'intervention (dépannage ou maintenance), il n'en découle pas de gêne pour les occupants.

**Inconvénients**

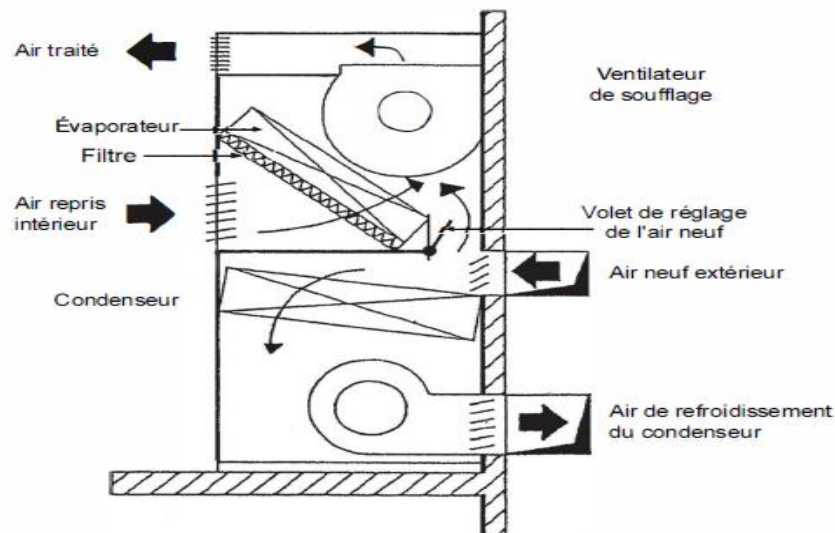
- le poids de ces matériels nécessite une terrasse conçue en conséquence,
- ce matériel bien que conçu pour l'extérieur a une durée de vie généralement
- inférieure au matériel installé à l'intérieur,
- la manutention afférente à la mise en place de ces matériels en terrasse
- peut quelquefois s'avérer compliquée et coûteuse.
- Certains fabricants proposent une gamme allant de 10 à 100 kW froid.

### **I.3.3 Les armoires de climatisation**

La gamme des armoires de climatisation est très vaste (figures I.10 à I.12). Différentes variantes possibles :

- refroidissement seul à partir d'une batterie à détente directe,
- refroidissement seul à partir d'une batterie à eau glacée,
- refroidissement et chauffage, le chauffage pouvant être assuré par des batteries électriques ou une batterie à eau chaude,
- refroidissement, chauffage et contrôle de l'hygrométrie,

- le soufflage peut être par le haut (cas de climatisation classique), ou par le bas ; l'air traité est alors soufflé dans un plénum, ce qui est classique en salle informatique. On parle alors d'armoire à soufflage inversé,
- armoire monobloc,
- armoire avec élément séparé, le condenseur seul peut être extérieur, le compresseur et le condenseur peuvent aussi être extérieurs,
- la régulation peut être tout ou rien, analogique (de moins en moins souvent) ou numérique communicante,
- la gamme de puissance est par ailleurs très grande,
- la batterie froide peut être à détente directe ou à eau glacée,
- le niveau d'efficacité de la filtration peut par ailleurs être adapté à l'application



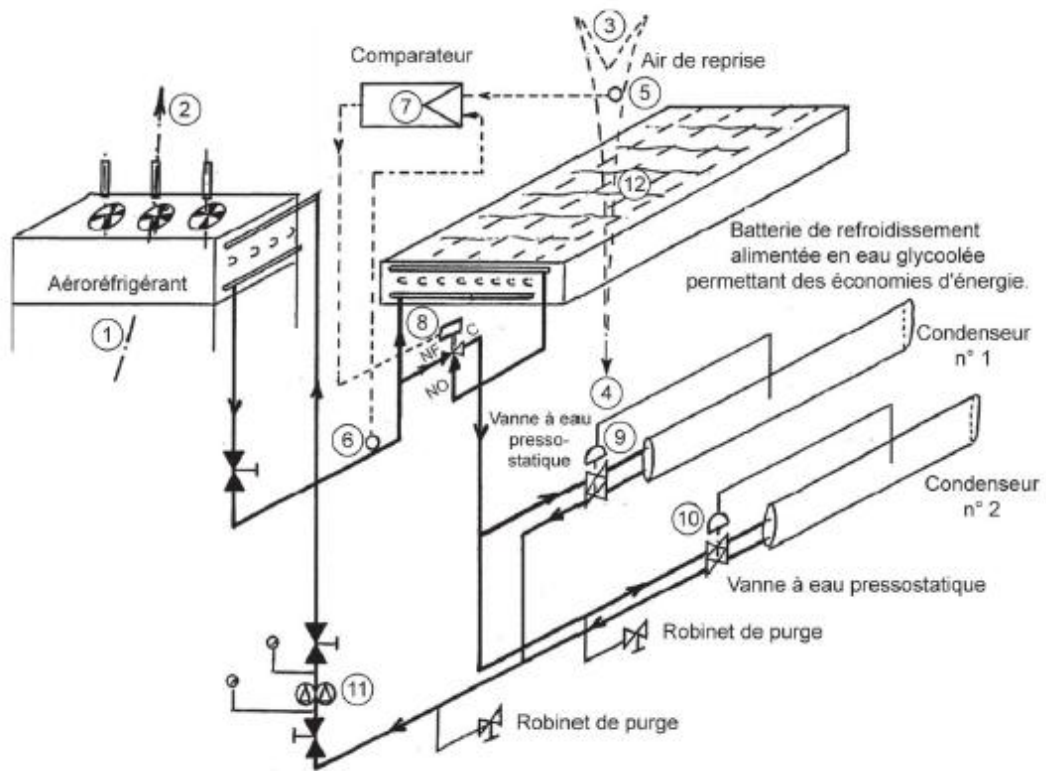
**Figure (I.10) :** Armoire monobloc à condensation par air.[10]

### I.3.3.1 Armoire de climatisation à condensation par eau

Prenons l'exemple d'une armoire de climatisation à condensation par eau pour salle informatique (soufflage inversé). L'eau de condensation est refroidie par un aéroréfrigérant. Le contrôle de la haute pression est assuré par des vannes à eau pressostatique (rep .9 et 10, figure I.11). Cette armoire comporte une batterie (rep.12) permettant le refroidissement gratuit (aux frais de pompage près !) lorsque des conditions le permettent ; cette batterie est souvent appelée batterie de récupération.

La batterie est irriguée lorsque la température de l'eau émanant de l'aéroréfrigérant est inférieure à la température de l'air de reprise. Le comparateur (7) compare les

températures (5) et (6). Lorsque  $\theta_6 > \theta_5$ , le comparateur envoie un signal au servomoteur (8). La voie NO se ferme et la voie NF s'ouvre, la batterie est alors bypassée. Inversement, lorsque  $\theta_6 < \theta_5$ , l'eau de l'aéroréfrigérant a un pouvoir de refroidissement, le servomoteur ne reçoit pas de signal, la voie NF est alors fermée et la batterie est irriguée. Figure I.11 donne le schéma de principe de la partie hydraulique.



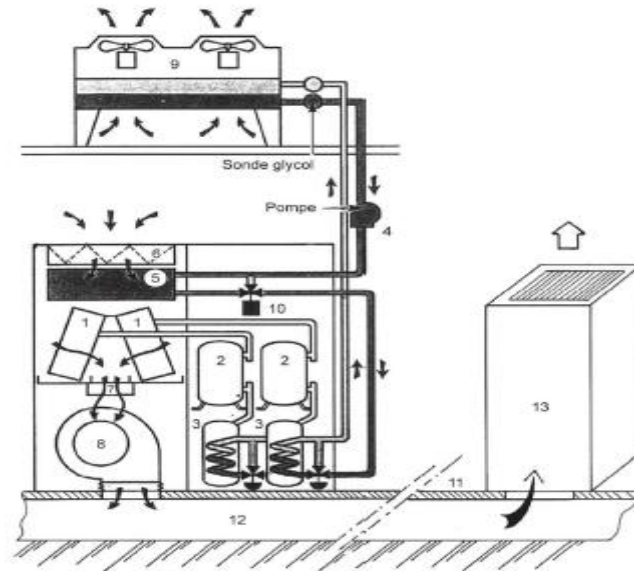
**Figure (I.11):** Circuit hydraulique complet d'une armoire de climatisation à condensation par eau. L'eau est refroidie par un aéroréfrigérant.[10]

(1-2) : circulation de l'air dans l'aéroréfrigérant ; (3-4) : air de reprise dans la batterie de récupération ; (5) : sonde de température de l'air de reprise ; (6) : sonde de température de l'eau au départ de l'aéroréfrigérant ; (7) : comparateur ; (8) : servomoteur de la vanne 3 voies permettant ou non le bypassage de la batterie de récupération ; (9-10) : vannes à eau pressostatiques ; (11) : pompes ; (12) : batterie permettant le refroidissement par l'eau de l'aéroréfrigérant (batterie de récupération).

### 1.3.3.2 Armoire de climatisation à condensation par air

La régulation de la batterie de récupération de la figure I.12 est analogue à celle décrite dans l'exemple précédent.

L'avantage de la technologie du flux inverse (soufflage dans le plenum faux plancher) réside dans la possibilité de déplacer, de modifier ou d'augmenter le parc informatique sans problème, le faux plancher étant constitué de dalles amovibles.



**Figure (I.12) :** Schéma de principe fluidique (circuit à eau glycolée et circuits frigorifiques) d'une armoire analogue à l'exemple précédent (Doc. CIAT) .[10 ]

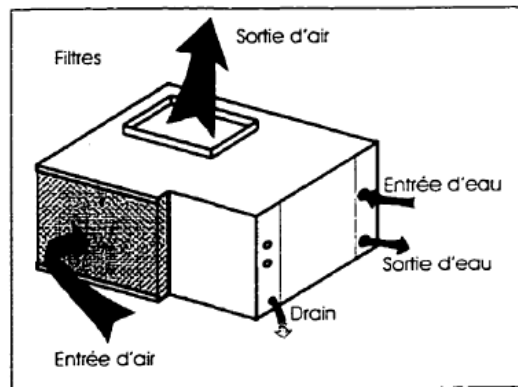
(1) : batteries à détente directe ; (2) : compresseurs ; (3) : condenseurs à eau ; (4) : pompe à eau glycolée ; (5) : batterie de récupération ; (6) : filtre à air ; (7) : batterie de chauffage électrique ; (8) : ventilateur ; (9) : aéroréfrigérant ; (10) : vanne 3 voies permettant la régulation de batterie de récupération ; (11) : faux plancher ; (12) : plenum en surpression contenant l'air traité ; (13) : matériel informatique nécessitant un refroidissement.

### 1.3.4 Les pompes à chaleur

Une pompe à chaleur est un appareil de réfrigération qui extrait la chaleur d'une source pour la rejeter dans un puits à une température plus élevée. L'avantage principal des pompes à chaleur est qu'elles opèrent avec un rendement énergétique supérieur à 100%.

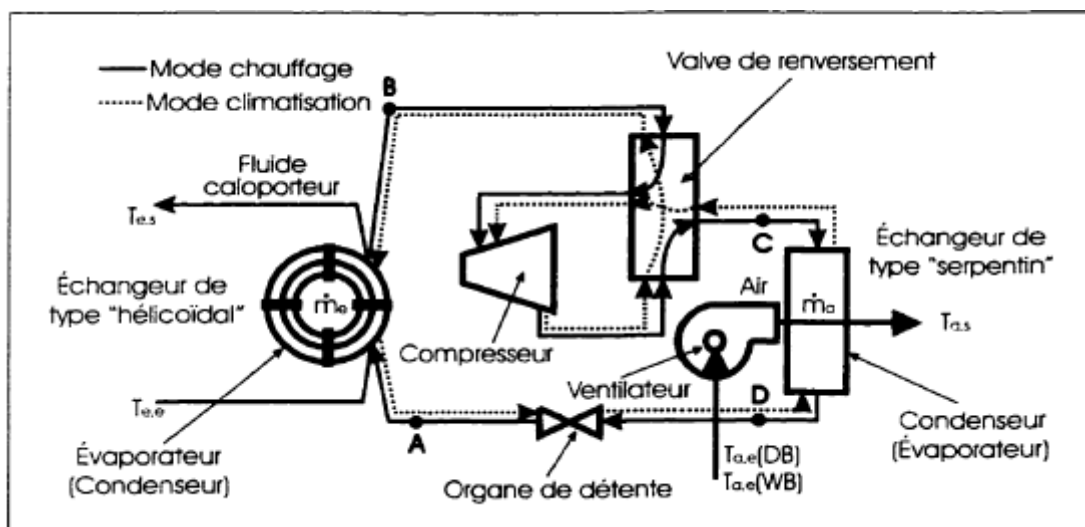
Dans la présente étude, la source est associée à la boucle thermique d'eau mitigée alors que le puits est l'air du bâtiment. La convention habituelle assigne l'appellation «eau-

air» à une telle pompe à chaleur. La figure I.12 présente l'aspect extérieur d'une telle pompe à chaleur eau-air.



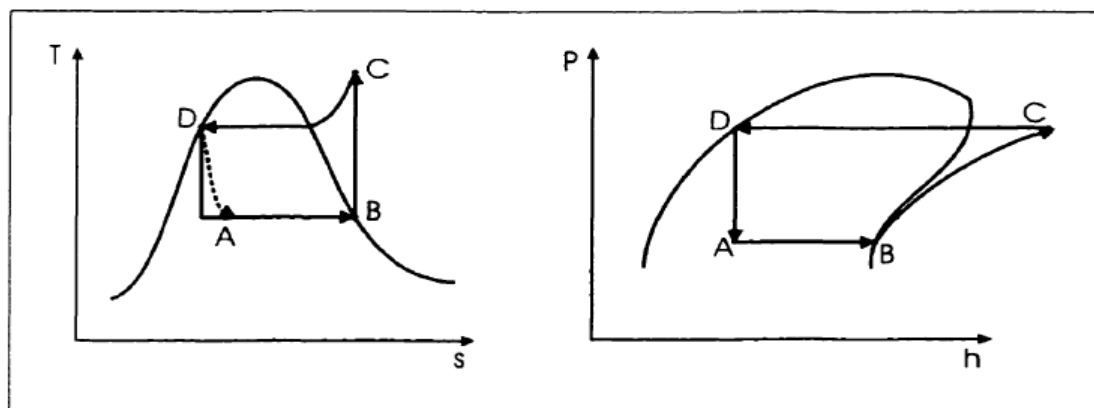
**Figure (I.13) :** pompe à chaleur eau-air.[11]

La figure (I.13) montre une représentation schématique du fonctionnement d'une pompe à chaleur eau-air. Les pompes à chaleur peuvent passer du mode chauffage au mode climatisation (et inversement) par la simple action d'une valve de renversement. En mode chauffage (lignes pleines sur la figure I.13), l'énergie est puisée dans la boucle thermique à basse température (évaporateur-évolution A-B), puis, grâce au cycle de réfrigération, le rejet au condenseur (évolution C-D) se fait à plus haute température ce qui permet de chauffer le bâtiment. En mode climatisation, le cycle inversé (lignes tirettes). L'énergie est puisée dans l'air du bâtiment (évaporateur) pour ensuite être rejetée dans la boucle thermique au niveau du condenseur. Les deux échangeurs voient leur rôles changer d'évaporateur à condenseur et vice-versa lorsque le mode d'opération passe de la climatisation au chauffage.



**Figure (I.14) :** Représentation schématique d'une pompe à chaleur eau-air.[11]

Les pompes à chaleur fonctionnent selon le cycle de réfrigération par compression. Ce cycle thermodynamique est présenté à la figure I.15 pour une série d'évolutions idéales. Le réfrigérant circulant à l'intérieur de la pompe à chaleur est réchauffé à l'évaporateur jusqu'à ce qu'il soit complètement évaporé (point B). Par la suite, le réfrigérant est comprimé à l'aide d'un compresseur nécessitant un certain travail (évolution B-C). En sortant du compresseur, le réfrigérant se dirige vers le condenseur (point C). Le but de cette compression est d'amener le réfrigérant à une telle pression que sa température de condensation soit supérieure à la température du fluide caloporteur à la sortie du condenseur. Le réfrigérant est sous forme de vapeur surchauffée au point C et se condense au condenseur jusqu'au point D où le réfrigérant est maintenant sous forme de liquide saturé. Le réfrigérant subit ensuite une chute de pression dans l'organe de détente afin de ramener sa pression à une valeur permettant l'ébullition du réfrigérant à une température inférieure à celle requise pour le fluide caloporteur à la sortie de l'évaporateur. Ensuite, le réfrigérant est alimenté à l'évaporateur, recommençant ainsi le cycle (point A).



**Figure (I.15) :** Diagramme T-S et P-H représentant le cycle thermodynamique idéal d'une pompe à chaleur. .[11]

### I.3.5 La climatisation centrale à eau glacée

La climatisation centrale à eau glacée repose sur les principes suivants :

- La production d'eau glacée par des systèmes frigorifiques appelés Groupes Frigorifiques
- La distribution de l'eau glacée par un réseau hydraulique
- Les appareils terminaux qui assurent la climatisation dans les locaux à traiter (les terminaux généralement rencontrés sont les ventilo-convecteurs et les centrales de traitement d'air)

Ce type de climatisation est généralement réservé aux bâtiments de grande capacité tels que des immeubles de bureaux ou des hôtels.

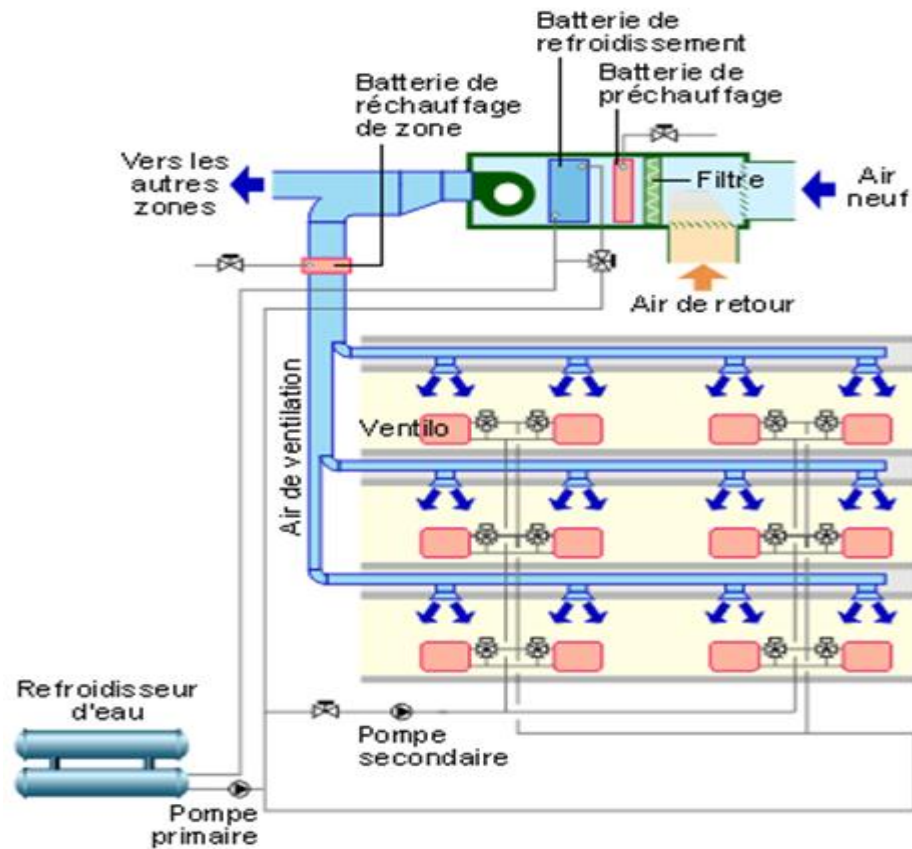


Figure (I.16) : Exemple de climatisation centrale. .[12]

### I.3.5.1 Les groupes frigorifiques

Les groupes frigorifiques sont construits en un seul bloc comprenant aussi bien les organes principaux que les organes auxiliaires, les organes de commande, de sécurité et de protection.

L'évaporateur est généralement constitué d'un évaporateur du type multitubulaire horizontal à détente sèche où l'eau est refroidie (c'est le siège de la production de l'eau glacée).

Suivant le type de condenseur, on distingue :

Les groupes frigorifiques à condenseur à air

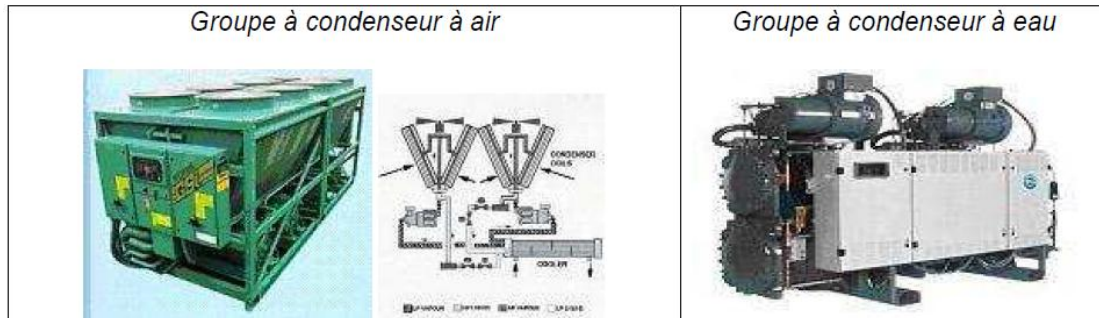
Les groupes frigorifiques à condenseur à eau

Les groupes frigorifiques à condenseur à eau nécessitent la mise en place d'une tour de refroidissement.

