

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE

LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE POLYTECHNIQUE



DEPARTEMENT DE GENIE MECANIQUE

PROJET DE FIN D'ETUDES

En vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en Génie Mécanique

Thème :

**DIMENSIONNEMENT D'UNE INSTALLATION DE
CLIMATISATION D'UN HÔTEL ALIMENTEE PAR
UN SYSTEME PHOTOVOLTAÏQUE RACCORDE AU
RESEAU**

Encadré par :

M.MADANI

Présenté par :

D.DOKKAR

Juin 2009

DEDICACE

À mes chers parents

À mes frères et sœurs et neveux

À la mémoire de mes grand-pères et grand-mères

À toute la famille DOKKAR et RACHEDI sans exception

À tous mes amis de l'ENPEI, L'ENSP et BOURAOUI

À tous ceux qui me connaissent de près ou de loin

Je dédie chaleureusement ce travail

DJILALI

REMERCIEMENT

Je remercie avant tout ALLAH le tout puissant de nous avoir donné la foi, la volonté et le courage de mener à bien ce modeste travail.

Mes sincères remerciements à mon promoteur Monsieur Madani Mohammed, pour m'avoir conseillé, dirigé pendant la réalisation de ce travail.

Mes remerciements vont aussi aux messieurs les membres du jury d'avoir pris le temps et le soin de lire ce rapport.

Je remercie également tout le personnel de LYNATEL, Ouargla, et plus essentiellement Monsieur A. M. BENTORKIA.

Mes remerciements vont également à tous les enseignants qui ont participé à notre formation et l'aide qu'ils nous ont fournie pendant la période d'étude.

Je remercie enfin tous mes amis et cousins ainsi que tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

ملخص :

يتمثل هذا المشروع في تقييس مركب تكييف نزل " LYNATEL " الواقع بورقلة وذلك بحساب حاجاته التبريدية و التدفئية, ثم نستعملها في تقييس النظام الكهروضوئي الذي يغذي المركب بالكهرباء, بعد ذلك نقدر أسعار هذا النظام و الحوصلتين الطاقوية و النقدية لهذا المركب.

الكلمات المفتاحية : تكييف نزل, مركب, حوصلة حرارية, كهروضوئي, سعر, نظام متصل بالشبكة, تقييس.

Résumé :

Ce projet consiste à dimensionner une installation de climatisation de l'hôtel LYNATEL situé à Ouargla en calculant ses besoins calorifiques et frigorifiques, puis les utiliser pour dimensionner le système photovoltaïque qui alimente l'installation en électricité, ensuite nous estimons les coûts de ce système et les bilans énergétiques et financiers de l'installation.

Mots clés : climatisation résidentielle, analyse thermique, photovoltaïque, analyse financière, système raccordé au réseau.

Abstract :

This project consists in the design of air-conditioning installation for LYNATEL hotel, located in Ouargla, by calculating its calorific and refrigeration needs, and then using them to dimension the photovoltaic system which feeds the installation in electricity; after that, we estimate the costs of this system and the energetic and financial assessments of the installation.

Keywords : residential air-conditioning, installation, thermal analysis, photovoltaic, financial analysis, grid connected system, design.

TABLE DE MATIERE

INTRODUCTION	1
CHAPITRE I : GENERALITES SUR LA CLIMATISATION ET L'ENERGIE SOLAIRE.....	2
1.1 La climatisation.....	3
1.1.1 Définition	3
1.1.2 Les installations de climatisation.....	3
1.1.3 Charges dues à l'environnement.....	5
1.2 L'énergie solaire.....	6
1.2.1 Le rayonnement solaire	6
1.2.2 Mesure de rayonnement solaire	7
1.2.3 L'énergie photovoltaïque.....	7
CHAPITRE II : BILAN THERMIQUE	12
2.1 Introduction.....	13
2.2 Calcul du coefficient global de transmission de la chaleur	13
2.3 Bilan calorifique	13
2.3.1 Déperditions par renouvellement d'air	13
2.3.2 Déperditions par transmission	14
2.4 Bilan frigorifique	14
2.4.1 Charges dues à l'environnement extérieur.....	14
2.4.2 Charges dues à l'environnement intérieur.....	15
CHAPITRE III : DIMENSIONNEMENT DE L'INSTALLATION DE CLIMATISATION	16
3.1 Les données de base de l'hôtel	17
3.1.1 Spécificités du site.....	17
3.1.2 Caractéristiques de l'hôtel	18
3.2 Calcul de bilan thermique.....	23
3.2.1 Calcul de bilan calorifique.....	23
3.2.2 Calcul de bilan frigorifique.....	29
CHAPITRE IV : DIMENSIONNEMENT DU SYSTEME PHOTOVOLTAÏQUE	38
4.1 Introduction.....	39
4.2 Type du système photovoltaïque utilisé.....	39
4.3 Dimensionnement d'un système photovoltaïque raccordé au réseau	39
4.3.1 Evaluation des besoins (1 ^{ère} étape).....	39
4.3.2 Energie solaire récupérable (2 ^{ème} étape).....	40