Les compresseurs rencontrés au niveau des groupes frigorifiques sont du type à pistons mais on rencontre de plus en plus souvent des compresseurs à vis.

Le fluide frigorigène généralement rencontré sur les groupes est le R22 (HCFC) mais les nouveaux groupes utilisent en majorité des fluides du type HFC tels que le R134a et le R407c.

Le régime de production d'eau glacée en climatisation est généralement de 7°C-12°C ou 6°C-11°C.



**Figure (I.17) :** Groupes frigorifiques de production d'eau glacée. .[12]

### La distribution de l'eau glacée

La distribution de l'eau glacée s'opère par un réseau de tuyauteries entre les groupes frigorifiques et les appareils terminaux.

La tuyauterie généralement utilisée est de l'acier noir recouvert par de la peinture anti-rouille, puis calorifugé par un isolant (coquilles de polystyrène ou de polyuréthane).

Un circulateur (pompe) assure la distribution de l'eau glacée au niveau de tous les points du réseau hydraulique.

Suivant la configuration du réseau hydraulique, on peut avoir :

Soit un seul réseau

Soit deux réseaux (réseau primaire pour la production d'eau glacée – réseau secondaire pour la distribution de l'eau aux terminaux – ballon tampon entre les deux réseaux)

Le réseau hydraulique comprend des accessoires parmi lesquels on peut citer :

Les manomètres et les thermomètres

Les purgeurs d'air

Les vannes et les vannes de réglage

Les clapets anti-retour et les manchons antivibratoires

Les vases d'expansion ou les supprimeurs

Les filtres à tamis

#### I.3.5.2 Les ventilo-convecteurs

Un ventilo-convecteur est un appareil équipé :

D'une batterie à eau glacée

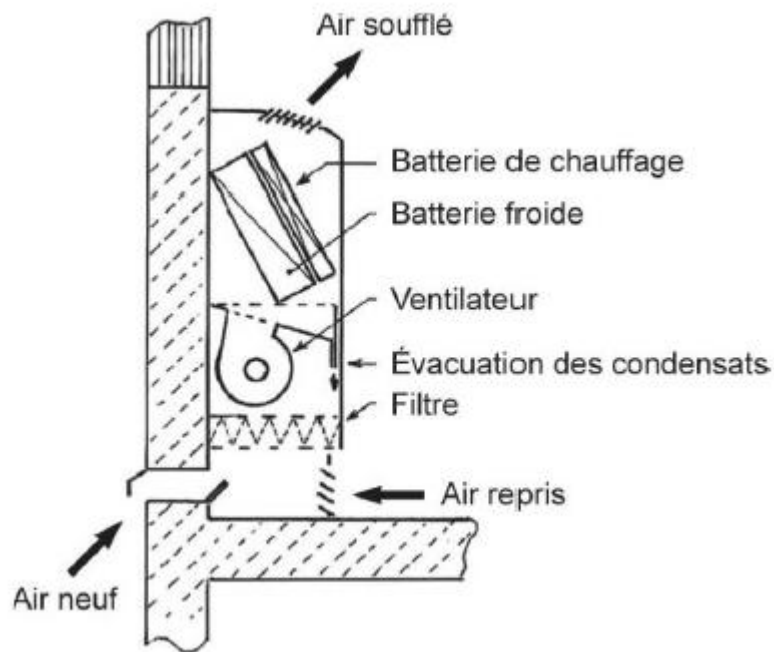
D'une prise d'air (une prise d'air neuf est quelque fois également disponible)

D'un soufflage d'air

D'un ventilateur

D'un filtre à air

Il est placé directement dans le local à traiter, l'air repris dans le local (ou le mélange air neuf – air repris) est filtré, refroidi et pulsé dans le local.



**Figure (I.18) :** Ventilo-convecteur. .[12]

Les ventilo-convecteurs peuvent se retrouver sous plusieurs modèles :

Console

Console non apparent

Plafonnier apparent

Plafonnier encastré

Cassette

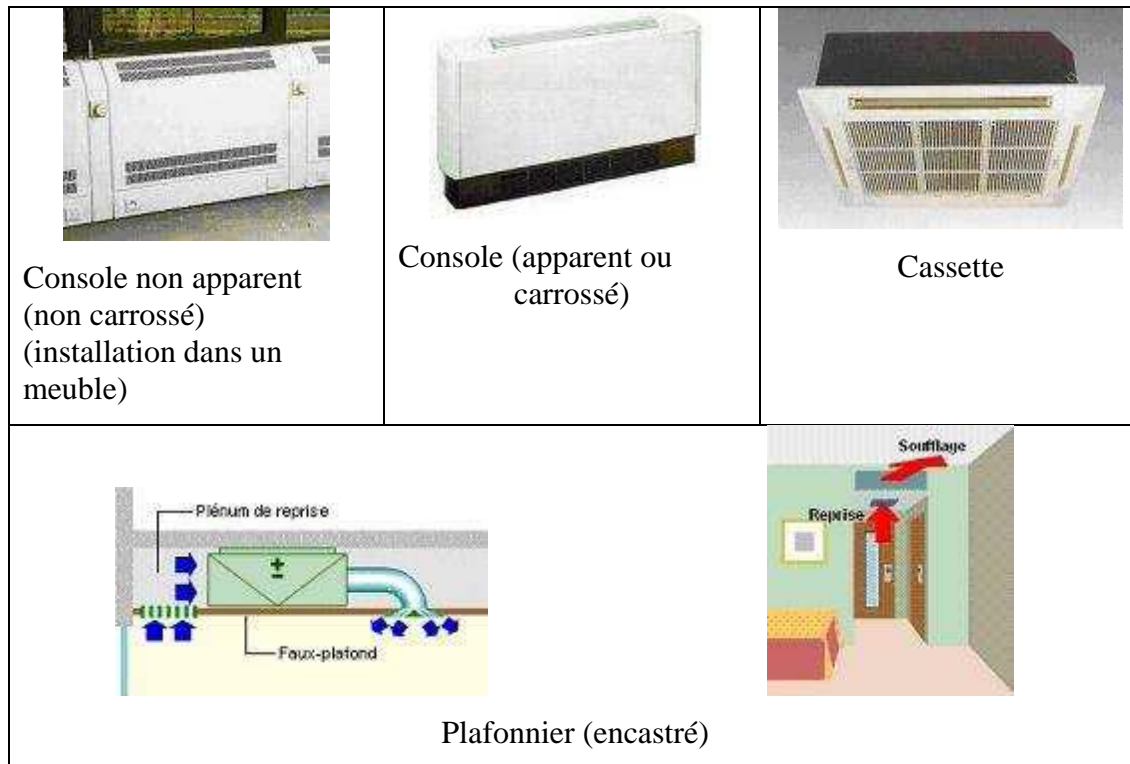


Figure (I.19) : Types de ventilo-convecteurs.[12]

### I.3.5.3 Les centrales de traitement d'air

Une centrale de traitement d'air est un assemblage de modules ayant chacun une fonction précise et dont le rôle est de traiter et/ou modifier les caractéristiques de l'air qui y circule.

Les principaux modules rencontrés dans une CTA sont les suivants :

- Le module de réglage ou registre qui permet de régler l'admission de l'air entrant dans la CTA
- La zone de mélange qui effectue le mélange entre l'air extérieur appelé air neuf et l'air recyclé
- la zone de filtration qui assure la filtration de l'air
- la zone de refroidissement qui va refroidir l'air
- la zone de ventilation qui comporte le ventilateur de soufflage de l'air frais

La zone de refroidissement est constituée d'une batterie à Eau Glacée.

Il faut noter que la CTA a été classée comme un type de terminal des installations à eau glacée, il faut néanmoins ajouter que :

- sa mise en œuvre complète nécessite la mise en place d'un réseau aéraulique
- la batterie froide peut être une batterie à détente directe associée (la CTA sera alors classée comme un système à détente directe).

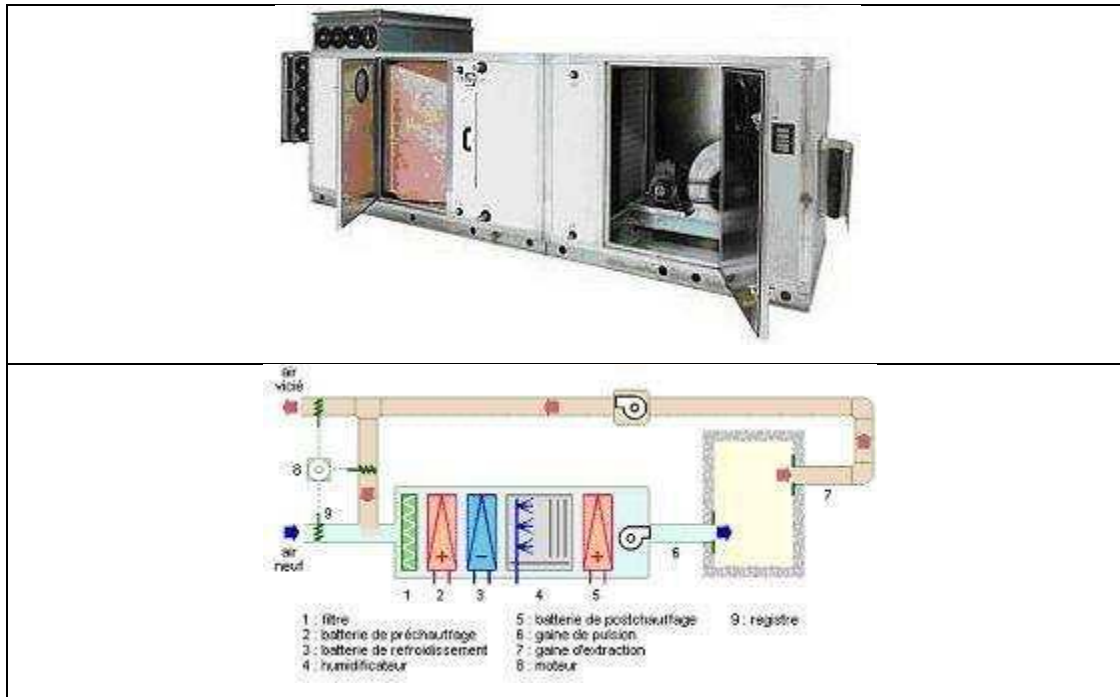


Figure (I.20) : Centrale de traitement d'air. [12]

### I.3.6 La diffusion de l'air

#### I.3.6.1 Diffusion directe par l'unité intérieure

La diffusion directe signifie que l'unité intérieure placée dans le local à traiter assure :

La reprise de l'air du local (air recyclé)

Le soufflage de l'air traité (air recyclé ayant été filtré puis refroidit)

C'est le cas des systèmes tels que les climatiseurs de fenêtre, les split system, les armoires de climatisation (dans certains cas de figures) et les ventilo-convecteurs.

#### I.3.6.2 Diffusion par réseau aéraulique

Les systèmes tels que les monoblocs ou les centrales de traitement d'air nécessitent la mise en place d'un réseau aéraulique.

Ce réseau est composé généralement de :

- D'un réseau de soufflage de l'air frais
- D'un réseau de reprise de l'air recyclé (air repris dans le local)
- D'un réseau d'amenée d'air neuf (dans certains cas de figures)
- de terminaux de diffusion qui peuvent être des grilles, des diffuseurs, des bouches, des buses ou même des fentes aménagées dans le faux plafond.

Les réseaux généralement rencontrés sont réalisés :

- en tôle d'acier galvanisé (conduits circulaires ou rectangulaires)
- à partir de panneaux de plâtre et de polystyrène (gaines staff)

En climatisation, les conduits sont isolés pour éviter le phénomène de condensation et les pertes d'énergie.

Pour les conduits en tôle, l'isolant généralement utilisé est la laine de verre et pour les gaines en staff, elles sont isolées de par leur constitution (plaque de polystyrène en sandwich entre deux plaques de plâtre).

### **I.3.6.3 Les éléments terminaux de diffusion**

Les éléments terminaux de diffusion d'air (ETD) constituent les accessoires finaux de la ligne de distribution de l'air.

Ils assurent le soufflage de l'air traité dans le local à conditionner ainsi que la reprise de l'air vicié.

Le choix d'un ETD repose sur la connaissance de certaines notions telles que la portée, la zone d'occupation, le rayon de diffusion et la méthode de diffusion.

Une bonne diffusion doit assurer des vitesses et des températures optimales de l'air autour des occupants de façon à créer un confort maximum et à bien diluer les contaminants en suspension.

Le bruit généré par la diffusion doit respecter les normes.

Le type de diffusion d'air généralement retenu est celui à partir du plafond de la pièce. Ce mode de diffusion est très efficace en période de refroidissement puisque l'air froid à la sortie du diffuseur a tendance à tomber vers le sol.

La diffusion de l'air peut se faire par deux méthodes :

- **Induction ou mélange ou dilution**

L'air traité est introduit dans le local avec une vitesse initiale importante (de l'ordre de 2 m/s) qui crée le phénomène d'induction.

L'air du local est attiré et entraîné par l'air traité auquel il se mélange.

• **Déplacement ou substitution**

L'air traité est introduit dans le local avec une vitesse initiale faible (de l'ordre de 0.2m/s) et remplace en totalité l'air présent dans le local.

La théorie de la diffusion repose sur des notions précises :

La portée est la distance mesurée depuis l'ETD jusqu'à l'endroit où la vitesse moyenne du jet d'air est tombée en dessous de 0.25m/s.

La zone d'occupation est la zone qui couvre une hauteur de 1.80 m en partant du sol et qui s'arrête à 0.6 m des parois verticales.

Le rayon maximal de diffusion est la surface maximale de la zone d'occupation qui peut être couverte par un ETD et dans laquelle on maintient une vitesse moyenne de 0.1 à 0.2m/s.

Le rayon minimal de diffusion est la surface minimale de la zone d'occupation qui peut être couverte par un ETD et dans laquelle on maintient une vitesse moyenne de 0.1 à 0.25m/s.

L'effet Coanda est l'effet provoqué par le soufflage de l'air à partir d'un ETD proche d'une paroi (moins de 0.3m), le jet se plaque contre la paroi et a une portée plus grande.

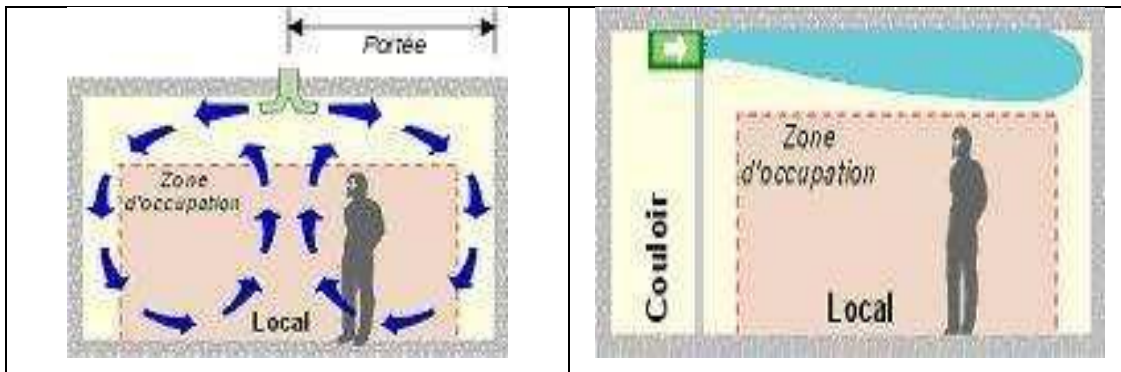


Figure (I.21) : Zone d'occupation et portée.

La forme de l'ETD a une importance particulière dans sa fonction de distribution de l'air, ainsi un ETD ayant le plus grand périmètre pour une section et un débit identiques aura la portée la plus faible et l'induction la plus grande.

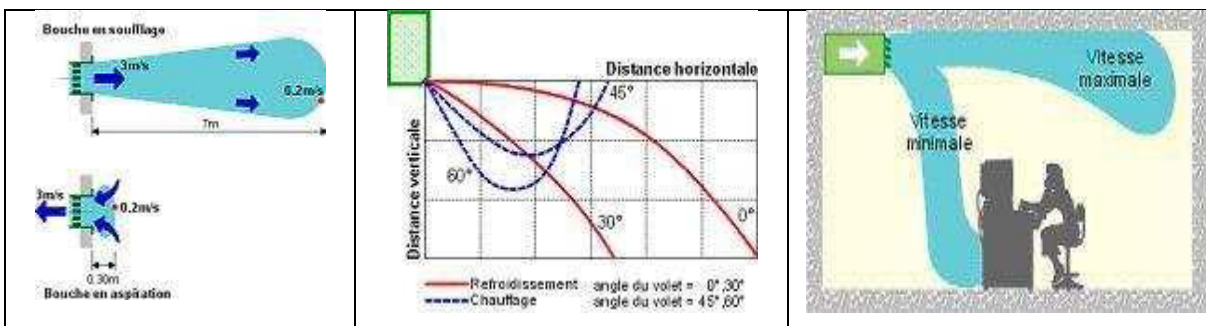


Figure (I.22) : Influences (angles d'ouverture, vitesses de soufflage) sur la portée des ETD.[12]

Les ETD peuvent être regroupés comme suit :

Les grilles de soufflage; les grilles de reprise; les grilles de sol; les grilles de transfert

Les diffuseurs plafonniers circulaires et carrés; les diffuseurs à tôle perforée

Les diffuseurs architecturaux; les diffuseurs linéaires; les diffuseurs grande portée

Les diffuseurs à déplacement d'air

Les grilles extérieures

Dans certains cas, les ETD sont montés avec des plénums et des registres, le plénum participe à la fixation de l'ETD, le registre est un organe de réglage du débit de l'ETD

Dans certains cas, la reprise peut être effectuée en vrac par des fentes aménagées dans le faux plafond (la section de cette fente devra être au moins égale à la section de soufflage).



**Figure (I.23):** Exemple d'un ETD.[12]

Unité du type plafonnier avec plénum de soufflage relié à 2 diffuseurs plafonniers carrés par des gaines flexibles et reprise d'air par grille de reprise apparente

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

### **II.1 Introduction**

TRNSYS ("Simulateur de système transitoire» prononce «transis ») a été développé à l'origine par l'Université du Wisconsin dans les années 1970 pour l'analyse numérique de l'énergie solaire destinée au chauffage et à l'eau chaude. Au cours des 30 dernières années TRNSYS n'ont cessé d'affiner et maintenant il est largement reconnu comme un outil d'analyse fiable pour les systèmes énergétiques complexes.

### **II.2 Aperçu sur TRNSYS**

TRNSYS est un logiciel de simulation du comportement thermique des bâtiments et des systèmes associés au régime dynamique. La modélisation et la simulation de ce système est nécessaire pour étudier le comportement thermique et celui du système solaire photovoltaïque, et peut être utilisé pour valider tous les concepts de toutes énergies nouvelles et simuler des systèmes énergétiques. Le recours à ce type de logiciel est indispensable pour prendre en compte la variabilité temporelle importante des sollicitations et des sources d'énergie [4].

Dans TRNSYS les composants d'un système sont appelés types et chaque type a un ensemble de paramètres les entrées (inputs) et les sorties (output) qui décrivent et définissent la manière dont il permettra de relier d'autres types.

La simulation est en effet un outil extrêmement séduisant. Contrairement à l'expérimentation elle permet de tout essayer même les solutions les plus originales. Il donne la possibilité de jouer avec le modèle de bâtiment en lui ajoutant des composants en modifiant sa forme son orientation en le situant à des endroits différents etc. C'est un vecteur d'imagination et de créativité. La simulation permet d'évaluer une solution technique et/ou architecturale elle le fait avec détail précision et pertinence. Contrairement aux méthodes de calcul simplifiées elle fournit des résultats sous une forme identique à celle qu'auraient des mesures expérimentales sur un bâtiment réel. On injecte dans le modèle les valeurs que prennent au cours du temps des variables décrivant le climat ; on indique les paramètres de fonctionnement du bâtiment (occupe continuellement, chauffé, climatisé, etc.) et classiquement on obtient les valeurs prises par un certain nombre de variables d'observation (températures d'air températures de surface des parois, puissance de chauffage ou de

refroidissement, etc.) à des moments successifs en général régulièrement espacés de la période considérée. [ 5]

#### ❖ **Avantages**

- Grâce à son approche modulaire, TRNSYS est extrêmement flexible pour modéliser un ensemble de systèmes thermiques à différents niveaux de complexité (modules avec procédures de calcul plus ou moins élaborées).
- L'accès au code source permet aux utilisateurs de modifier ou d'ajouter des composants qui ne figurent pas dans la librairie d'origine.
- Documentation vaste sur les sous-programmes y compris explications usages usuels équations de base.
- définition très souple de la période de simulation : choix du pas de temps, du début et de la fin de la simulation.