4.3.3	Dimensionnement des modules photovoltaïques (3 ^{ème} étape)	40
4.3.4	Choix de l'onduleur (4 ^{ème} étape)	41
4.3.5	Choix des câbles électriques (5 ^{ème} étape)	42
4.4	Dimensionnement du système photovoltaïque de l'hôtel	42
4.4.1	Description du logiciel PVSYST 4.3	42
4.4.2	Dimensionnement du système photovoltaïque de l'hôtel avec PVSYST 4.3	43
CHAPITRE V : ANALYSE ECONOMIQUE		51
5.1	Introduction	52
5.2	Evaluation des coûts du système photovoltaïque de l'hôtel	52
5.2.1	La durée de vie du système	52
5.2.2	Le taux d'intérêt et le taux d'actualisation	52
5.2.3	Les coûts initiaux	52
5.2.4	Les annuités	53
5.2.5	Les coûts récurrents	53
5.2.6	Le coût d'énergie	54
5.3	Le besoin d'énergie de la climatisation de l'hôtel	54
5.5	Le bilan énergétique de l'installation	55
5.6	Le bilan financier de l'installation	56
CONCLUSION GENERALE		58
BIBLIOGRAPHIE		59
ANNEXES		60

LISTE DES FIGURES

Figure 1.1 : Différents composants de rayonnement solaire [3].	6
Figure 1.2 : Schéma synoptique d'un système photovoltaïque autonome [5].	8
Figure 1.3 : Composantes d'un générateur photovoltaïque [4].	8
Figure 1.4 : Principe de conversion photovoltaïque [7].	9
Figure 3.1 : Façade de l'hôtel Lynatel.	17
Figure 3.2 : Les déperditions totales de l'hôtel.	29
Figure 3.3 : Les apports de chaleur totaux de l'hôtel.	37
Figure 4.1 : Système photovoltaïque raccordé au réseau [5].	39
Figure 4.2 : Champ du système photovoltaïque raccordé au réseau du CDER [12].	43
Figure 4.3 : Choix de type du système photovoltaïque.	43
Figure 4.4 : Les coordonnées géographiques du site.	44
Figure 4.5 : Les paramètres météorologiques du site.	44
Figure 4.6 : Orientation et inclinaison des modules photovoltaïques.	45
Figure 4.7 : Besoin électrique journalier moyen pour la climatisation.	47
Figure 4.8 : Les différents paramètres du système photovoltaïque.	47
Figure 4.9 : Le schéma du champ photovoltaïque.	48
Figure 4.10 : Résistances des câbles électriques utilisés.	48
Figure 4.11 : Le schéma du système photovoltaïque.	49
Figure 4.12 : Les pertes annuelles du système photovoltaïque.	49
Figure 4.13 : Influence de la température sur la courbe I-V d'un semi-conducteur [4].	50
Figure 5.1 : Les différents coûts du système PV.	53
Figure 5.2 : Le besoin annuel d'énergie pour la climatisation de l'hôtel.	54
Figure 5.3 : Le bilan énergétique annuel de l'installation.	55
Figure 5.4 : Le bilan financier de l'installation.	57

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 3.1 : Données climatologiques mensuelles de la ville d'Ouargla de 2006 à 2008 [10].	18
Tableau 3.2 : Les surfaces des différents locaux de l'hôtel.	19
Tableau 3.3 : Les dimensions et les matières de construction des différentes portes et fenêtres.	20
Tableau 3.4 : Les résistances thermique par unité de surface et les épaisseurs des différentes couches des murs extérieurs [9].	20
Tableau 3.5 : Les résistances thermiques par unité de surface et les épaisseurs des différentes couches des murs intérieurs [9].	21
Tableau 3.6 : Les résistances thermiques par unité de surface et les épaisseurs des différentes couches de toit [9].	21
Tableau 3.7 : Les résistances thermiques par unité de surface et les épaisseurs des différentes couches des planches entre étages [9].	22
Tableau 3.8 : Les données intérieures de base retenues pour le calcul [3].	23
Tableau 3.9 : Les données intérieures de base retenues pour le calcul.	23
Tableau 3.10 : Le bilan calorifique du restaurant.	24
Tableau 3.11.a : Les bilans calorifiques des différents locaux de l'hôtel.	25
Tableau 3.11.b : Les bilans calorifiques des différents locaux de l'hôtel.	26
Tableau 3.11.c : Les bilans calorifiques des différents locaux de l'hôtel.	27
Tableau 3.11.d : Les bilans calorifiques des différents locaux de l'hôtel.	28
Tableau 3.12 : Le bilan calorifique de l'hôtel.	29
Tableau 3.13 : Surfaces et apports de chaleur des vitrages du mur nord-est	30
Tableau 3.14 : Surfaces et apports de chaleur maximaux des vitrages du mur est	30
Tableau 3.15 : Surfaces et apports de chaleur maximaux des vitrages du mur sud-ouest	30
Tableau 3.16 : Surfaces et apports de chaleur maximaux des vitrages du mur nord-ouest	30
Tableau 3.17 : Données intérieures et extérieures retenues pour le calcul de bilan frigorifique.	31
Tableau 3.18 : Les données intérieures retenues pour le calcul de bilan frigorifique.	31
Tableau 3.19 : Le bilan frigorifique de la chambre 26.	32
Tableau 3.20.a : Les bilans frigorifiques des différents locaux de l'hôtel.	33
Tableau 3.20.b : Les bilans frigorifiques des différents locaux de l'hôtel.	34
Tableau 3.20.c : Les bilans frigorifiques des différents locaux de l'hôtel.	35
Tableau 3.20.d : Les bilans frigorifiques des différents locaux de l'hôtel.	36
Tableau 3.21 : Le bilan frigorifique de l'hôtel.	37
Tableau 4.1 : Besoin électrique journalier moyen de la climatisation pour chaque type de local. ...	46

NOMENCLATURE

Lettres latines

A, B, C	: Coefficients d'étanchéité liés au type de construction
B_{jm}	: Besoin électrique journalier moyen [kWh]
C_{hf}	: Coefficient d'amortissement en fonction du nombre d'heures de fonctionnement
$Coef_{ann}$: Le coefficient d'annuité [%]
E_{solj}	: Rayonnement solaire journalier [Wh/m ²]
E_{solv}	: Apports surfaciques par un vitrage dus à l'ensoleillement [W/m ²]
F_{pv}	: Coefficient de pondération correspond au type du vitrage [W/m ²]
G	: L'ensoleillement [W/m ²]
he	: Coefficient d'échange superficiel extérieur [W/m ² .°C]
hi	: Coefficient d'échange superficiel intérieur [W/m ² .°C]
I	: Intensité de courant traversant le circuit étudié [A]
I_{mpp}	: Maximum power point current (courant de point de puissance maximale) [A]
int	: Le taux d'intérêt bancaire [%]
I_{sc}	: Short circuit current (courant de court circuit) [A]
$L_{câb}$: Longueur du câble électrique [m]
M_a	: Débit volumique de l'air neuf [m ³ /h]
n	: La durée de vie du système.
N_a	: Nombre de changements de l'air par heure [m ³ /kg.h]
N_{hej}	: Nombre équivalent d'heures d'ensoleillement [h]
N_m	: Nombre des modules photovoltaïques
N_{mp}	: Nombre des modules PV en parallèle
N_{ms}	: Nombre des modules PV en série
N_p	: Nombre d'occupants dans le local
P	: puissance consommée par l'application [kW]
P_{cc}	: Puissance crête de champ PV [kWp]
P_{cm}	: Puissance crête du module PV [kWc/m ²]
P_l	: Puissance de la lampe [W]
Q_{lra}	: Déperdition latente par renouvellement d'air [W]
Q_0	: Les pertes par transmission [W]
Q_{cal}	: Taux de chaleur calorifique [W]
Q_{ecl}	: Taux de chaleur dégagée par l'éclairage [W]
Q_{ext}	: Apports de chaleur extérieurs [W]
Q_{frig}	: Taux de chaleur frigorifique [W]
Q_{int}	: Apports de chaleur intérieurs [W]
Q_{ical}	: Taux de chaleur latente calorifique [W]
Q_{lfrig}	: Taux de chaleur latente frigorifique [W]