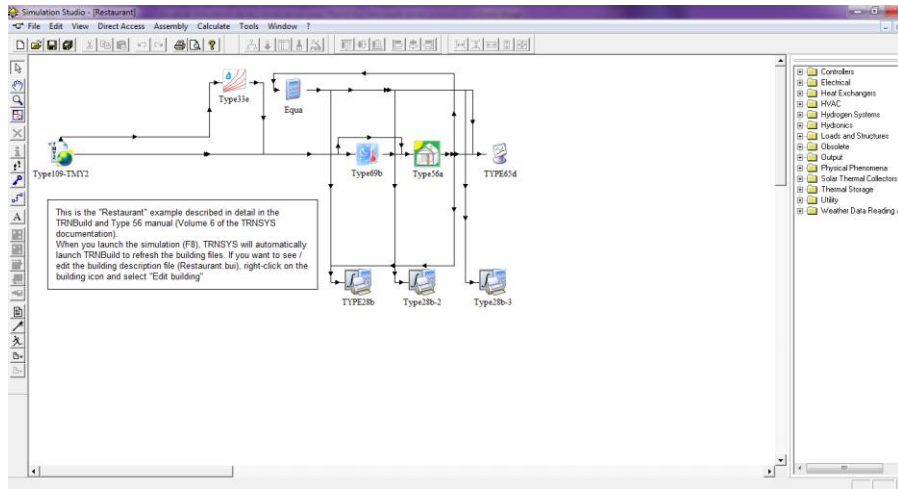
#### ❖ **Inconvénients**

- Pas de valeur ou de système par défaut, l'utilisateur doit donc posséder et introduire l'ensemble exhaustif des données définissant le bâtiment et le système.
- La bibliothèque est limitée.

### **II.2.1 TRNSYS Simulation Studio**

« TRNSYS Simulation Studio » est l'interface d'accueil de TRNSYS permettant de développer des applications de simulation. Un projet de simulation consiste à choisir un ensemble de modules et à décrire ensuite les interactions entre ceux-ci.

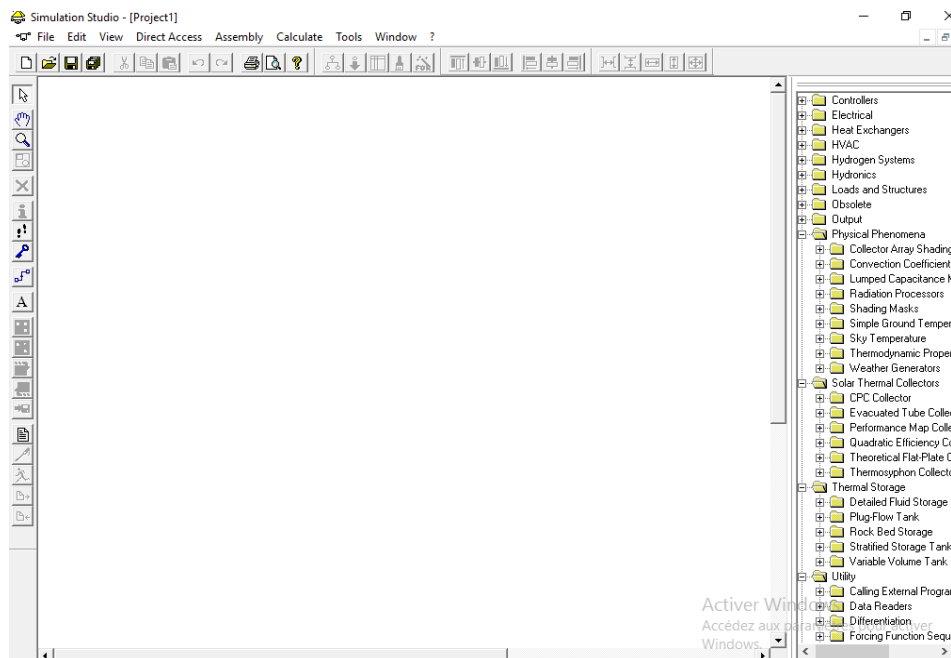
Chaque module représente un sous programme et agit comme une boîte noire (qu'il est cependant possible d'ouvrir). On introduit pour chaque sous programme les différents paramètres les variables d'entrée et de sortie.



**Figure (II.1) :** Interface du logiciel TRNSYS

## II.2.2. Vue sur le simulateur TRNSYS

Le simulateur TRNSYS s'appuie sur le principe de la simulation dynamique c'est-à dire qu'il tient compte de la variation du temps, son environnement est composé d'un espace de travail, les barres d'outils et de la bibliothèque des modèles sous forme d'icônes placées dans des fichiers dans l'onglet Library l'insertion des modèles dans l'espace de travail se fait par glissement avec le curseur.

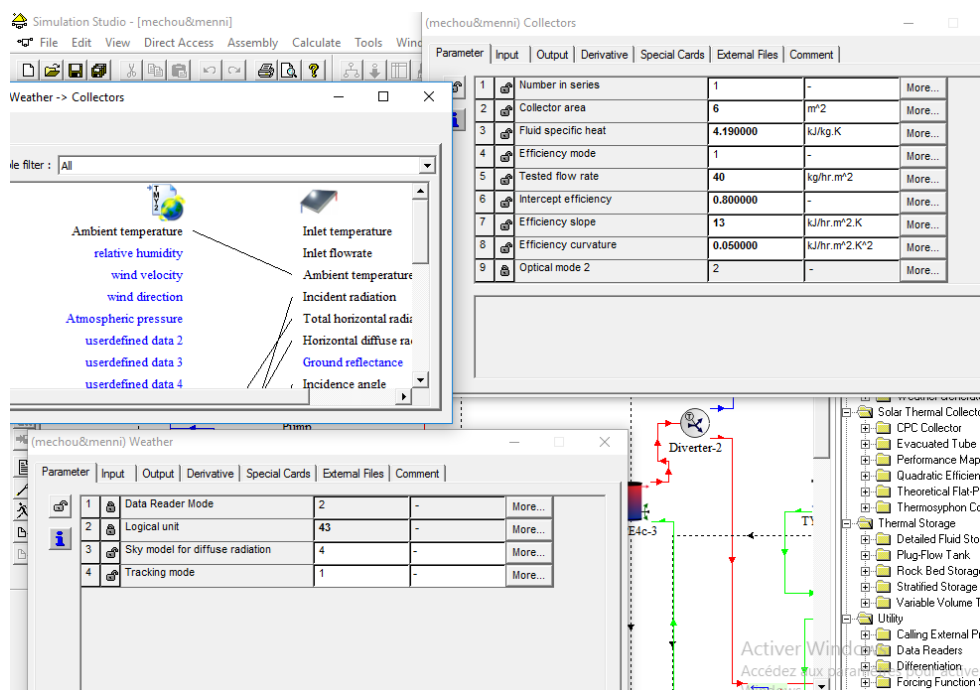


**Figure (II.2) :** Espace de travail de TRNSYS

Une fois l'icône du modèle appelé «type » est inséré on peut modifier ses paramètres par exemple la puissance d'une machine, les coefficients de déperditions dans un

capteur..., les modèles sont liés entre eux par des flèches, si on fait un double clic de la souris on pourrait gérer les entrées sorties, il existe des outils de sortie finaux tels que l'afficheur de graphe, ou l'intégrateur et l'imprimante qui exporte les données dans un fichier externe, mais aussi des entrées qui lisent leurs données sur un fichier telles que les fichier météo, pour gérer les paramètres de simulations tels que le début et la fin de simulation ainsi que le pas horaire on clic sur l'icône « control cards », on peut également insérer des icônes « équation » pour traiter des données par exemple additionner des débits, calculer un rendement...

Sur la figure II.3 on peut voir un fichier un collecteur qui tire ses entrées d'un fichier météo et qui ensuite affiche sa température de sortie ainsi que le débit sur un afficheur de graphe.



**Figure (II.3):** Liens entrée-sortie entre modèles et fenêtre de paramètres de simulation

TRNSYS contient tant d'autres fonctionnalités mais nécessite une bonne compréhension afin de pouvoir l'exploiter correctement et savoir surtout gérer les erreurs qui surviennent à chaque fois, méthodiquement il est recommandé de se référer au manuel d'utilisation contenu dans la documentation qui accompagne le logiciel.

### II.2.3. TRNBuid

TRNBuid est un outil permettant d'introduire les caractéristiques d'un bâtiment multizone nécessaire à la simulation thermique de celui-ci. Ses propriétés sont introduites dans « TRNSYS Simulation Studio » via le module « type56 » ainsi l'utilisateur décrit chaque zone thermique alternativement (les matériaux utilisés pour la construction des murs).

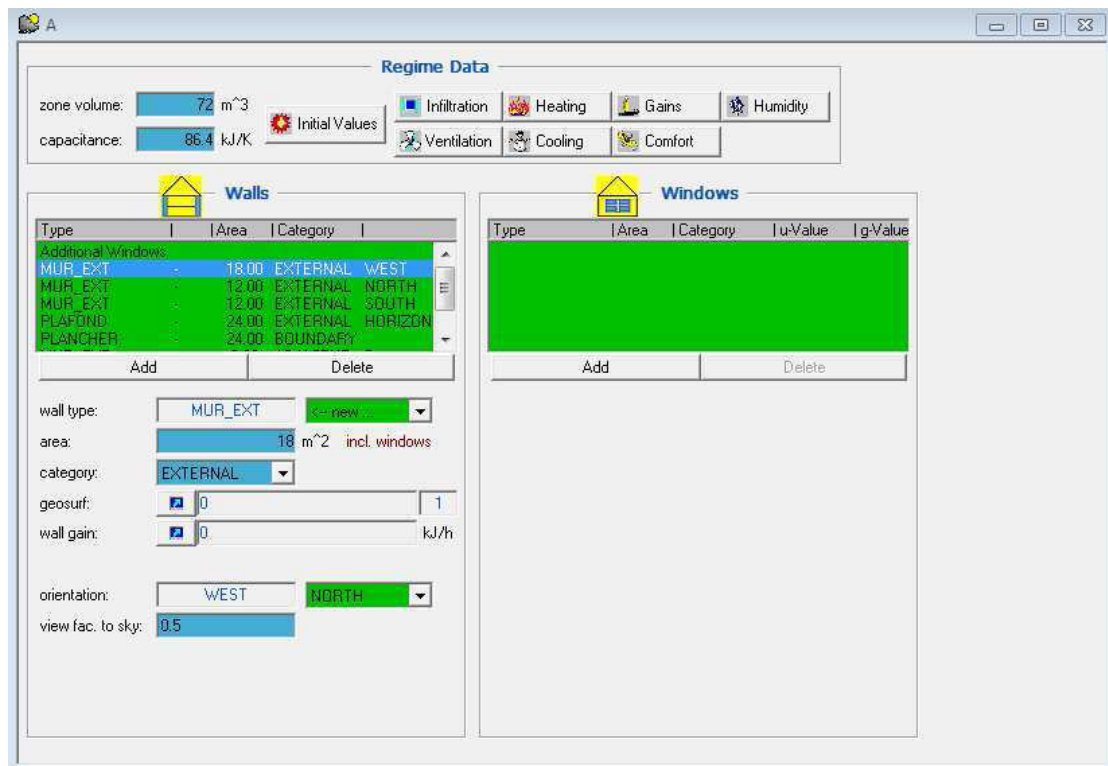


Figure (II.4) : Interface du logiciel TRNBuid.

## II.3 Le bilan d'énergie de bâtiment (restaurant)

### II.3.1 Charges externes

Apport de chaleur par transmission à travers les parois extérieures (murs, toit, plafond et plancher) et les vitrages [7]

$$Q_{Str} = U \cdot S \cdot \Delta\theta \quad (II.1)$$

- U = coefficient de transmission thermique de la paroi ou du vitrage considéré en  $W/m^2C$

- S = surface de la paroi ou de la fenêtre considérée (surface totale de la baie correspondant à la réservation dans le mur) (m<sup>2</sup>)
- $\Delta \theta$  = différence de température entre les deux faces de la paroi considérée

### Apport de chaleur par rayonnement solaire à travers les parois

$$Q_{SRm} = \alpha * F * S * R_m \quad (II.2)$$

- S = surface des parois en m<sup>2</sup>
- F = facteur de rayonnement solaire
- R<sub>m</sub> = rayonnement solaire absorbé sur la surface du mur en W/m<sup>2</sup>

Le coefficient d'absorption « $\alpha$ » dépend de la couleur et de la nature du mur

Le facteur de rayonnement «F» indique la part de chaleur absorbée par la surface et transmise à travers le mur du local.

### Apport de chaleur par rayonnement solaire sur les vitrages

La quantité de chaleur traversant le vitrage (Q<sub>v</sub>) :

$$Q_{SRv} = \alpha * g * S * R \quad [W] \quad (II.3)$$

- $\alpha$  = coefficient d'absorption du vitrage
- g = facteur de réduction est fonction du mode de protection de la fenêtre contre le rayonnement solaire
- S = surface vitrée (m<sup>2</sup>)
- R<sub>v</sub> = intensité du rayonnement solaire sur les vitrages W/m<sup>2</sup>

### Apport de chaleur par renouvellement d'air et infiltration

Le renouvellement d'air dans un local climatisé est nécessaire pour des problèmes hygiéniques. Il se fait en règle générale par la ventilation (naturelle ou mécanique) des locaux ainsi que par infiltration, introduisant de l'air extérieur dans le local climatisé. Il est source d'apport de chaleur sensible et latent dans le local à conditionner.

Gains sensibles par renouvellement d'air :

$$Q_{Sr} = q_v * (\theta_e - \theta_i) * 0,34 \quad (W) \quad (II.4)$$

Gains latents par renouvellement d'air :

$$Q_{Lr} = q_v * (\omega_e - \omega_i) * 0,84 \quad (W) \quad (II.5)$$

- q<sub>v</sub> = débit d'air extérieur de renouvellement [m<sup>3</sup>/h]

- $\theta_e$  = température extérieure de base
- $\theta_i$  = température intérieure de base
- $\omega_e$  = teneur en eau de l'air extérieur g/kg air sec
- $\omega_i$  = teneur en eau de l'air intérieur g/kg air sec

### II.3.2 Charges internes

#### Apport de chaleur par les occupants

Elle est donnée en fonction de la température intérieure et du degré d'activités. On distingue deux sortes de gains générés par les occupants :

Gains sensibles occupants :

$$Q_{Soc} = n * C_{Soc} [W] \quad (II.6)$$

Gains latents occupants :

$$Q_{Loc} = n * C_{Loc} [W] \quad (II.7)$$

- $n$  = nombre d'occupants
- $C_{Soc}$  = chaleur sensible des occupants (W) ;
- $C_{Loc}$  = chaleur latente des occupants (W) ;

#### Apport de chaleur par l'éclairage

Il constitue une source de chaleur sensible et dépend du type de lampe

Lampe fluorescente

$$Q_{Secl} = 1,25 P [W] \quad (II.8)$$

Lampe incandescente

$$Q_{Secl} = P [W] \quad (II.9)$$

- $P$  = puissance de la lampe [W]

#### Apport de chaleur par les machines et appareillages

La plupart des appareils constituent à la fois une source de chaleur sensible et latente. Le tableau donne les apports de chaleur par les machines et appareillages ( $Q_{Séquip.}$ ). Les valeurs de ces tables ont été déterminées d'après les indications de divers fabricants.

On doit minorer les apports de ces machines et appareillages (par un coefficient de pondération) en fonction de leurs durées de fonctionnement. On ne considère par exemple qu'un appareil ne fonctionnant qu'une demi-heure par heure dégage la moitié de sa puissance électrique nominale en apport de chaleur.

**Tableau (II.1) :** chaleur dégagée par les personnes

Activités	Application	Température ambiante [°C]						Emission thermique totale [W]
		25 °C		26 °C		27 °C		
		Chaleur sensible [W]	Chaleur latente [W]	Chaleur sensible [W]	Chaleur latente [W]	Chaleur sensible [W]	Chaleur latente [W]	
Assis au repos	Ecole, théâtre	65	37	62	40	60	42	102
Travail léger	Bureau, hôtel, appartement	67	49	63	59	56	60	116
Debout, marche lente	Magasin, boutique	68	63	63	68	57	74	131
Repas	Restaurant	77	84	71	90	64	97	161
Travail facile	Atelier	80	140	72	148	67	153	220
Danse	Boite de nuit	88	161	80	169	75	174	249
Travaille difficile	Usine	149	277	142	284	136	290	426

**Tableau (II.2) :** la chaleur dégagée par l'éclairage

Destination du local ou type d'activité	Puissance raccordée [W/m²]	
	Lampe à incandescence	Lampe fluorescente
Entrepôts, habitat, restaurant, théâtres	25	8
Bureau, salle de cours, hall d'entrée avec caisse et guichet	65	16
Salle de lecture, d'ordinateur, laboratoire, magasin, hall d'exposition	110	24
Supermarché, très grand bureau, amphi- théâtre sans fenêtre, travaux de précision		45

**Tableau (II.3) :** appareillages électriques et à gaz

Types d'appareils	Puissance nominales [W]	Gain à admettre [W]	
		Chaleur sensible	Chaleur latente
Friteuse 5litres d'huile	2575	464	696
Friteuse 10l d'huile	6954	1102	1653
Chauffe pains	435	319	29
Moules à gaufrettes	2192/719	899/319	609/203
Percolateur 2l	993	394	104
Chauffe eau	146	116	29
Cuisine électrique et machine à laver	3000	1450	1550
Aspirateur	200	50	
Essoreuse	100	15	
Congélateur 200 l	175	500	
Fers à repasser	500	230	270
Chaîne stéréophonique	40	40	0
Téléviseur	175	175	0
Séchoir cheveux	500/1000	175/350	75/250
Plaque de cuisson	500/1000	120/250	130/250
Grill à viande	3000	1200	300
Stérilisateur	150	175	325
Ordinateur	400	250	0
Cafetière	500/3000	750	300
Photocopieuse		750	
Imprimante à jet d'encre		52	
Imprimante laser		15	
fax		62	

### Les charges thermiques totales

Le bilan thermique total ( $Q_T$ ) est la somme de toutes les charges externes et internes. Il est plus pratique de faire la somme des charges sensibles ( $Q_S$ ) et latentes ( $Q_L$ ). D'où :

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

#### Charges sensibles totales

Ce sont les apports de chaleur sensible dans le local, dus à la différence de température entre l'intérieur et l'extérieur ; on a :

$$Q_S = Q_{Str} + Q_{Srm} + Q_{SRv} + Q_{Sr} + Q_{Soc} + Q_{Secl} + Q_{Séquip} \quad (\text{II.11})$$

#### Charges latentes totales

Ce sont les apports de chaleur latente dus à la différence de quantité de vapeur d'eau contenue dans l'air extérieur et intérieur.

$$Q_L = Q_{Lr} + Q_{Loc} + Q_{Léqu} \quad (\text{II.12})$$



## Chapitre III : Simulation du restaurant sous TRANSYS

### III.1. Introduction

Dans ce chapitre nous définissons les conditions climatiques et les déferents composants. Et nous entrons les déferents données et les caractéristiques des matériaux de construction des murs sur TRNBuild. Et nous sélectionnons les entrées et les sorties des déferentes zones

### III.2. Les conditions de simulation

#### III.2.1. Les conditions climatiques

- **La ville de Dar el Beida**

Longitude	Latitude	Altitude	Temperature Max	Humidité absolue
3.25 E	36.717N	25 m	37°C	13 g/Kg

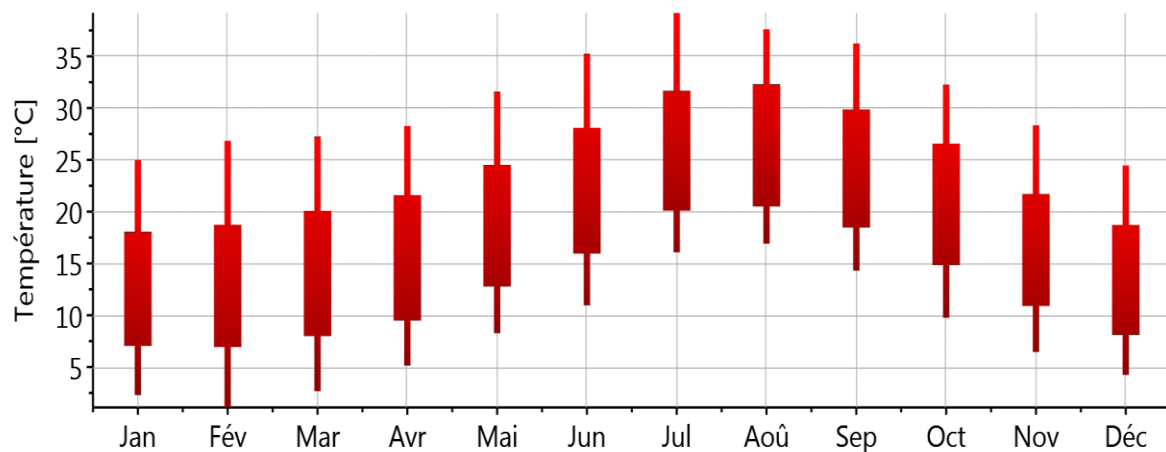


Figure (III.1): variation de la température mensuelle de Dar el Beida

- **La ville de Bechar**

Longitude	Latitude	Altitude	Température Max	Humidité absolue
2.233 E	31.617N	772 m	44°C	13 g/Kg

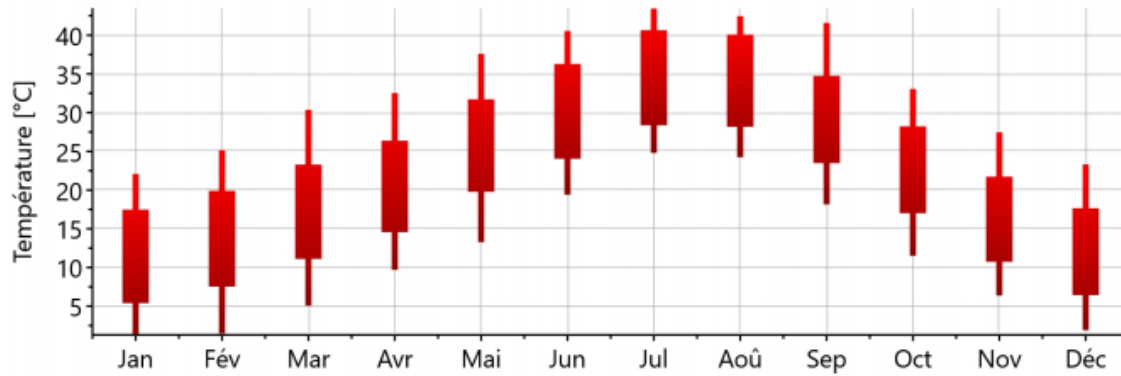


Figure (III. 2): variation de la température mensuelle de Bechar

### III.3. Simulation avec TRANSYS

Dans cette partie, on va simuler la climatisation d'un restaurant à l'aide du logiciel **TRANSYS** sous les conditions climatiques des deux villes Dar el Beida et Bechar (Algérie).