Q_{lma}	: Taux de chaleur latente dégagée par les machines [W]
Q_{locp}	: Taux de chaleur latente dégagée par occupant [W]
Q_m	: Apport et déperdition à travers les murs [W]
Q_{ma}	: Taux de chaleur dégagée par les machines [W]
Q_{ocp}	: Taux de chaleur dégagée par les occupants [W]
Q_p	: Apport et déperdition à travers la porte [W]
Q_{pb}	: Apport et déperdition à travers la porte en bois [W]
Q_{ra}	: Déperdition par renouvellement d'air [W]
Q_{scal}	: Taux de chaleur sensible calorifique [W]
Q_{sfrig}	: Taux de chaleur sensible frigorifique [W]
Q_{sma}	: Taux de chaleur sensible dégagée par les machines [W]
Q_{socp}	: Taux de chaleur sensible dégagée par occupant [W]
Q_{sra}	: Déperdition sensible par renouvellement d'air [W]
Q_t	: Apport et déperdition à travers le toit [W]
Q_{th}	: Besoin thermique [W]
Q_{tr}	: Besoins calorifiques par transmission à travers une paroi [W]
Q_v	: Apport et déperdition à travers les vitres [W]
$R_{câb}$: Résistance du câble électrique [Ω]
R_j	: Coefficient de résistance des différents matériaux de construction et des couches d'air [$m^2 \cdot ^\circ C/W$]
S_c	: Surface du champ PV [m^2]
$S_{câb}$: Section du câble électrique [m^2]
S_m	: Surface du mur [m^2]
S_{mod}	: Surface du module PV [m^2]
S_p	: Surface d'échange thermique de la porte [m^2]
S_t	: Surface du toit [m^2]
S_{tot}	: Surface totale de toutes les parois du local considéré [m^2]
S_v	: Surface du vitrage [m^2]
S_{vtot}	: Surface totale des vitrages [m^2]
t	: Nombre moyen d'heures d'utilisation journalière [h/j]
T_e	: Température de l'air extérieur [$^\circ C$]
T_{emax}	: Température mensuelle maximale de l'air extérieur [$^\circ C$]
T_{emin}	: Température mensuelle minimale de l'air extérieur [$^\circ C$]
t_{fg}	: Nombre moyen d'heures de fonctionnement journalier [h/j]
T_i	: Température de l'air intérieur [$^\circ C$]
U_g	: Résistance thermique par unité de surface [$W/m^2 \cdot ^\circ C$]
U_m	: Résistance thermique par unité de surface du mur [$W/m^2 \cdot ^\circ C$]
U_t	: Résistance thermique par unité de surface du toit [$W/m^2 \cdot ^\circ C$]
U_v	: Résistance thermique par unité de surface de la vitre [$W/m^2 \cdot ^\circ C$]

V	: Vitesse du vent [m/s]
V_{ann}	: La valeur de l'annuité [DA/ yr]
V_c	: Tension de la charge [V]
V_{init}	: Le coût initial de l'investissement [DA]
V_l	: Volume du local [m ³]
V_m	: Tension du module PV [V]
V_{mpp}	: Maximum power point voltage (tension de point de puissance maximale) [V]
V_{oc}	: Open circuit voltage (tension de circuit ouvert) [V]
V_u	: Chute de tension [V]
Z_d	: Majoration qui tient compte de l'interruption et de la compensation des parois froides
Z_h	: Majoration qui tient compte de l'orientation
Z_d	: Majoration qui tient compte de l'interruption et de la compensation des parois froides
Z_h	: Majoration qui tient compte de l'orientation
$\Delta T_{\text{virt,t}}$: Ecart virtuel de la température du toit [°C]
$\Delta T_{\text{virt,m}}$: Ecart virtuel de la température du mur [°C]
$\Delta T_{\text{virt,c}}$: Ecart virtuel corrigé de la température [°C]
ΔT_{virt}	: Ecart virtuel de la température [°C]

Lettres grecques

α	: Coefficient de correction en fonction de l'isolation thermique de la paroi considérée
η_o	: Rendement d'onduleur
λ_p	: Coefficient des pertes en courant
v_a	: Volume massique de l'air extérieur [m ³ /kg]
Φ_i	: Humidité spécifique intérieure [$g_{\text{eau}}/g_{\text{air}}$]
Φ_e	: Humidité spécifique extérieure [$g_{\text{eau}}/g_{\text{air}}$]
Ψ_{em}	: Humidité mensuelle relative de l'air extérieur [%]
$\rho_{\text{câb}}$: Résistivité du conducteur constitutif [$\Omega.m$]

Abréviations

CUI : Cuisinière
DTS : Data show
ENSOL : Ensoleillement mensuel [h]
FRT : Friteuse
GRL : Gril
IMP : Imprimante
PER : Percolateur
PV : Photovoltaïque
REF : Réfrigérateur
TCH : Table chauffante
TV : Téléviseur

Sigles

AC : Alternative Current
AM : Air Masse
CDER : Centre de Développement d'Energies Renouvelables
CPA : Crédit Populaire d'Algérie
CUEPE : Centre Universitaire d'Etude des Problèmes d'Energie
DC : Direct Current
E : Energie
FEV : Fenêtre extérieure en vitre
ME : Mur Extérieur
MI : Mur Intérieur
MO : Micro-ordinateur
MPPT : Max Power Point Tracker
NE : Nord-Est
NO : Nord-Ouest
PDG : Président Directeur Général
PEV : Porte Extérieure en Vitre
PIB : Porte Intérieure en Bois
RDC : Rez-De-Chaussée
STC : Standard Test Conditions
TVA : Taxe à la Valeur Ajoutée

INTRODUCTION

Durant la dernière décennie, une demande de confort accrue et des températures élevées ont conduit à un fort développement de la climatisation dans les bâtiments.