La figure présenter le schéma d'installation de climatisation d'un restaurant dans le logiciel «**TRANSYS simulation studio**».

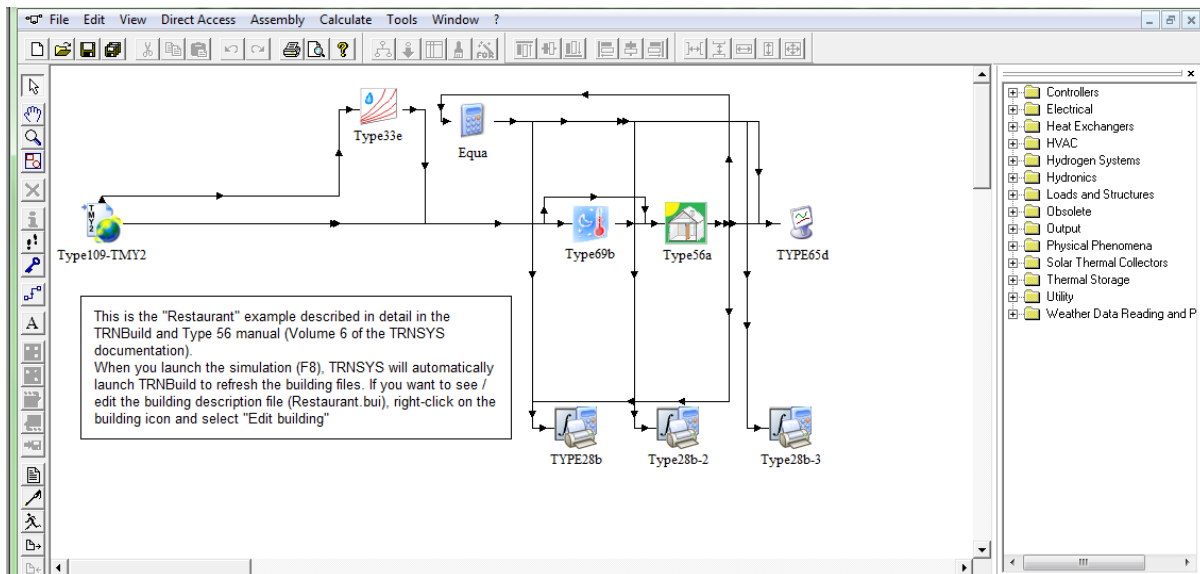


Figure (III.3): system de climatisation d'un restaurant sous TRANSYS

### III.3.1. Définition des différents composants (TYPE)

Tableau (III.1) : Présentation des TYPE de l'installation

Type	Nome de Type
Type109-TMY2	Données climatiques.
Type33e	Psychrométriques bulbe sèche et humidité relative connues
Equa	Calculateur
Type69b	Estimation de la température du ciel
Type56a	Description du local à climatiser faite a l'aide de TRNBUILD
Type28b	Résumé de simulation sans bilan énergétique
Type65d	Traceur en ligne sans fichier

### III.4. TRNBuild

#### a) PROJET

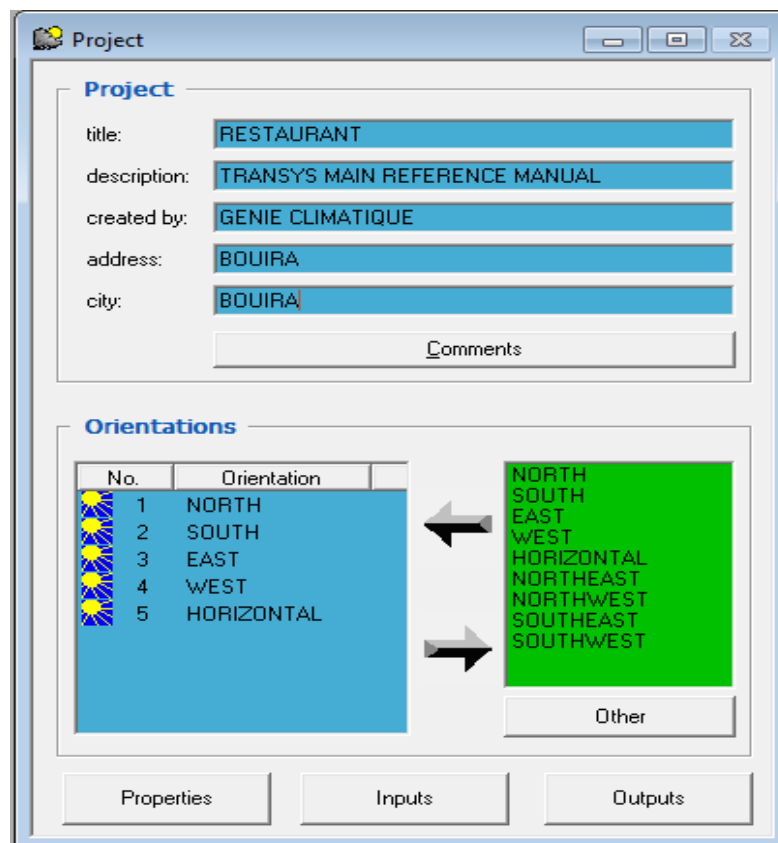


Figure (III.4): identifier le projet dans TRNBuild

## b) Propriété

The screenshot shows a 'Properties' dialog box with the following values:

- 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>surf</sub>floor-T<sub>air</sub>floor) > 0 : 7.2 kJ / m<sup>2</sup> K
- exponent heated floor, if (T<sub>surf</sub>floor-T<sub>air</sub>floor) > 0 : 0.31 -
- constant chilled floor, if (T<sub>surf</sub>floor-T<sub>air</sub>floor) < 0 : 3.888 kJ / m<sup>2</sup> K
- exponent chilled floor, if (T<sub>surf</sub>floor-T<sub>air</sub>floor) < 0 : 0.31 -
- constant chilled ceiling, if (T<sub>surf</sub>ceiling-T<sub>air</sub>ceiling) > 0 : 3.888 kJ / m<sup>2</sup> K
- exponent chilled ceiling, if (T<sub>surf</sub>ceiling-T<sub>air</sub>ceiling) > 0 : 0.31 -
- constant heated ceiling, if (T<sub>surf</sub>ceiling-T<sub>air</sub>ceiling) < 0 : 7.2 kJ / m<sup>2</sup> K
- exponent heated ceiling, if (T<sub>surf</sub>ceiling-T<sub>air</sub>ceiling) < 0 : 0.31 -
- constant vertical surface: 5.76 kJ / m<sup>2</sup> K
- exponent vertical surface : 0.3 -

Buttons: OK, Cancel

Figure (III.5): Propriétés de l'air

## c) Les couches d'isolation

Tableau (III.2) : les couches d'isolation

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>

Espace aérien : résistance= 0.05 (h.m<sup>2</sup>.K/kJ)