Le développement de la climatisation est responsable d'un fort pic de consommation électrique notamment en été, le système de production et de transport d'électricité se rapproche parfois de ses limites de capacité.

L'utilisation de l'énergie solaire pour la climatisation est un concept séduisant puisque les besoins de confort notamment en froid coïncident la plupart du temps avec la disponibilité du rayonnement solaire.

Dans ce contexte, notre étude se propose plus particulièrement et à titre principal de maintenir dans un hôtel, des conditions visant le confort des clients et des travailleurs. Ceci en gardant une température, un degré hygrométrique et une pureté de l'air appropriée, quelle que soit la saison.

Le projet est réparti en cinq chapitres. Dans le premier chapitre, nous présenterons des généralités sur la climatisation, en citant les différents systèmes de climatisation et l'influence de l'environnement, ainsi que des généralités sur l'énergie solaire notamment le photovoltaïque.

Le deuxième chapitre sera consacré au bilan thermique de l'installation et la formulation mathématique des apports de chaleur et déperditions de l'hôtel en été et hiver respectivement.

Le troisième chapitre présentera le dimensionnement de l'installation de la climatisation en calculant les bilans calorifiques et frigorifiques de l'hôtel.

Le quatrième chapitre sera relatif au dimensionnement de système photovoltaïque de l'hôtel, dont nous calculerons les différents paramètres de notre champ photovoltaïque et ses équipements en utilisant le logiciel « PVSYS 4.3 ».

Finalement, dans le cinquième chapitre, nous ferons une analyse économique de notre installation, et nous estimerons les différents coûts de système photovoltaïque, ainsi le bilan énergétique et le bilan financier.

CHAPITRE I : GENERALITES SUR LA CLIMATISATION ET L'ENERGIE SOLAIRE

1.1 La climatisation

1.1.1 Définition

La climatisation ou le conditionnement de l'air est la technique qui consiste à modifier, contrôler et réguler les conditions climatiques (température, humidité, niveau de poussières, etc.) d'un local pour des raisons de confort (bureaux, maisons individuelles) ou pour des raisons techniques (laboratoires médicaux, locaux de fabrication, blocs opératoires, etc.).

Les principales caractéristiques modifiées, contrôlées ou régulées sont :

- Le degré de pollution de l'air ambiant (local à traiter) ;
- 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).

1.1.2 Les installations de climatisation

A. Définition

Les installations de climatisations sont des équipements utilisant les techniques de la ventilation qui permettent de produire et de maintenir automatiquement dans un ou plusieurs locaux un état de l'air indépendant des conditions atmosphériques extérieures et celles des locaux [1].

B. Classification des installations de climatisation

Selon les conditions imposées et le domaine d'utilisation, on distingue deux groupes principaux :

i. Installations de climatisation pour locaux de séjour

Servent essentiellement à créer dans un local une atmosphère confortable pour des individus physiquement inactifs ou occupés par un travail facile. Les conditions techniques imposées sont définies par des considérations d'hygiène et d'équilibre thermique de corps humain. Comme domaine d'utilisation, nous citons : les salles de réunions, salles des fêtes, cinémas, bureaux, etc.

ii. Installations de climatisation pour locaux de stockage et de façonnage

Sont le plus souvent utilisées par les exploitations qui travaillent des matières hygroscopiques et très sensibles à la température. Appartiennent à cette catégorie les industries textiles et lainières, l'industrie chimique, les papeteries, etc.

En fonction du mode de transport de l'énergie frigorifique, le rafraîchissement des locaux peut se faire :

- Par l'intermédiaire d'un réseau d'air ;
- Par l'intermédiaire d'un réseau d'eau froide ;
- Par contact direct entre l'air du local et l'évaporateur de la machine frigorifique ("détente directe").