d) **Inputs**  
 INPUTS HOUTSIDE

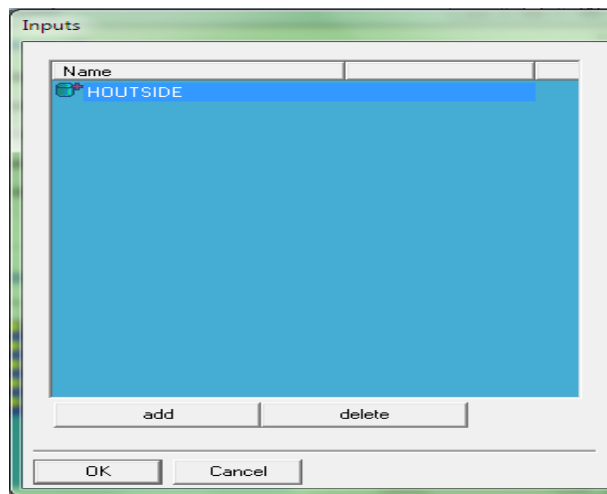


Figure (III. 6): inputs Houtsid

e) **Programme**

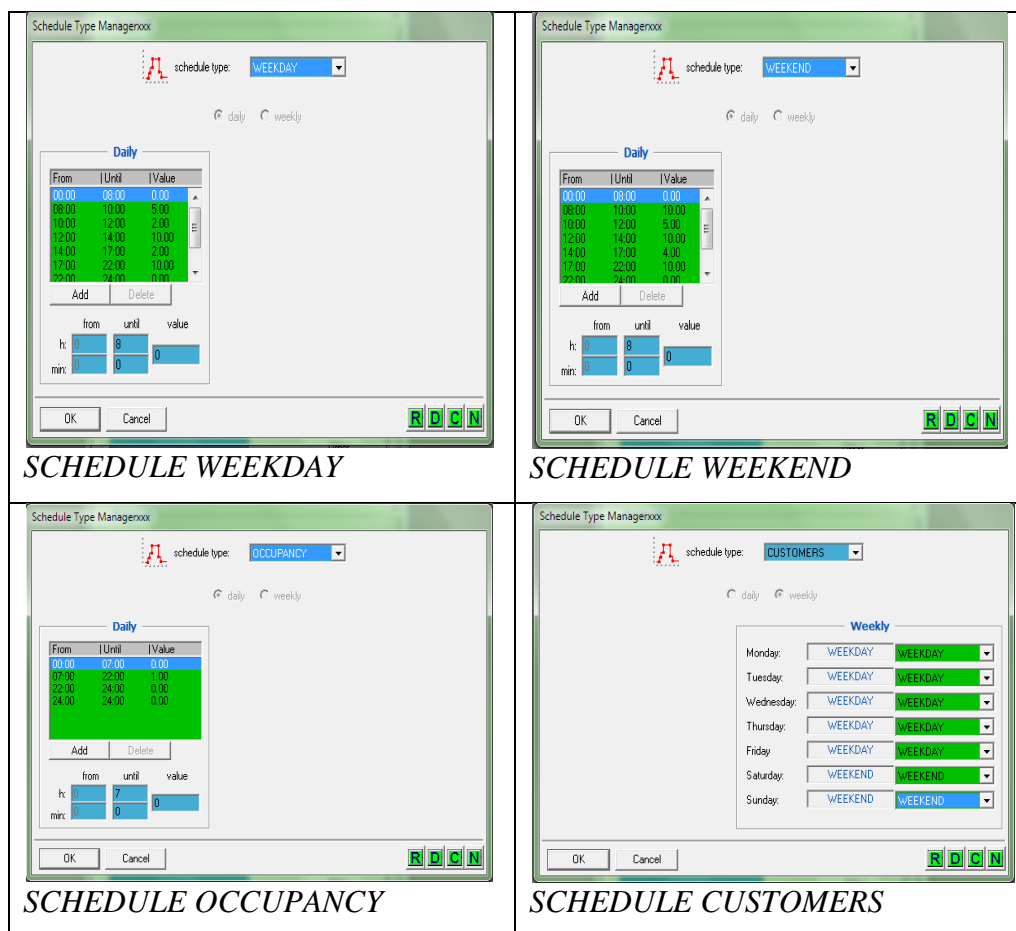


Figure (III. 7): les différents types de programme

f) Murs

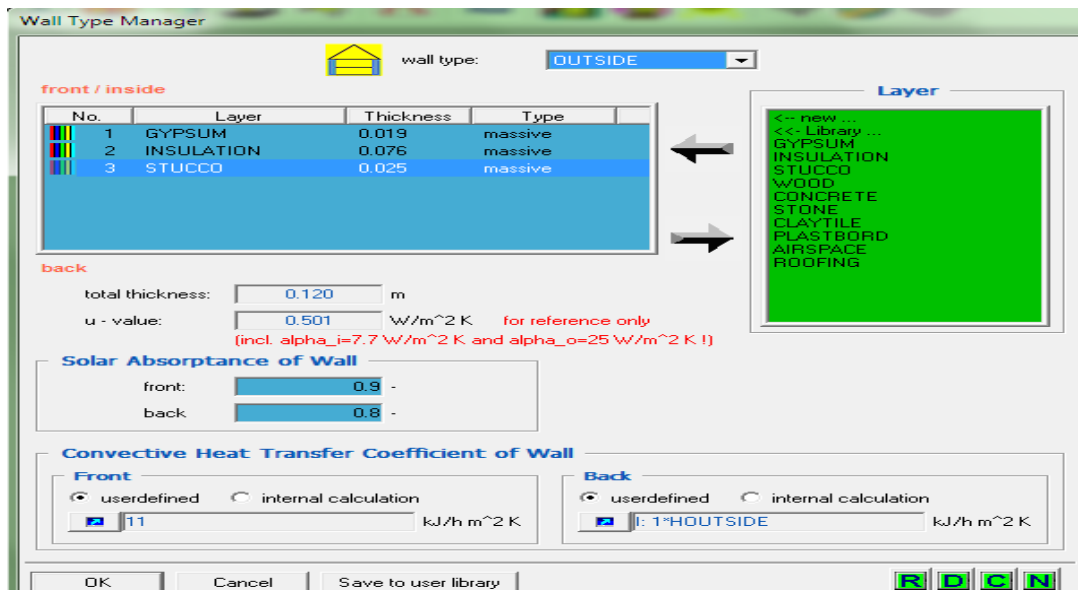


Figure (III.8): les matériaux de construction des Murs extérieurs

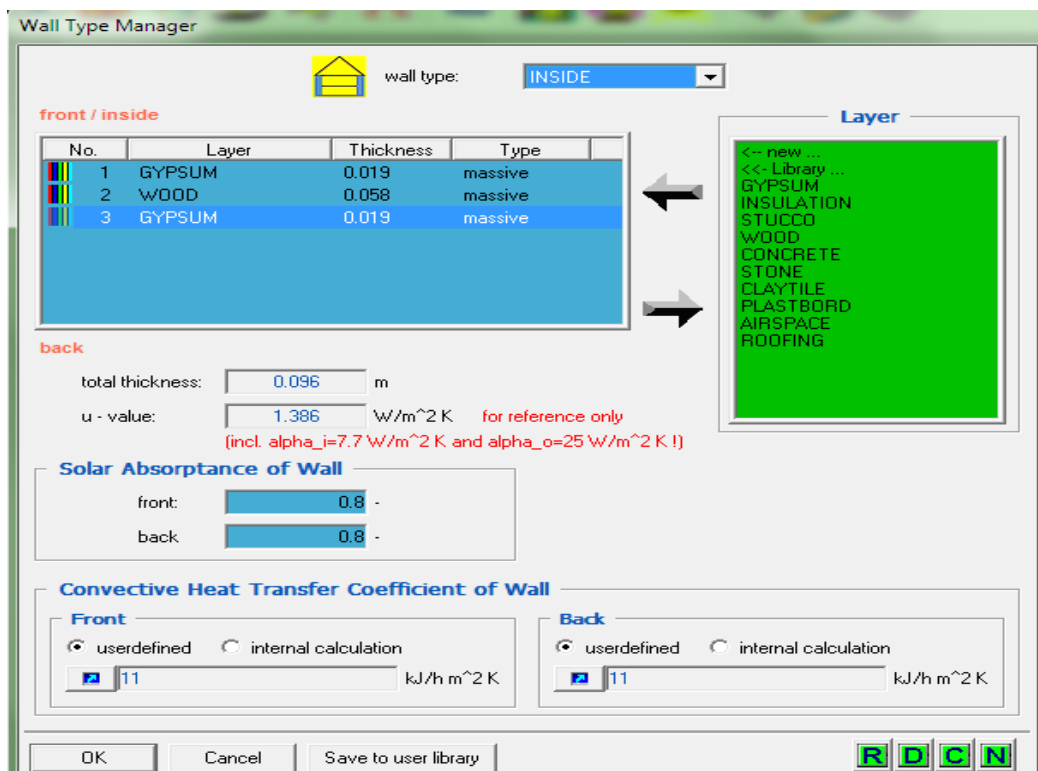


Figure (III.9): les matériaux de construction des Murs intérieurs

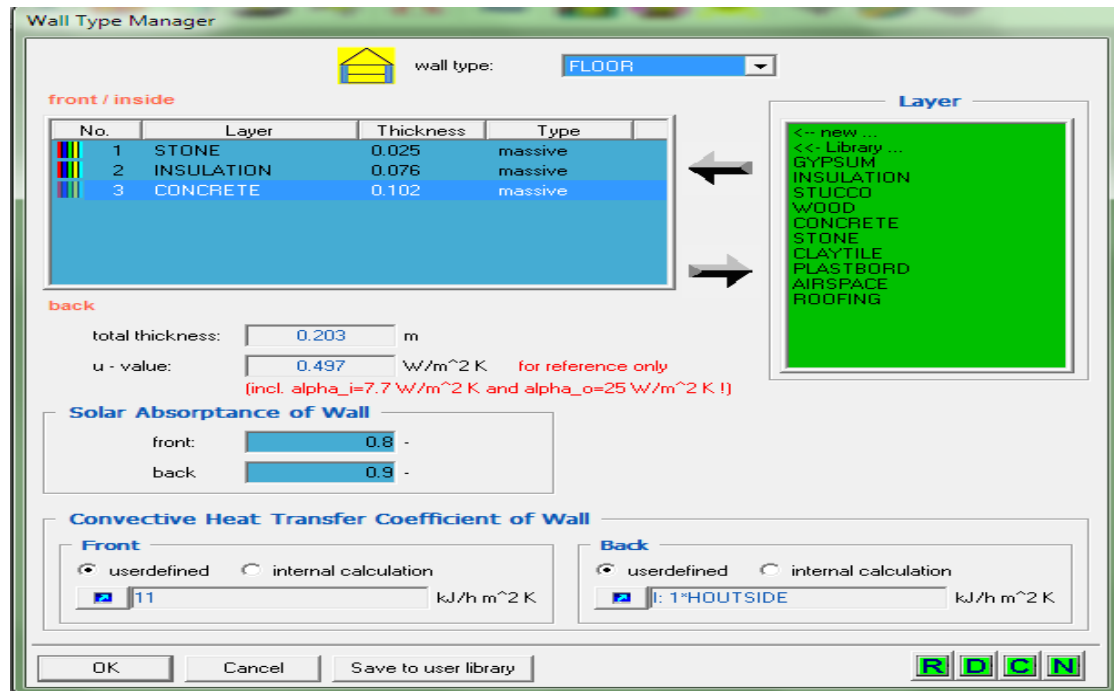


Figure (III.10): les matériaux de construction de plancher

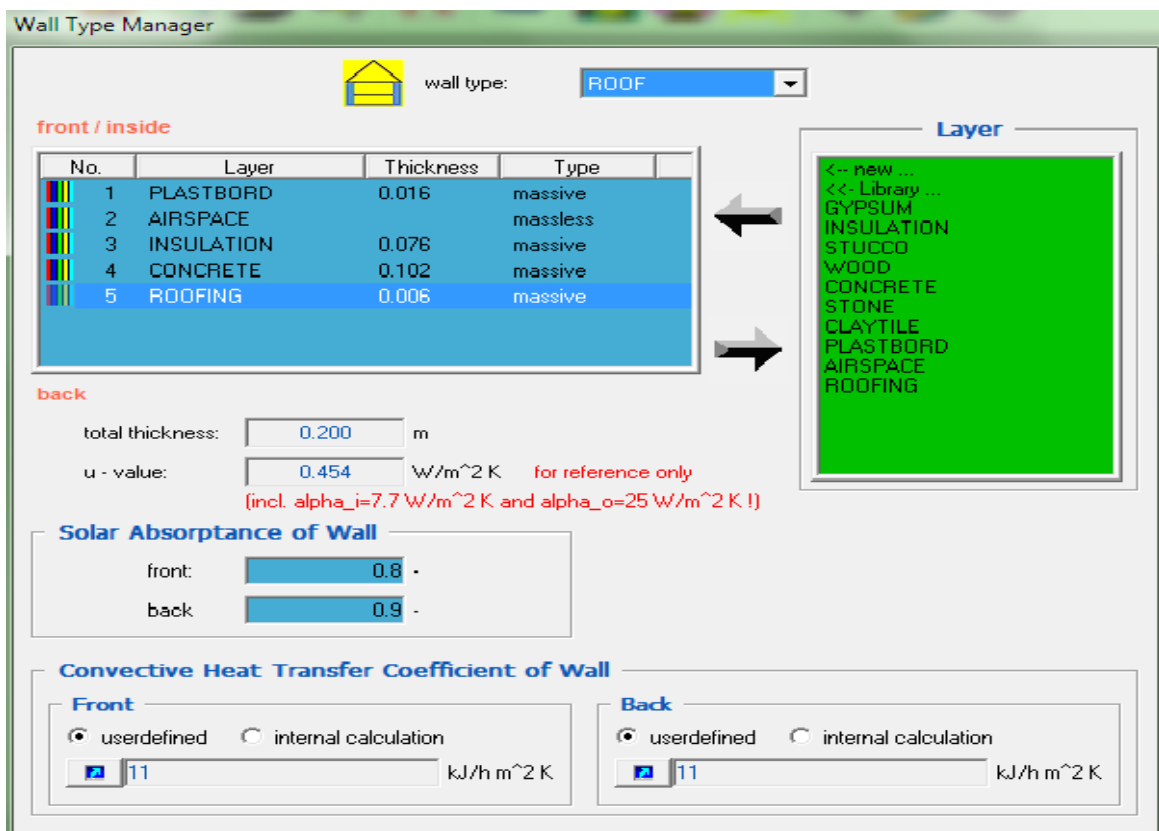


Figure (III.11): les matériaux de construction de toiture

**g) Fenêtre**

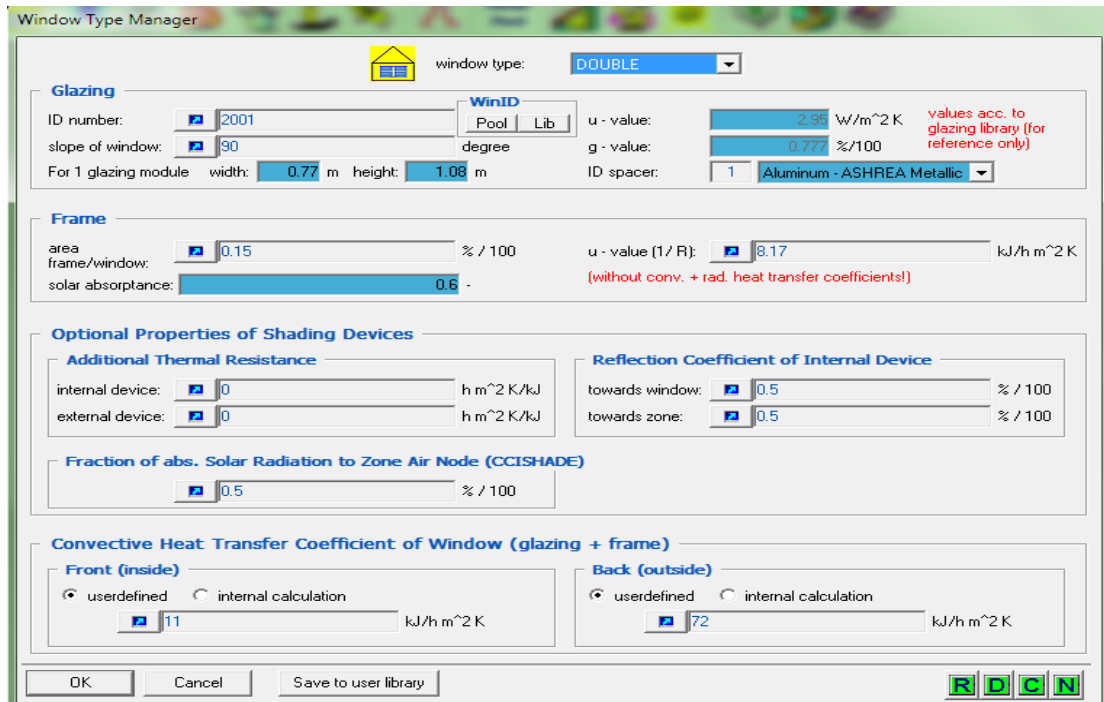


Figure (III.12) : les caractéristiques des fenêtres

**h) Les gains**

Tableau (III.3) : les gains

gains	convective	radiative	humidité
gens	150	70	0.058
Lumière	300	1500	0
Poêles	10000	5000	0.1
congélateur	1500	0	0

**i) Infiltration**

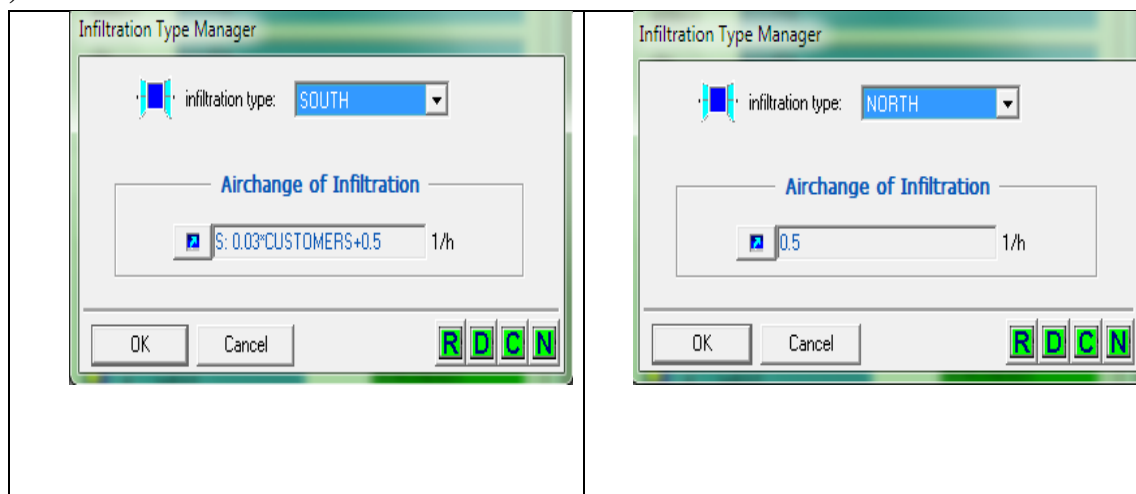


Figure (III.13) : les types d'infiltration

## j) Ventilation

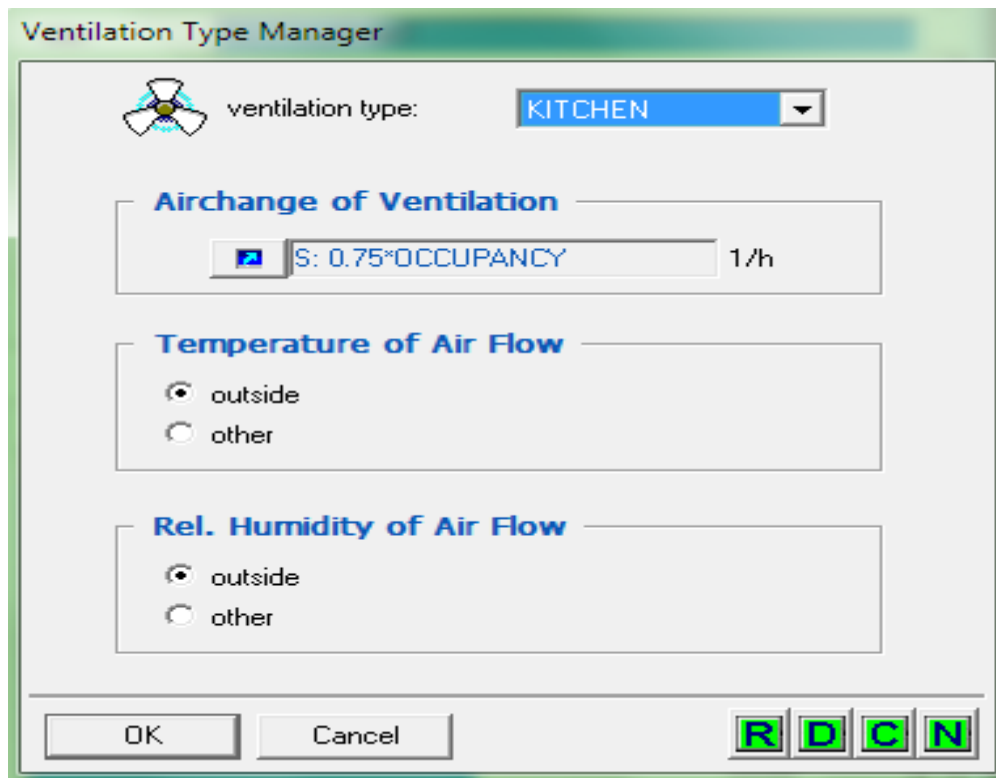


Figure (III.14): les paramètres de ventilation

## k) Refroidissement

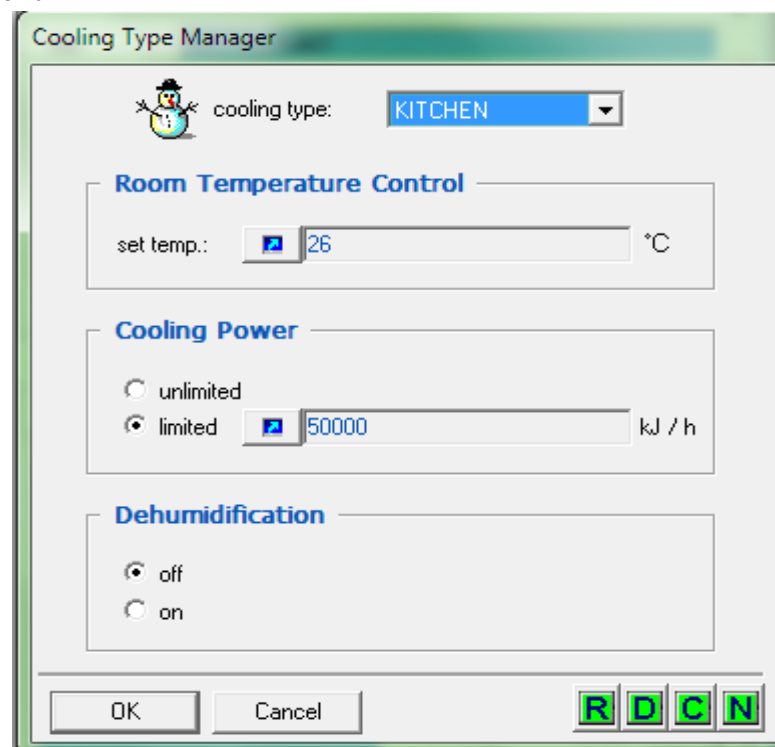


Figure (III.15): les paramètres de refroidissement

l) Chauffage

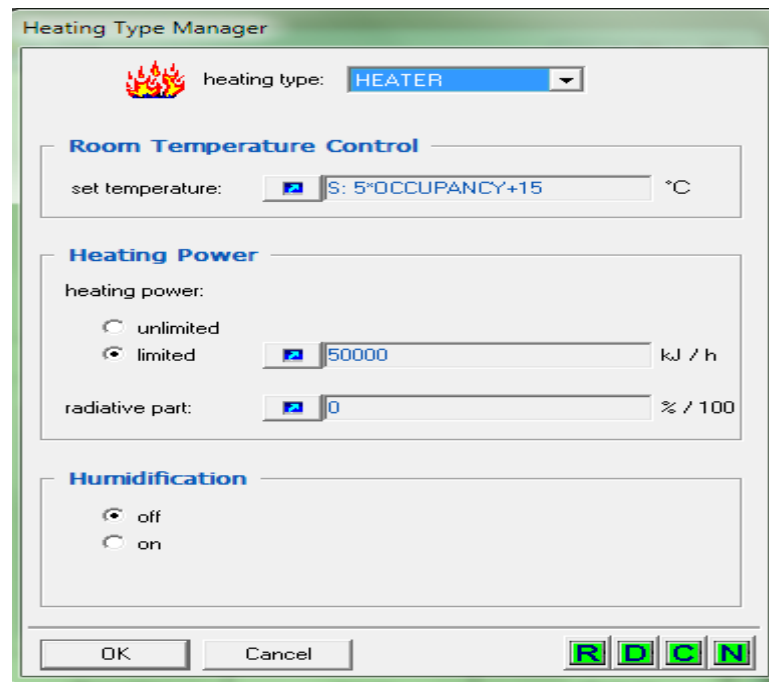


Figure (III.16):les paramètres de chauffage

m) Zones

Salle à manger

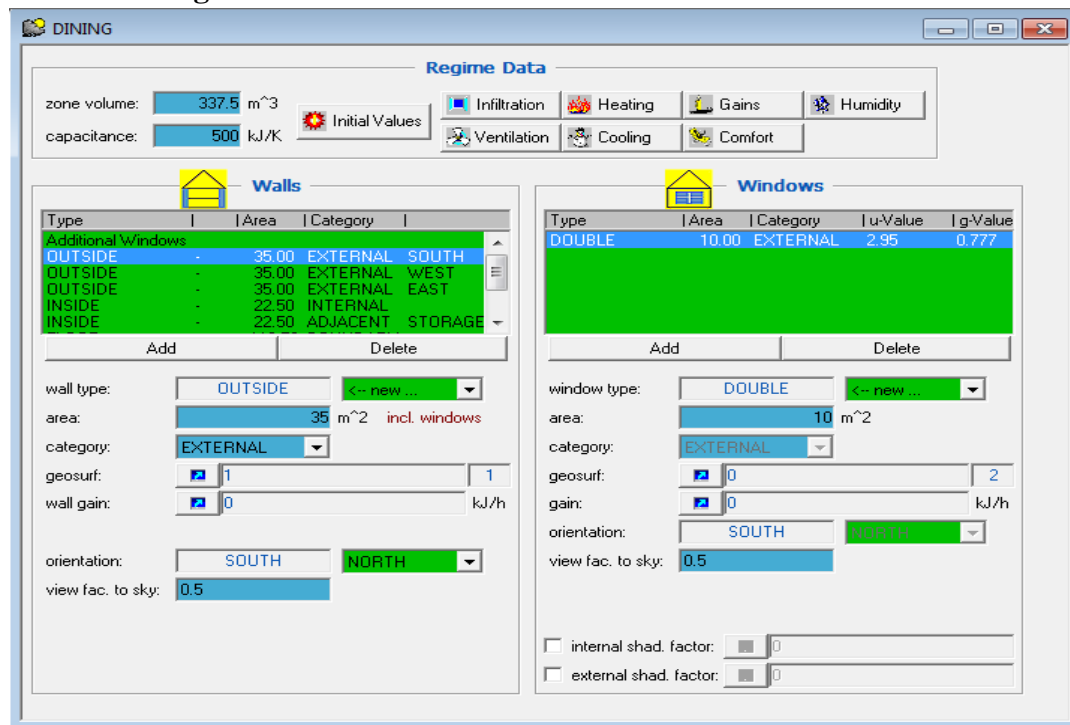


Figure (III.17) : les murs de la zone de la salle à manger

Cuisine

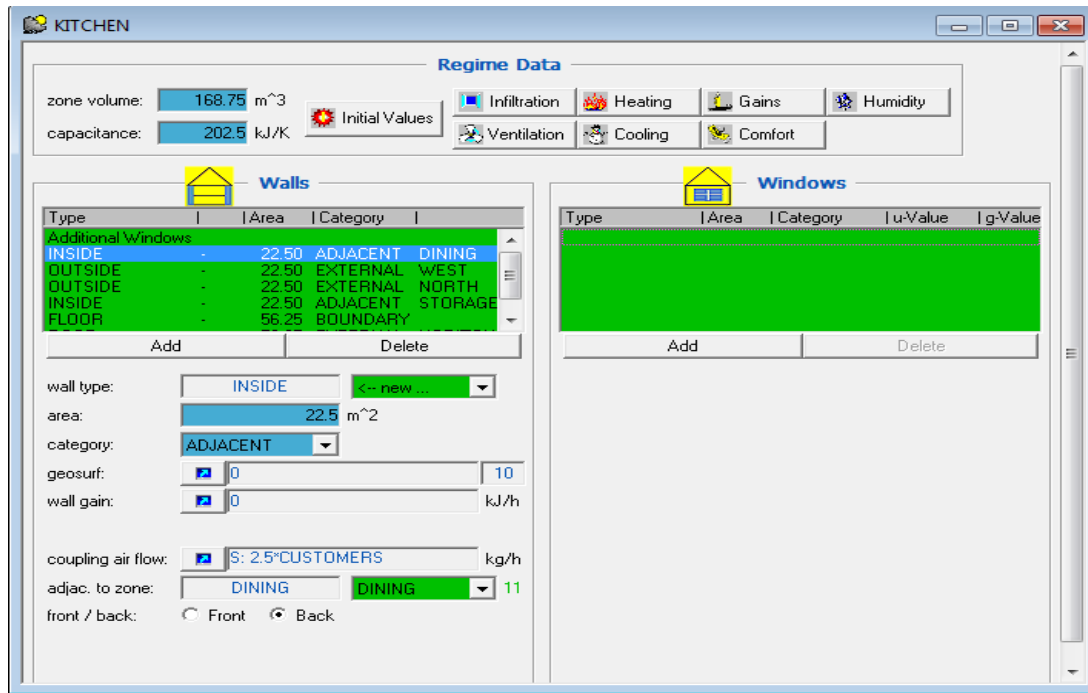


Figure (III.18):les murs de la zone de la cuisine

Stockage

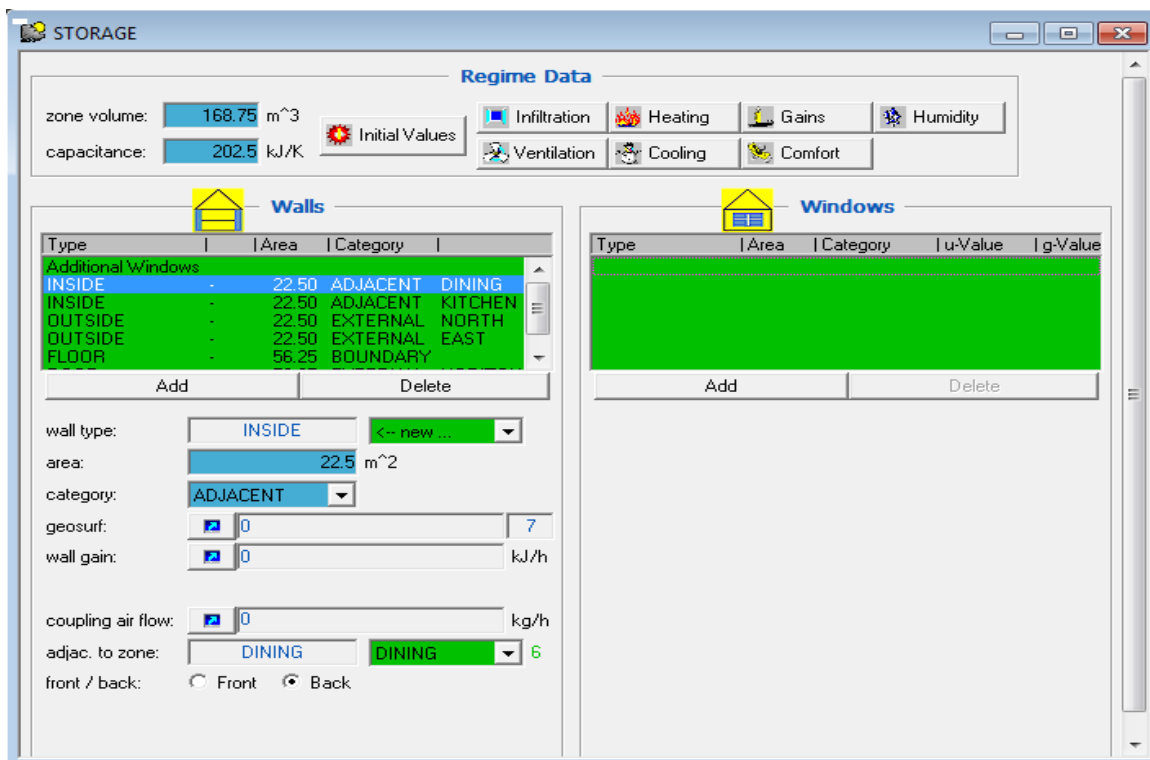


Figure (III.19):les murs de la zone Stockage

Output

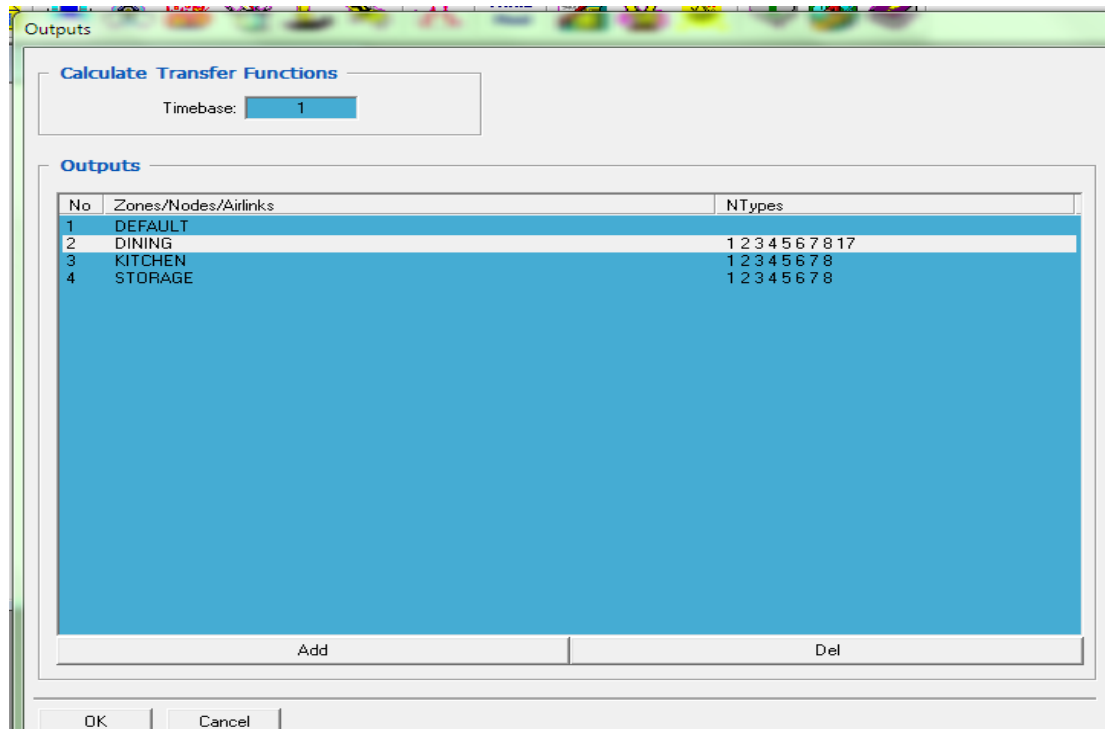


Figure (III.20): output des trois zones

Salle à manger

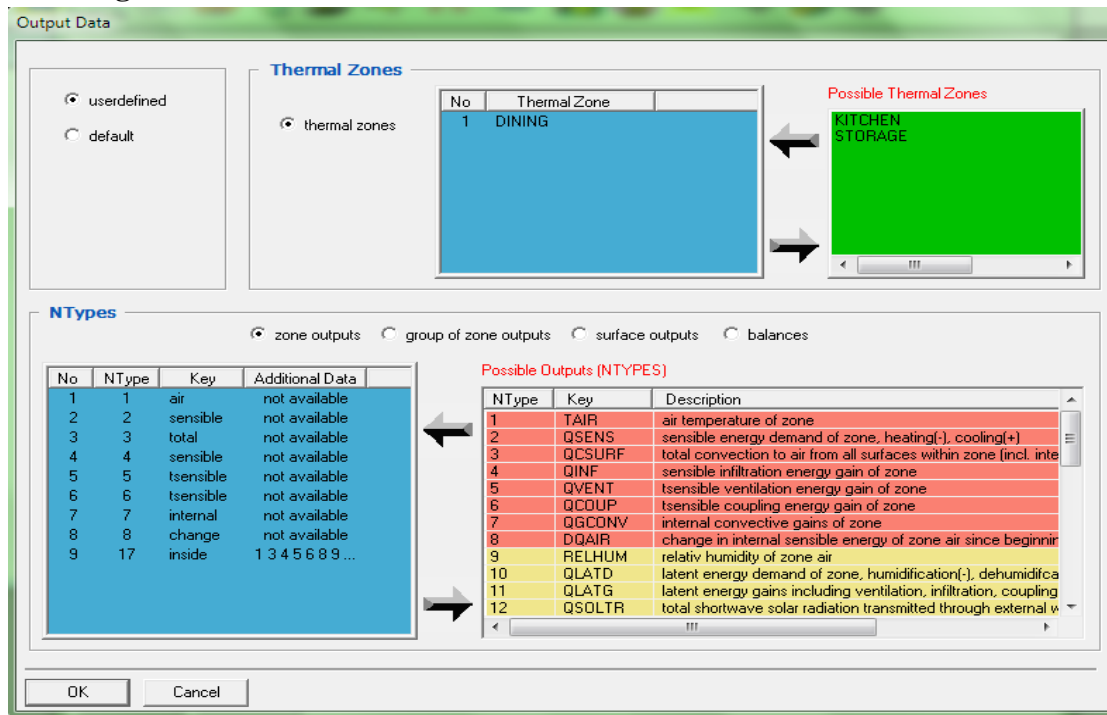


Figure (III.21): output de la salle à manger

Cuisine

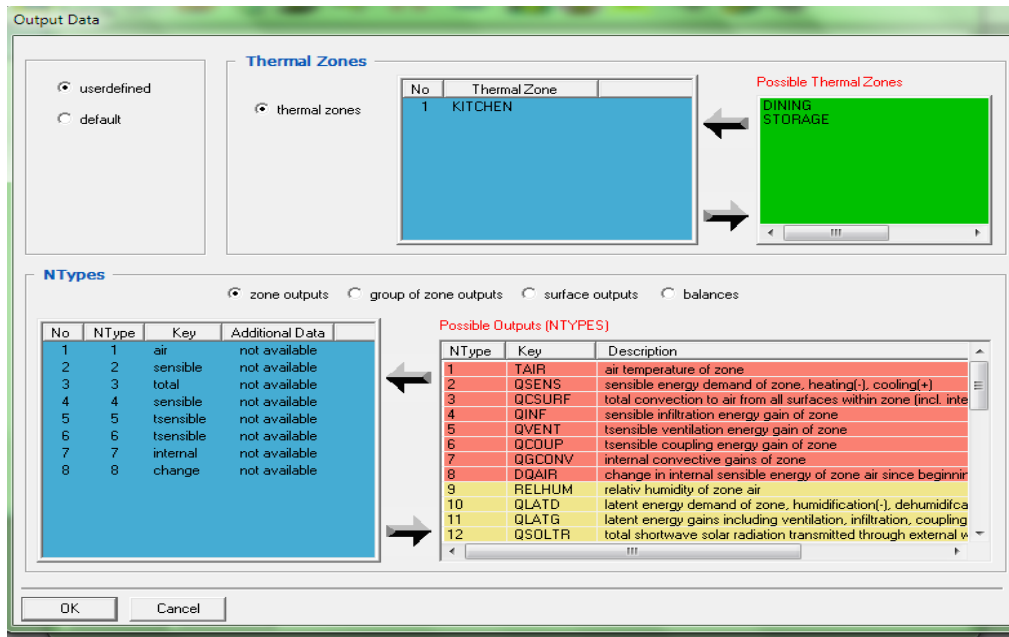


Figure (III.22): Output de la cuisine

Stockage

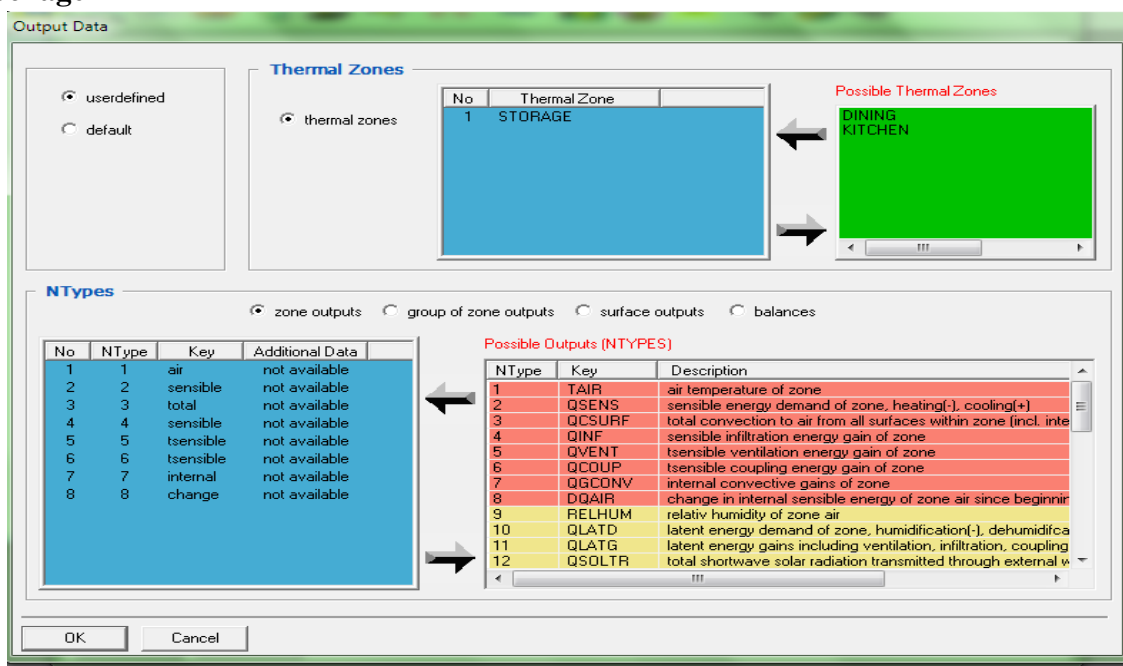


Figure (III.23): output de stockage

III.5. Conclusions

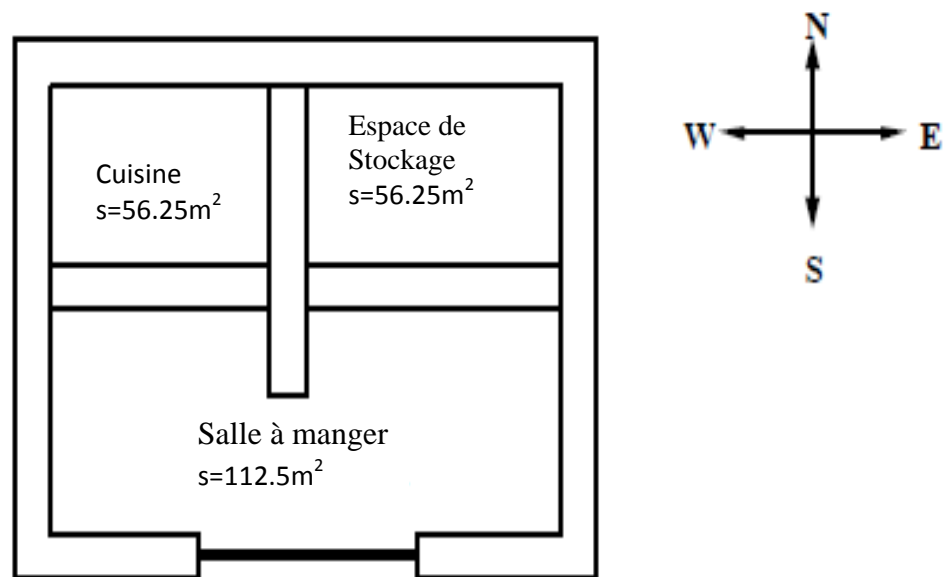
Après avoir entré toutes les données et les déferents caractéristiques des murs en a aussi identifie les trois zones sur TRNBuild .après en aller sur TRANSYS simulation studio pour voir Les résultats.



## Chapitre IV : Résultats et discussion

### IV. 1. Description du restaurant

Le restaurant se compose de trois zones: la salle à manger, la cuisine et un espace de rangement. Un plan d'étage du bâtiment est montré à la figure (IV.1). La salle à manger fait face directement au sud et a une grande fenêtre à double vitrage. Les données générales concernant le restaurant sont les suivantes.



**Figure (IV.1):** Vue en plan de restaurant

#### 1) Structure

Il y a deux types de murs: extérieur et intérieur. Le sol est constitué d'une dalle de béton sur le sol, une couche d'isolation et de carrelage en pierre. La seule fenêtre, située dans la salle à manger, a deux vitrages. Le toit plat a la structure suivante (de l'intérieur vers l'extérieur): plaque de plâtre, entrefer, isolation, béton, toiture. Le coefficient de transfert de chaleur à l'extérieur des murs extérieurs et le toit varient en fonction de la vitesse du vent. Notez que le coefficient de transfert de chaleur du le plancher est réglé à une très petite valeur puisque nous voulons imposer la température de surface pour être égal à la température au sol.

Le coefficient de transfert de chaleur

Mur extérieur	$U= 0.501 \text{ W/m}^2\text{K}$
Mur intérieur	$U= 1.386 \text{ W/m}^2\text{K}$
Plancher	$U= 0.497 \text{ W/m}^2\text{K}$
Toit	$U= 0.452 \text{ W/m}^2\text{K}$

**Tableau (IV.1):** Les caractéristiques de Restaurant

	stockage	cuisine	Salle à manger	Fenêtre de salle à manger
Surface de mur extérieur	22.5m <sup>2</sup>	22.5 m <sup>2</sup>	35 m <sup>2</sup> (ORI=SOUTH)	10 m <sup>2</sup> (ORI=SOUTH)
Surface de mur Intérieur	22.5m <sup>2</sup>	22.5m <sup>2</sup>	22.5m <sup>2</sup> (ORI=EAST et ORI=WEST)	
Plancher	56.25 m <sup>2</sup>	56.25 m <sup>2</sup>	112.5m <sup>2</sup>	
Toit	56.25 m <sup>2</sup>	56.25 m <sup>2</sup>	112.5m <sup>2</sup>	
hauteur	3m	3m	3m	
volume	168.75	168.75	337.5m <sup>3</sup>	

## 2) Flux d'air

Le taux d'infiltration est fixé à un demi-renouvellement d'air par heure pendant la fois. Pour la salle à manger, il y a une infiltration supplémentaire qui suit l'afflux de client et atteint un maximum d'un quart de renouvellement d'air par heure. Une partie de cette infiltration supplémentaire est considéré comme écoulé de la salle à manger à la cuisine. Le couplage convectif maximal de la salle à manger à la cuisine est de 25 kilogrammes par heure. La cuisine est également ventilée pendant heures de travail à raison d'un demi-renouvellement d'air par heure.

## 3) Gains

Il y a des gains de personnes et de lumières dans la salle à manger et la cuisine. La cuisine a aussi des gains associés aux chauffes. Les lumières sont allumés chaque fois que le bâtiment est occupé. Le calendrier des clients diffère pour les jours de la semaine et les week-ends. La salle de stockage a gains fixes d'un congélateur.

#### 4) Chauffage

La cuisine et la salle à manger sont maintenues à 20 degrés Celsius pendant heures occupées et à 15 degrés pour le reste du temps. La zone de stockage n'est pas chauffée.

#### 5) Refroidissement

Un petit climatiseur est situé dans la cuisine qui s'allume si la température s'élève au-dessus de 25 degrés Celsius.

#### 6) Les caractéristiques de Restaurant

La première étape est de séparer l'ensemble de restaurant en différentes zones couplées les unes avec les autres (salle à manger, cuisine et stockage).

Chaque zone est considérée comme une cellule séparée pour laquelle il faut définir le volume et les surfaces des parois. Pour chaque paroi il faut définir ses caractéristiques ainsi que la zone adjacente.

Cette maison est composée de 4 types de mur :

- **Mur intérieur** : constitue d'une couche de bois d'épaisseur 5.8 cm centré entre deux couches de gypse d'épaisseur 1.9 cm.
- **Mur extérieur** : constitue d'une couche de gypse d'épaisseur 1.9 cm et une couche d'isolation d'épaisseur 7.6 cm et une couche de stuc d'épaisseur 2.5 cm.
- **Plafond** : constitue d'une couche de Placoplatre d'épaisseur 1.6 cm et une couche d'isolation 7.6 cm et couche de béton d'épaisseur 10.2 cm et la toiture de 0.6 cm.
- **Plancher** : constitue d'une couche de pierre d'épaisseur 2.5 cm et une couche d'isolation de 7.6 cm d'épaisseur et une couche de béton 10.2 cm.

On a étudié deux sites d'implantation, la ville de Dar El Beida, situer au Nord d' Algérie ([36.7°N 3.2°E](#)) Alger et [Béchar](#) au sud d'Algérie ([31. 3°N, 2. 13° O](#))

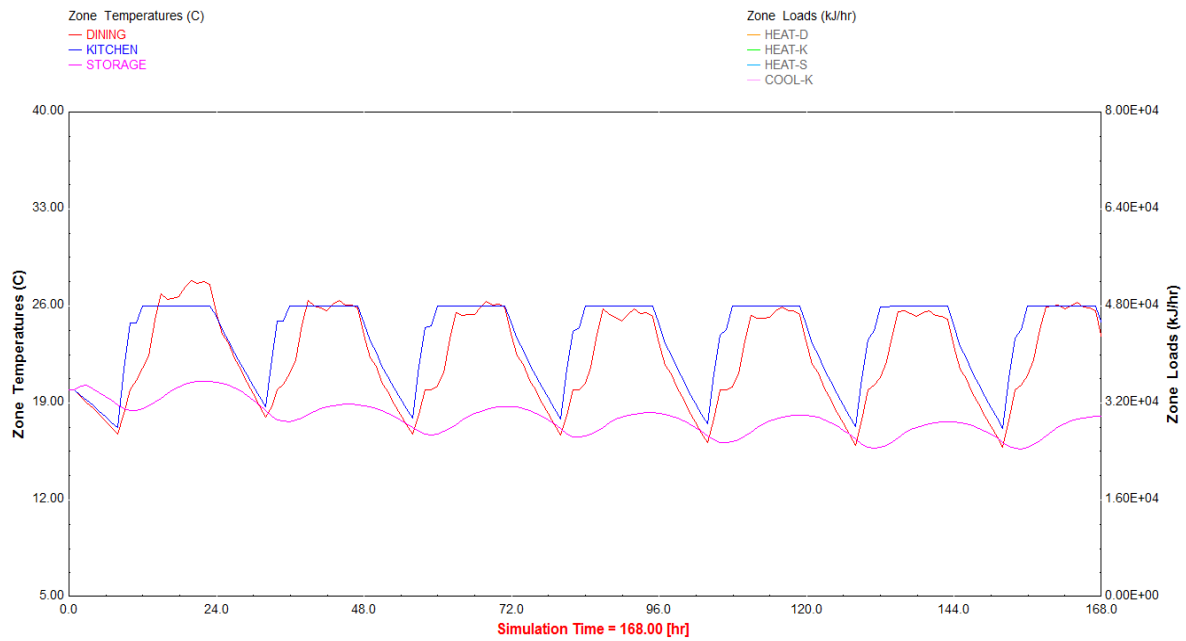
Une régulation permet en été, de déclencher la sur ventilation selon l'écart de température entre l'air extérieur et la moyenne des températures d'air intérieur et en hiver de déterminer si l'air neuf est soufflé directement depuis la serre ou après être passé dans l'échangeur.