1.1.3 L'environnement extérieur et intérieur

A. L'environnement extérieur

L'environnement extérieur : est l'ensemble des facteurs climatiques, chimiques et biologiques susceptibles d'avoir une influence directe ou indirecte, immédiate ou à terme, sur le milieu dans lequel nous vivons. L'étude de ces facteurs a donc une importance primordiale pour le contrôle de notre environnement intérieur. Cette étude permet en particulier de fixer les conditions de base extérieures qui seront l'un des points de départ pour déterminer la puissance des installations de climatisation.

i. Les facteurs climatiques

Influent directement sur notre environnement intérieur sont au nombre de trois :

- La température sèche de l'air extérieur : c'est la température mesurée par un thermomètre ordinaire [2] ;
- La température humide (ou le degré hygrométrique) : c'est la température mesurée par un thermomètre dont le bulbe est entouré d'un gaz imbibé d'eau distillée et ventilé avec une vitesse d'air suffisante [2] ;
- Le rayonnement solaire : correspond à l'émission énergétique du soleil.

ii. Les facteurs chimiques et biologiques

Les facteurs chimiques et biologiques susceptibles d'avoir une influence directe ou indirecte, immédiate ou à terme sur notre environnement intérieur, sont le résultat de la pollution atmosphérique de l'air extérieur.

Les polluants de l'air peuvent globalement se répartir en trois groupes [3] :

- Les particules liquides ou solides en suspension dans l'air. On les appelle aérosols ;
- Les microorganismes tels que les bactéries, les virus, etc. ;
- Les gaz ou vapeurs en diffusion dans l'air.

iii. Les conditions extérieures de base

On appelle conditions extérieures de base les valeurs extrêmes de la température, de l'humidité, du flux solaire et des concentrations en aérosols à considérer soient en été ou en hiver pour le calcul des installations de climatisation.

B. L'environnement intérieur

L'environnement intérieur est l'ensemble, à un moment donné, des facteurs physiques, physiologiques, biologiques et psychologiques susceptibles d'avoir un effet direct ou indirect, immédiat ou à terme, sur les individus et leurs activités à l'intérieur d'un local déterminé. L'étude et la connaissance de ces différents facteurs permettent de déterminer les conditions de base d'un climat intérieur [3]. Il ya trois types de climats intérieurs :

- Les climats intérieurs assurant le confort des occupants ;
- Les climats intérieurs de type industriel ;
- Les climats intérieurs spécifiques.

i. Le confort

Le confort est une notion essentiellement subjective qu'il est difficile de définir d'une façon rigoureuse. D'une façon générale, on peut dire qu'un individu est placé dans des conditions confortables lorsqu'il n'éprouve aucune gêne et aucune contrainte de nature à le distraire de ses activités du moment.

ii. Les conditions de confort

Pendant très longtemps, on a cru que la température sèche intérieure d'un local était le facteur déterminant du confort. De nombreuses expériences faites en Amérique par YAGLOU, BELDING et HATCH et en France par A. MISSENARD, ont montré la multiplicité des facteurs intervenants dans l'appréciation du confort [3]. Actuellement, on peut considérer que la sensation de confort dépend essentiellement des facteurs suivants : la température résultante du local, l'humidité de l'air, la ventilation du local, l'activité de l'individu, la pureté de l'air, l'éclairage, la couleur, etc.

1.1.3 Charges dues à l'environnement

A. Charges dues à l'environnement intérieur

Les charges dues à l'environnement intérieur sont essentiellement constituées par les dégagements ou apports de chaleur de chaleur et d'humidité à l'intérieur même des locaux climatisés. Leur importance dépend de l'utilisation à laquelle les locaux sont destinés. Les apports de chaleur intérieurs (enthalpie et humidité) ont essentiellement pour origine :

Les occupants, les machines électriques, l'éclairage, les processus industriels, etc.

B. Charges dues à l'environnement extérieur

Les charges dues à l'environnement extérieur sont dues aux influences des facteurs climatiques sur notre environnement intérieur.

Nous classerons ces charges en trois catégories :

- Les charges dues au renouvellement d'air ;
- Les charges dues au rayonnement solaire ;
- Les charges dues aux échanges thermiques par les parois extérieures.

1.2 L'énergie solaire

1.2.1 Le rayonnement solaire

Le rayonnement solaire est composé de (Figure 1.1) :

- Le rayonnement solaire direct : provenant directement de soleil après nombreuses absorptions successives ;
- Le rayonnement solaire diffus : provenant de l'hémisphère céleste et dirige vers le sol ;
- Le rayonnement solaire réfléchi par l'environnement : c'est-à-dire réfléchi par les bâtiments et les obstacles environnants.