## IV.2. Températures des zones thermiques

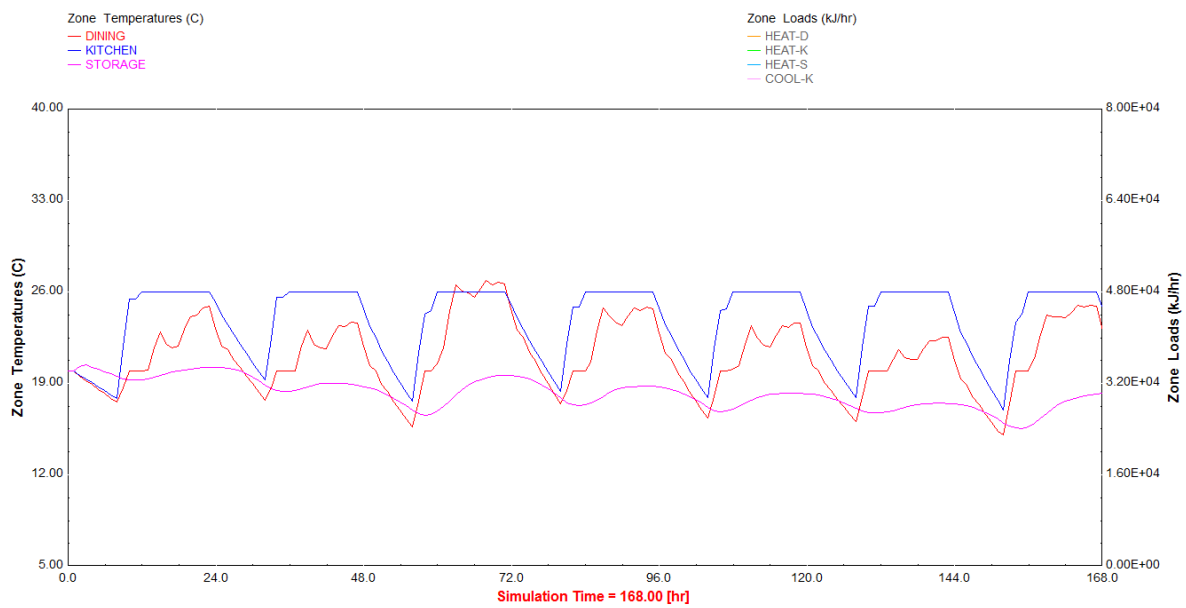
Pour la ville de Béchar nous avons représenté sur la figure (IV.2) la température de la salle à manger pendant une semaine (la première semaine du mois de janvier), les résultats sont : la température de la salle à manger (DINING), la température de stockage (STORAGE) et la température de la cuisine (KITCHEN). On remarque que la température de la salle à manger et la cuisine presque le même, elle oscille entre 25° pour le jour et 20° dans la nuit. La température de salle de stockage elle oscille entre 20° pour le jour et 16° dans la nuit.

Les résultats de la simulation pendant une semaine enregistrée sur la ville de Dar El Beïda sont représentés sur la figure (IV.3), pour permettre la comparaison nous avons présenté la même période dans le cas de la ville de Dar El Beïda c.à.d la température de la salle à manger (DINING), la température de stockage (STORAGE) et la température de la cuisine (KITCHEN) . On remarque que la température de la salle à manger, est plus faible par rapport à la température de la salle à manger si on le compare avec la ville de Béchar, parce que le un climat est humide au nord. La température de la salle à manger est toujours inférieure de celle de la cuisine.

Pour ne jamais dépasser l'objectif de 25°C, un système de rafraîchissement est mis en place (cuisine) avec une consigne à 25°C. La simulation montre que le système ne se met en route que c'est la température dépasse les consignes. Le système décrit ci-dessus atteint un confort d'été tout à fait satisfaisant sans aucun dispositif particulier avec un système de ventilation légèrement travaillé.



**Figure (IV.2)** : Températures de la salle à manger (DINING), la température de stockage (STORAGE) et la température de la cuisine (KITCHEN) pendant une semaine à la ville de Béchar



**Figure (IV.3)** : Températures de la salle à manger (DINING), la température de stockage (STORAGE) et la température de la cuisine (KITCHEN) pendant une semaine à la ville de Dar El Beida.

Les résultats de la simulation pendant une semaine du mois de juillet enregistrés à la ville de Béchar sont représentés sur la figure (IV-4). On observe qu'il y a une perturbation de la température de la salle à manger à cause des gains des personnes et des lumières dans la salle à manger et le climat chaud à l'extérieurs pour ce mois de l'été. Concernant la température de la cuisine on remarque qu'elle est fixe, la régulation se fait avec un climatiseur placé dans la cuisine qui s'allume si la température s'élève au-dessus de 26 degrés Celsius. La température l'espace de stockage est plus faible par rapport à la température de la salle à manger, elle oscille entre 35° pour le jour et 30° dans la nuit.

La comparaison avec la ville de Dar El Beida, avec climat chaud et humide à l'extérieurs pour ce mois de l'été (Fig. IV-5), montre que la température de la salle à manger est toujours supérieur de celle de la cuisine et l'espace de stockage, qui oscille entre 37° pour le jour et 25° dans la nuit.

La comparaison entre la température de la cuisine entre les deux villes durant l'été montre que pour la ville de Béchar la température reste fixe jour et nuit par contre pour la ville de Dar El Beida, on observe un léger abaissement de quelque degré pour la nuit, puisque le climat est humide au nord.

Il faut également s'intéresser à la thermique d'hiver. Les hypothèses sont cette fois-ci peu nombreuses puisque l'enveloppe opaque et les vitrages ont été choisis en fonction de la thermique d'été. Il faut à nouveau considérer le débit minimal de renouvellement d'air pour limiter les besoins en chauffage. La simulation montre que les besoins de chauffage sur l'année représentent 9955 kWh, ce qui est de 3,1% supérieur aux besoins de la maison de référence. Ce résultat s'explique par la présence de casquettes et d'effets de masque qui limitent les apports gratuits du soleil. La meilleure solution sur l'année est un compromis entre différents paramètres. Il faut savoir perdre un peu d'un côté pour gagner beaucoup de l'autre et ce, tout en restant dans des valeurs raisonnables : la maison ainsi proposée respecte la réglementation thermique en hiver même si ces performances sont inférieures à la maison de référence.

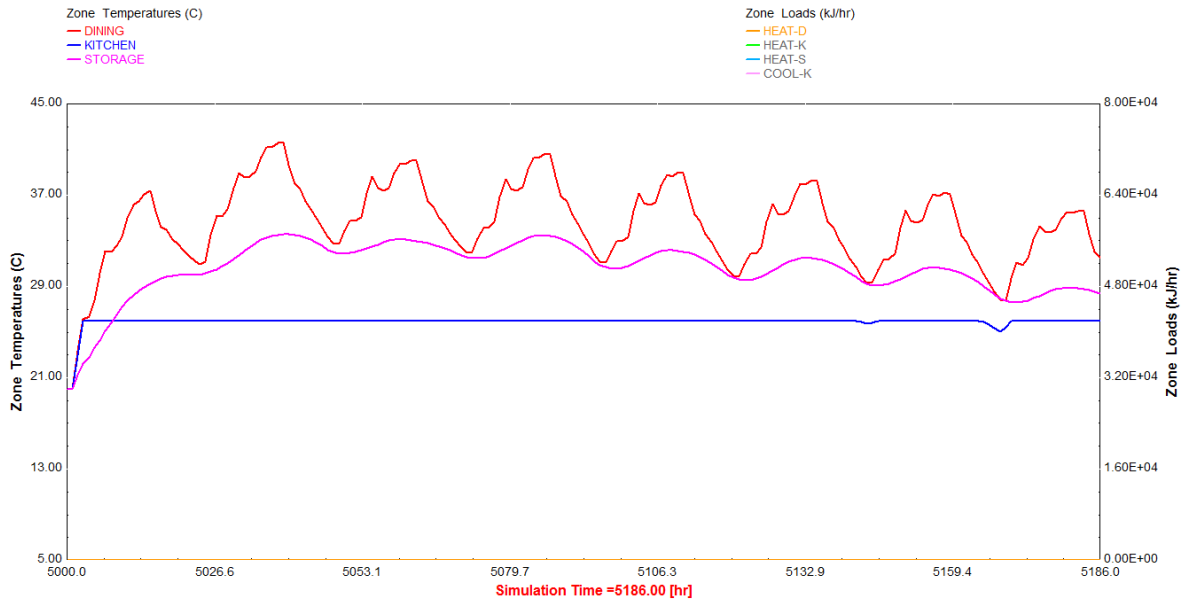


Figure (IV.4) : Températures pendant une semaine du mois de Juillet à la ville de Béchar

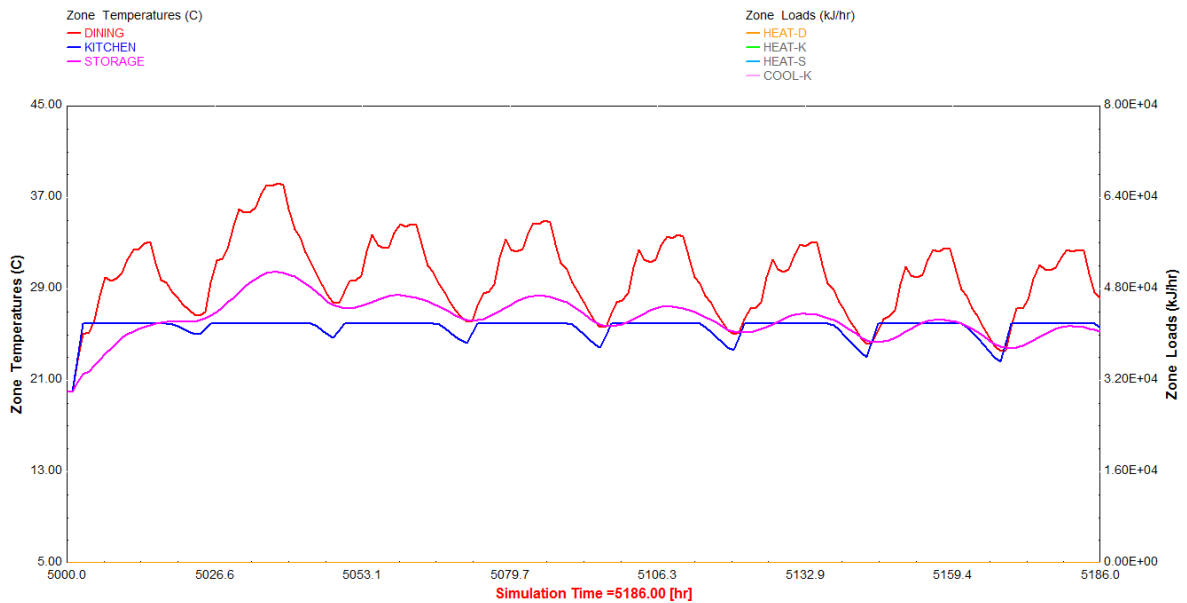


Figure (IV.5) : Températures pendant une semaine de mois de Juillet à la ville de Dar El Beida

Les nombres d'heures où la température d'air dans une zone dépasse une valeur donnée sont indiqués sur les figures (IV.6-7). Mis à part la cuisine qui constitue des pièces particulières (apports internes importants) et parce que un climatiseur est situé dans la cuisine qui s'allume si le la température s'élève au-dessus de 25 degrés Celsius. On remarque que pendant les mois d'été la température de la salle à manger et la température de l'espace de

stockage dépasse les consignes à cause des gains de personnes et de lumières et le climat chaud.

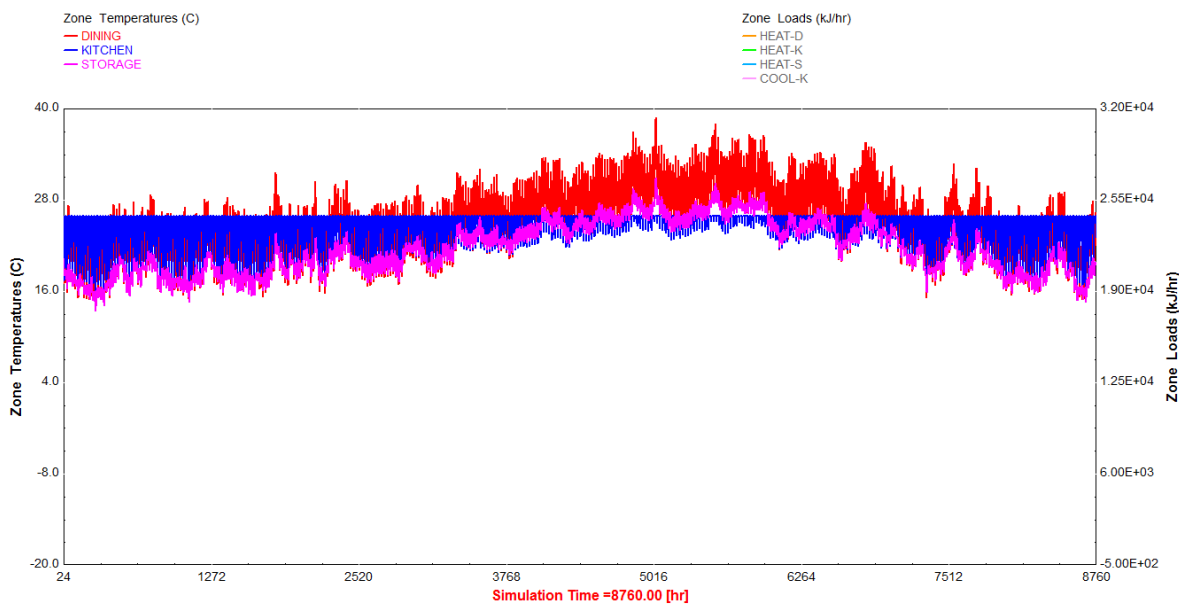


Figure (IV.6) : Températures pendant une année à la ville de Dar El Beida

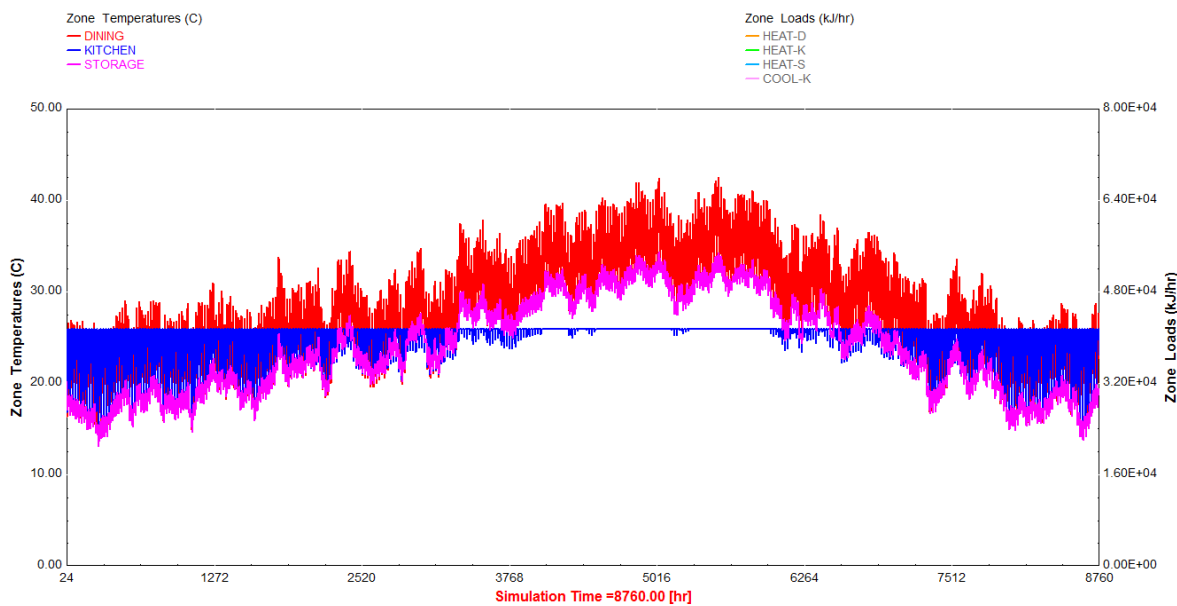


Figure (IV.7) : Températures pendant une année à la ville de Béchar

### IV.3.Charge thermique

Les résultats les plus importants qu'on cherche à déterminer à partir de la simulation du bâtiment (Restaurant) est la charge thermique transmise vers la cuisine qui est en d'autres termes la charge de climatisation de la cuisine( la température soit au dessous de 25°C) et le chauffage de la salle à manger et la cuisine sachant que ses deux zones sont maintenues à 20 degrés Celsius pendant heures occupées et à 15 degrés pour le reste du temps.

Les figure (IV.8-9) montres l'évolution de la charge thermique transmise vers la cuisine, on d'autre terme la consommation énergétique en Kj/h durant toute l'année.

En effet, dans les deux cas (les deux villes) on obtient un maximum de charge au mois de juillet et un minimum de charge pour les mois de février. Toutefois on remarque que la charge thermique transmise vers la cuisine pour la ville de Dar El-Beida est inferieur à celle prédite pour la ville de Béchar aux mois de janvier, février, mars, novembre et décembre. Cette tendance s'inverse pendant les autres mois de l'année. On conclue que c'est l'effet de la température de renouvellement d'air de qui provoque cette différence.

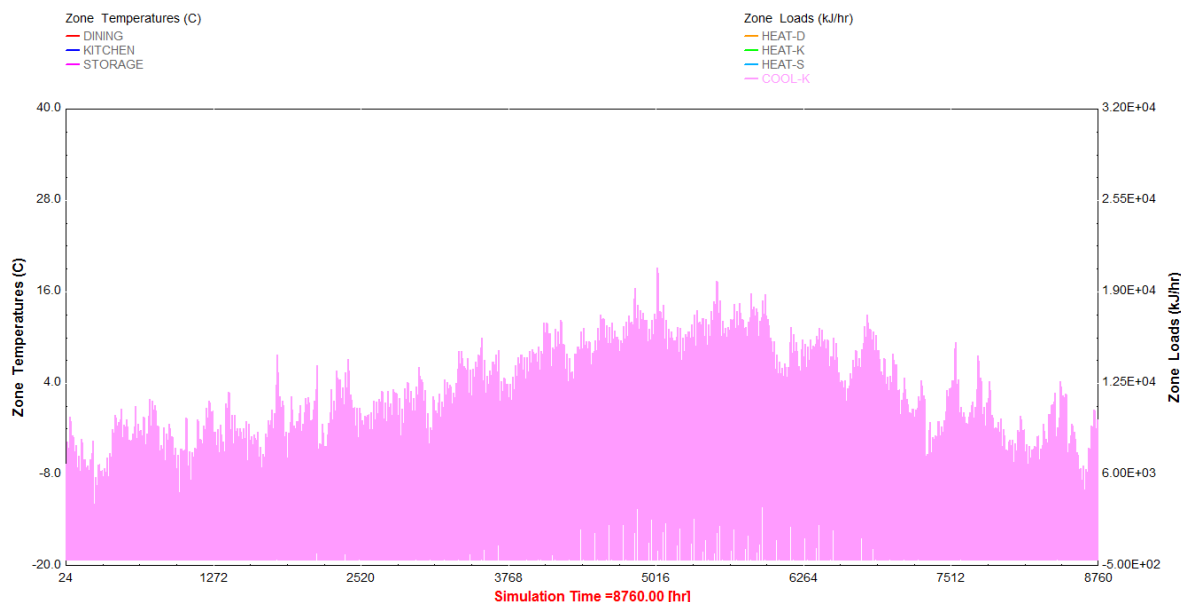
Les besoins de l'énergie pour le restaurant sont les besoins de chauffage et climatisation plus les besoin spécifiques. Les figure (IV.10-11) montrent l'évolution de la charge thermique transmise vers la salle à manger, on d'autre terme la consommation énergétique de chauffage en Kj/h durant toute l'année. Sur Les figure (IV.10-11) en observe que la consommation de l'énergie est nulle durant la période d'été.

On remarque à partir des figures (IV.10-11), que les pics de charge thermique sont dus à l'augmentation de la température de milieu ambiant.

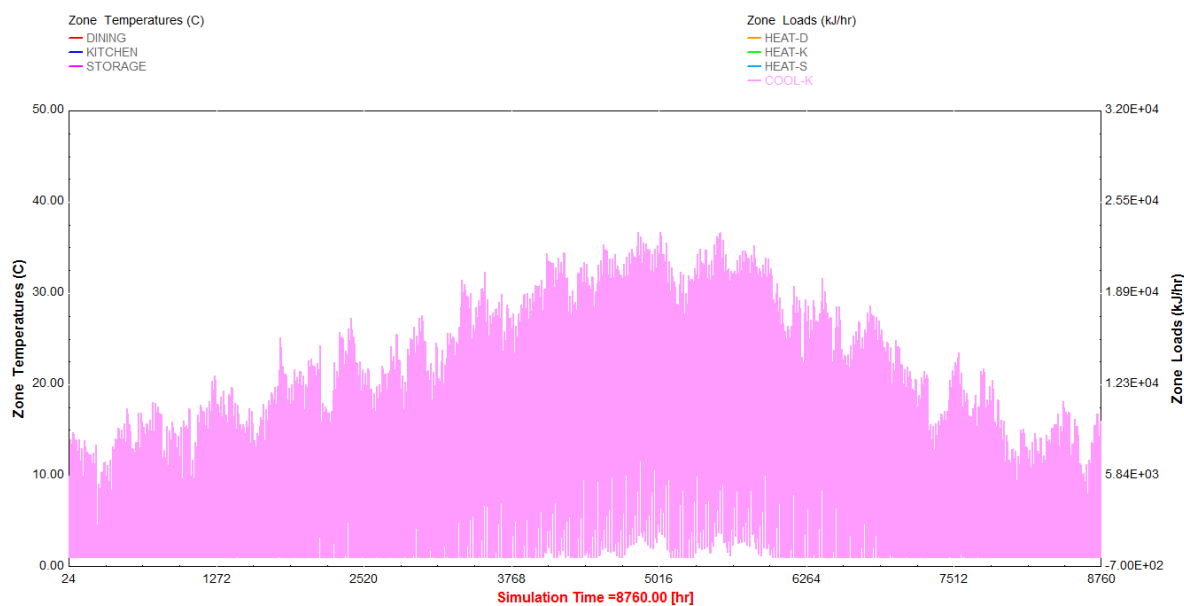
Un balayage de tous les jours montre que la salle à manger à besoin d'un chauffage à partir de novembre jusqu'à avril et d'une climatisation de 18 Jun jusqu'à 15 septembre pour la ville de Dar El-Beida.