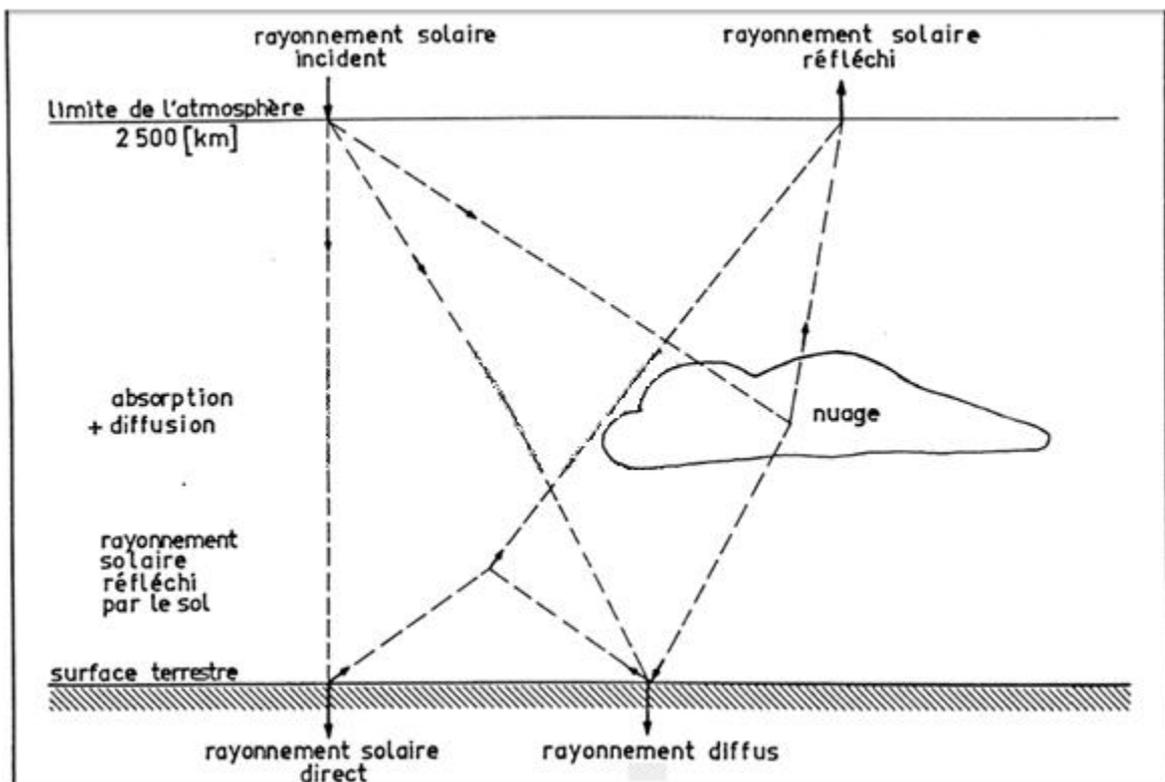


Figure 1.1 : Différents composants de rayonnement solaire [3].

Toutes les énergies renouvelables sont issues directement ou indirectement du soleil. Son rayonnement direct peut être utilisé de deux manières :

- Sa chaleur peut être concentrée pour chauffer de l'eau sanitaire, des immeubles, des séchoirs, ou bien un liquide en circulation afin de produire de l'électricité par l'intermédiaire d'un alternateur ou d'une dynamo. C'est le solaire thermique ;
- Sa lumière peut être transformée directement en courant électrique grâce à l'effet photovoltaïque.

Le rayonnement solaire est également à l'origine des phénomènes naturels qui offrent autant de manières de capter une partie de cette énergie solaire indirecte :

- Le vent (énergie éolienne) ;
- Le cycle de l'eau (énergie hydraulique) ;
- La croissance des végétaux par la photosynthèse (énergie de la biomasse, notamment bois et biogaz) ;
- L'énergie de la mer (courants marins, houle et marée) qui est issue des forces internes du système solaire.

1.2.2 Mesure de rayonnement solaire

L'ensoleillement (G) correspond à l'intensité du rayonnement solaire reçu sur un plan à un moment donné. Il s'exprime habituellement en watts par mètre carré [W/m^2]. L'ensoleillement varie de zéro, au lever du soleil, à sa valeur maximale, typiquement au midi solaire.

1.2.3 L'énergie photovoltaïque

Le mot « photovoltaïque » vient du grec « phôtos » qui signifie lumière, et de « Volta » du nom de physicien italien qui, en 1800, découvrit la pile électrique. Mais c'est le savant français Antoine Becquerel qui le premier, en 1839, mit en évidence cette conversion particulière de l'énergie : la variation de la conductivité d'un matériau sous l'effet de la lumière [4].

Toutefois, ce n'est qu'au cours des années 1950 que les chercheurs de la compagnie « Bell Telephone », aux États-Unis, parvinrent à fabriquer la première photopile, l'élément primaire d'un système photovoltaïque [5].