Le chauffage de la salle à manger n'est pas demander pour une grande période de l'année, cette période peut commence de mois de février jusqu'à novembre pour la ville de Béchar.

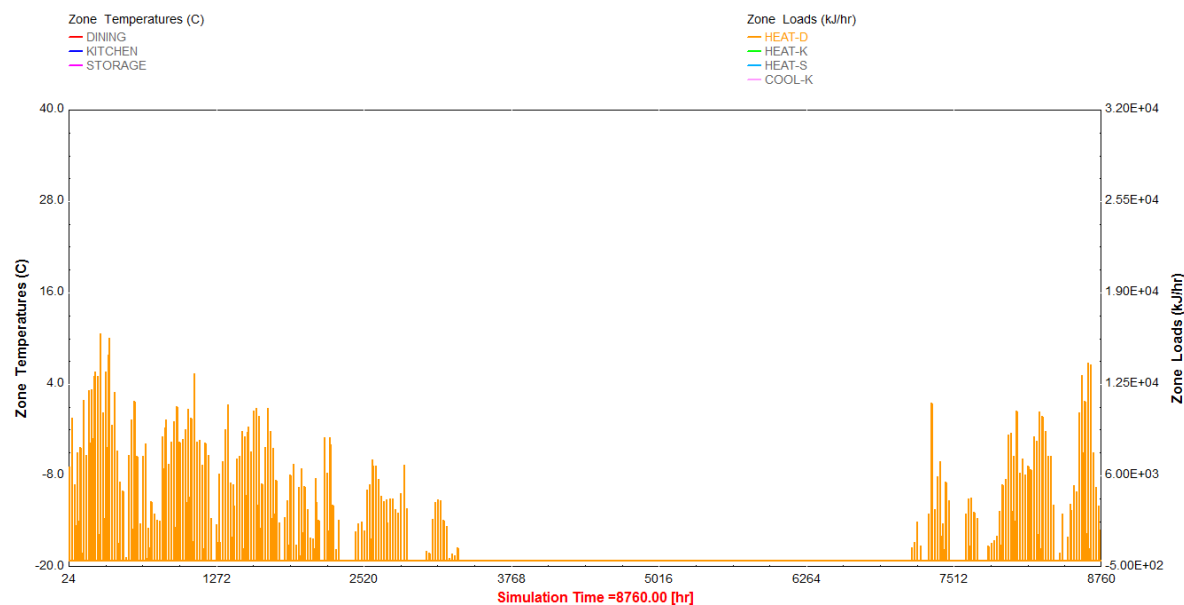
La puissance nécessaire pour le chauffage de la cuisine est nulle durant toute l'année et elle est compensée par les apports internes qui sont importants dans les deux villes citées dans cette étude. A titre d'exemple on peut citer la ville de Ottawa (Canada), où l'hiver correspond à la période la plus froide de l'année, donc le chauffage de la cuisine est nécessaire ((Fig. IV-12),



**Figure (IV.8) :** Consommation énergétique (climatisation) pendant une année à la ville de Dar El Beida



**Figure (IV.9) :** Consommation énergétique (climatisation) pendant une année à la ville de Béchar



**Figure (IV.10) :** Consommation énergétique (chauffage) pendant une année à la ville de Dar El Beida

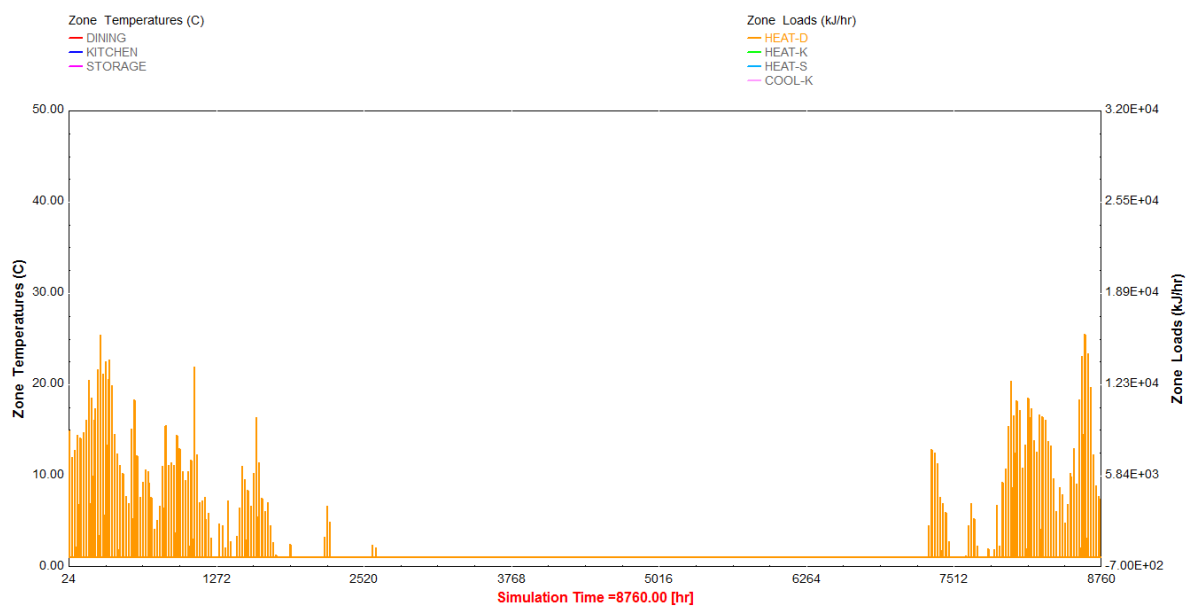


Figure (IV.11) : Consommation énergétique (chauffage) pendant une année à la ville de Béchar

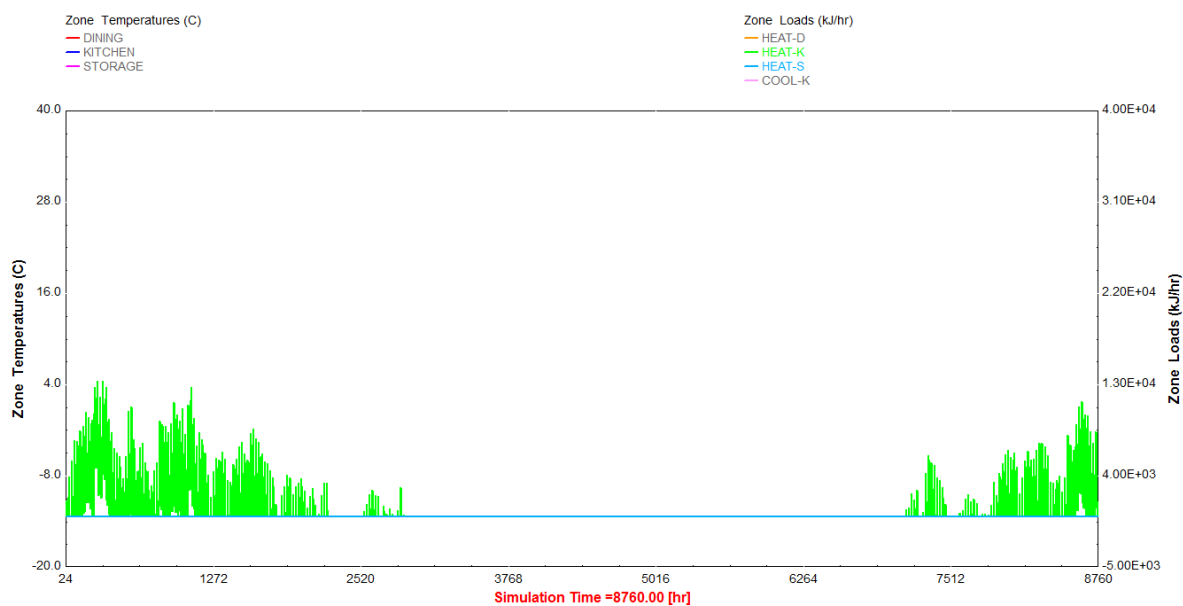


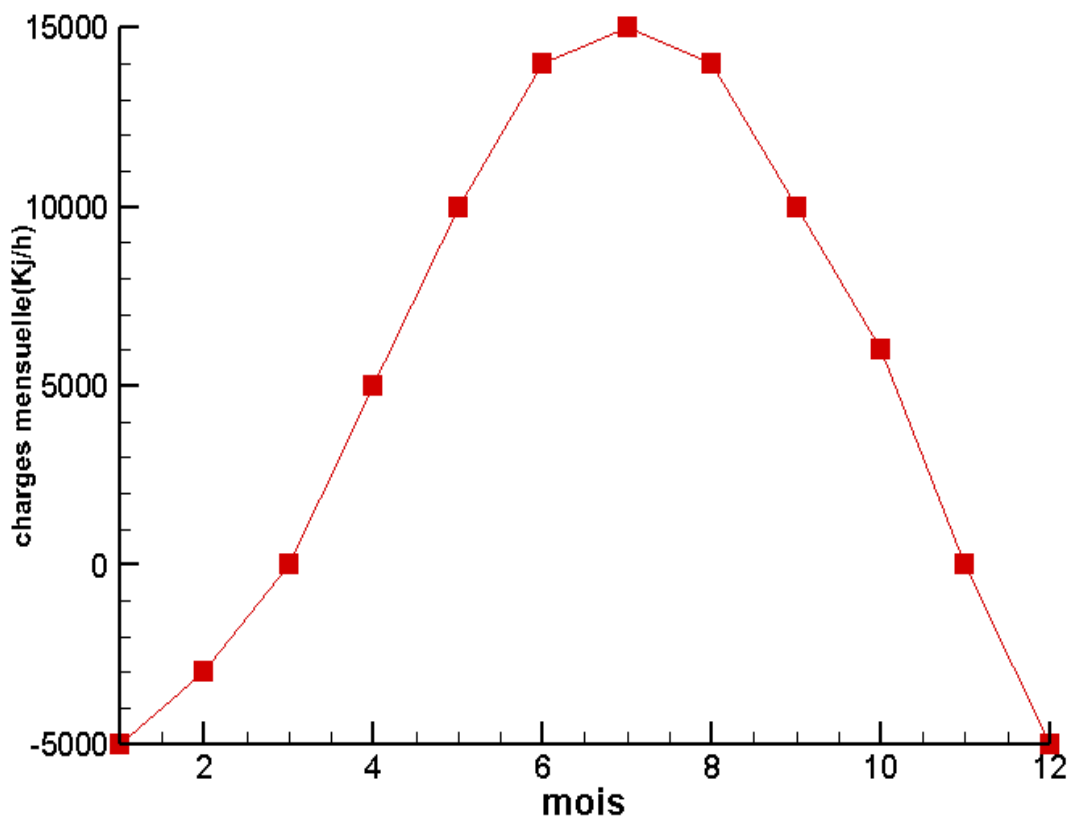
Figure (IV.12) : Consommation de chauffage de la cuisine pendant une année à la ville d’Ottawa.

#### IV.4. Les pertes thermiques du restaurant

Les pertes thermiques du restaurant à travers l'enveloppe ont un grand effet sur sa consommation énergétique du restaurant que ce soit pour le chauffage ou bien pour la climatisation. Ces déperditions dépendent du climat extérieur et de l'enveloppe du restaurant.

Dans notre cas nous avons utilisé le climat de la région nord (Dar El Beida) et sud (Béchar), Q et une enveloppe du restaurant.

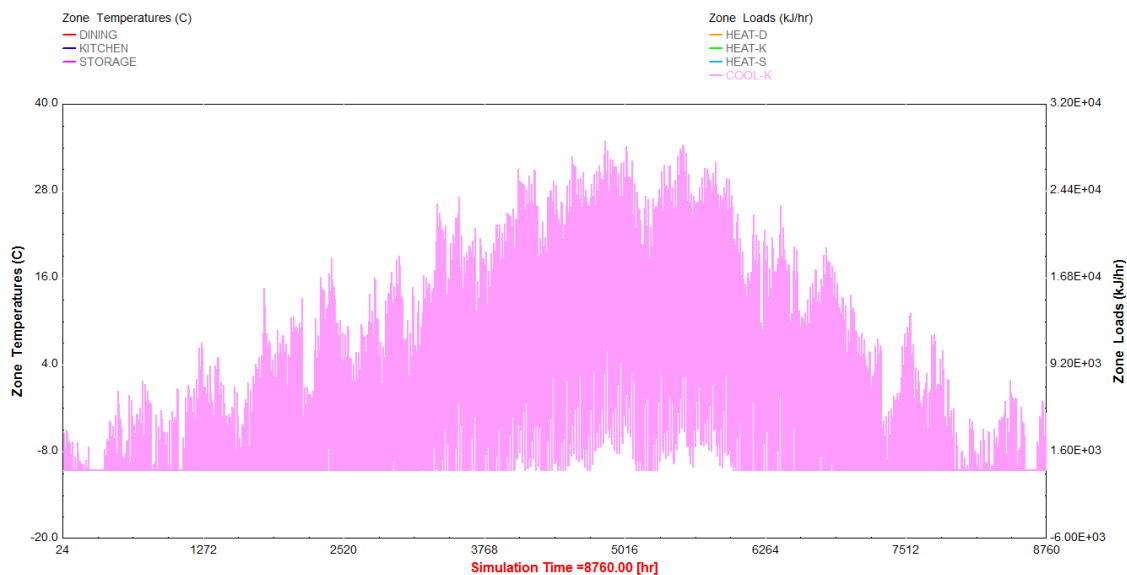
La figure (IV.13) montre l'évolution des déperditions mensuelle de l'enveloppe du restaurant. Les valeurs positives indiquent que le restaurant gagne de la chaleur à partir de l'extérieur tandis que les valeurs négatives indiquent que le restaurant perd de la chaleur vers l'extérieur.



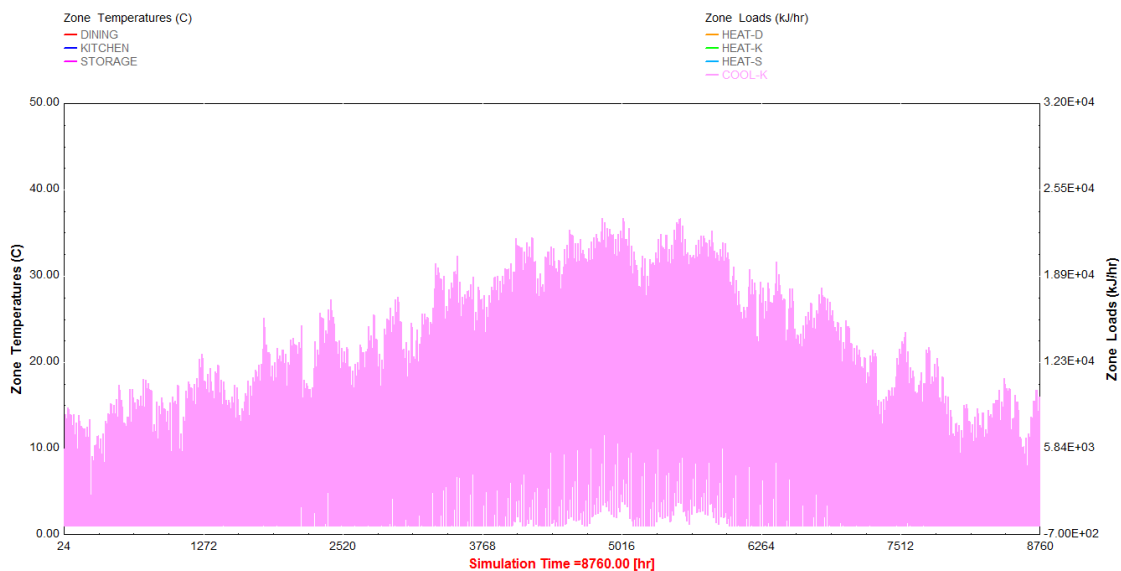
**Figure (IV.13) :** Evolution des pertes de chaleur mensuelles a travers l'enveloppe.

### IV.5. l'effet de l'isolation thermique

La figure (IV.14) montre l'efficacité de l'isolation thermique sous les climats, chaud et humide, dans la réduction de la consommation énergétique.



(a) plafond isolé



(b) Plafond non isolé

**Figure (IV.14) :** l'effet de l'isolation sur la consommation énergétique (climatisation) pendant une année à la ville de Béchar



## Conclusion

Dans ce projet de fin d'étude nous avons essayé de faire la simulation du comportement thermique d'un restaurant construit de trois zones sous TRNSYS. Pour permettre d'introduire les caractéristiques d'un bâtiment multizones nécessaire à la simulation thermique, on a fait appel à TRNBuild. Un petit climatiseur est situé dans la cuisine qui s'allume si la température s'élève au-dessus de 25 degrés Celsius. La cuisine et la salle à manger sont maintenues à 20 degrés Celsius pendant les heures occupées et à 15 degrés pour le reste du temps et la zone de stockage n'est pas chauffée. Le climatiseur et le chauffage fonctionnent sous les données climatiques des villes de Béchar et Dar El Beida (Algérie). Les résultats de simulation montrent que:

- La consommation de l'énergie du chauffage est nulle durant la période d'été.
- Les déperditions dépendent du climat extérieur et de l'enveloppe du restaurant.
- La charge de la climatisation en été pour le sud est compensée par le chauffage en hiver
- Les résultats montrent l'efficacité de l'isolation thermique sous les climats, chaud et humide, dans la réduction de la consommation énergétique
- Il faut ajuster le débit minimal de renouvellement d'air pour limiter les besoins en chauffage
- Il faut isoler les murs et la toiture pour minimiser la consommation énergétique de ce restaurant
- Les résultats des zones salle à manger et stockage ne sont pas convaincants il faut installer des climatiseurs pour refroidir les deux zones à la période d'été

## Bibliographies

- [1] Willis H. Carrier en 1902, "The Invention That Changed the World"  
<http://www.williscarrier.com/>
- [2] Le Français Ferdinand CARRE 1859, <http://www.encyclopedie.picardie.fr/Carre-Ferdinand-Edmond.html>
- [3] Benoît Bréville, août 2017, L'air conditionné à l'assaut de la planète « Histoire d'une passion américaine », Le Monde diplomatique.
- [4] Manuel TRNSYS 16 – Multizone Building modeling with Type56 and TRNBuild
- [5] G. Bouhelal, 2012, L'utilisation de L'énergie solaire pour Les besoins de la climatisation, Mémoire de magister, Université Abou Baker Belkaid, Tlemcen
- [6] Hensen, J. L. and R. Lamberts (2012). Building performance simulation for design and operation, Routledge.
- [7] ASHRAE (2010). ASHRAE GreenGuide - The Design, Construction, and Operation of Sustainable Buildings Atlanta, GA, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.
- [8] Aelenei, L. and H. Gonçalves (2014). "From solar building design to net zero energy buildings: Performance insights of an office building." Energy Procedia 48: 1236-1243
- [6] THIBAUT VITEE : Le froid solaire par dessiccation appliqué au bâtiment : Proposition d'une stratégie de régulation du système – INSA Lyon – thèse de doctorat
- [7] Henri NOIREL, 2002, Equipement de confort climatisation, Créé avec la collaboration du GAMA et du GNFA (Groupement Amical d'enseignants des Matériels Automobiles).
- [9] Jérôme ADNOT, ARMINES, « Energie Efficiency and Certification of Central Air Conditioners », FINAL REPORT- APRIL 2003.
- [10] Jean Desmons, 2008, AIDE-MEMOIRE «Génie climatique», livre, ISBN 978-2-10-072348-5, DUNOD
- [11] NICOLAS LEMIRE, décembre 2009, Etude sur les systèmes des pompes a chaleur géothermiques, Université de Montréal.
- [12] TECHNIQUE GENERALE, TECHNIQUE DU FROID, COURS DE BASE, 30 juin 1998 – *CfmmLog*, Edition : juillet07, YSH04054

- [14] BENAHMED Lamia, 2013, Intégration d'un système de rafraîchissement solaire au bâtiment. Faisabilité technico-économique, Université Abou Baker Belkaid, Tlemcen.
- [15] BACHIR Hosayn, 2013, Etude d'un système de climatisation automobile sur un banc d'essai ET450, mémoire, Université Abou Baker Belkaid, Tlemcen