A. Les composants d'un système photovoltaïque

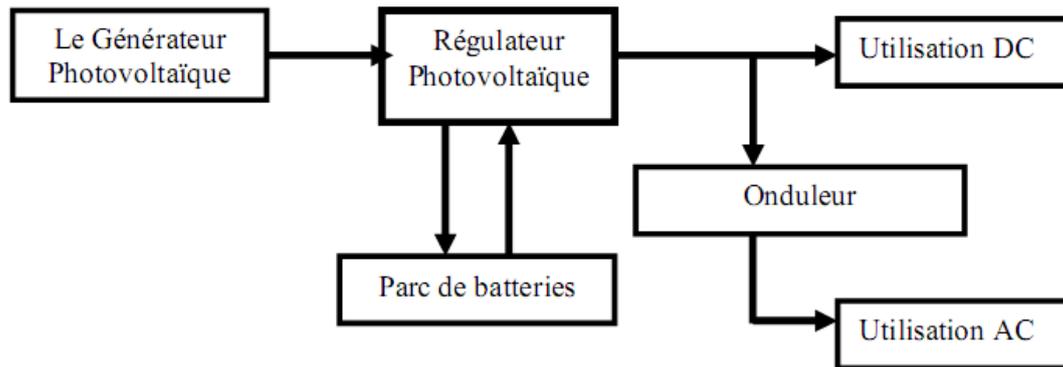


Figure 1.2 : Schéma synoptique d'un système photovoltaïque autonome [5].

Un système PV est composé de :

i. Le générateur photovoltaïque

Le générateur photovoltaïque (Figure 1.3), représente la partie de production d'énergie électrique. Cette partie est essentiellement composée d'un ou plusieurs modules (panneaux) photovoltaïques. Ces modules sont formés d'un assemblage série/parallèle de cellules photovoltaïques, qui réalise la conversion d'énergie solaire en électricité [4].

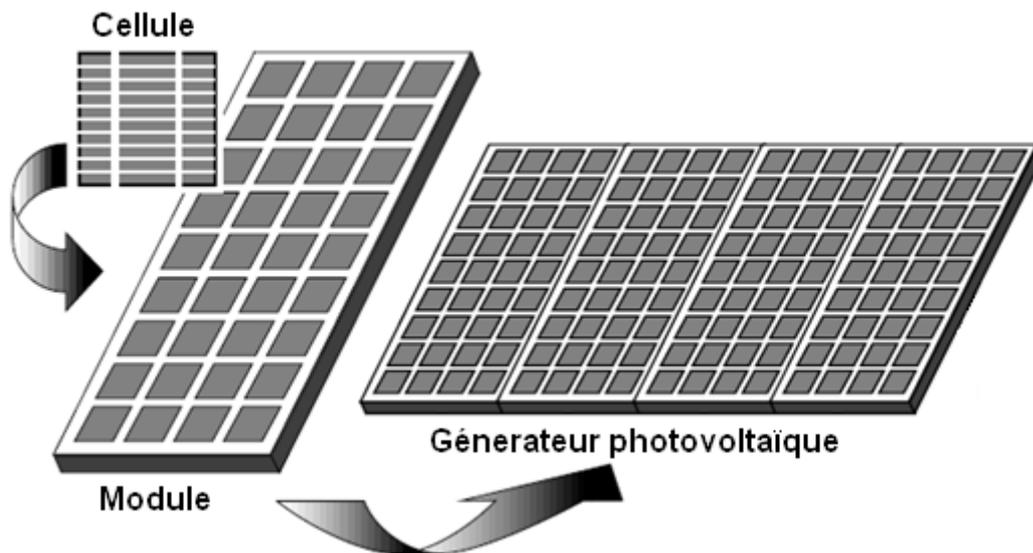


Figure 1.3 : Composantes d'un générateur photovoltaïque [4].

- **Le module photovoltaïque**

La structure d'un module PV est composée d'un certain nombre de photopiles (ou cellules) disposées en rang, connectées en série et assemblées de façon étanche dans un encadrement (Figure 1.3).

- **Les cellules solaires et la conversion photovoltaïque**

Quand un semi-conducteur est éclairé par la lumière du soleil, les photons sont capables de transmettre leurs énergies aux électrons de valence du semi-conducteur pour rompre la liaison qui les maintient liés aux atomes respectifs. Pour chaque liaison rompue, on obtient un électron et un trou libres de circuler dans le matériau. Sous l'effet du champ électrique, l'électron va du côté N et le trou du côté P. Les trous se comportent, sous différents aspects, comme des particules avec une charge positive égale à celle de l'électron [6]. La figure (1.4) illustre le principe de conversion.

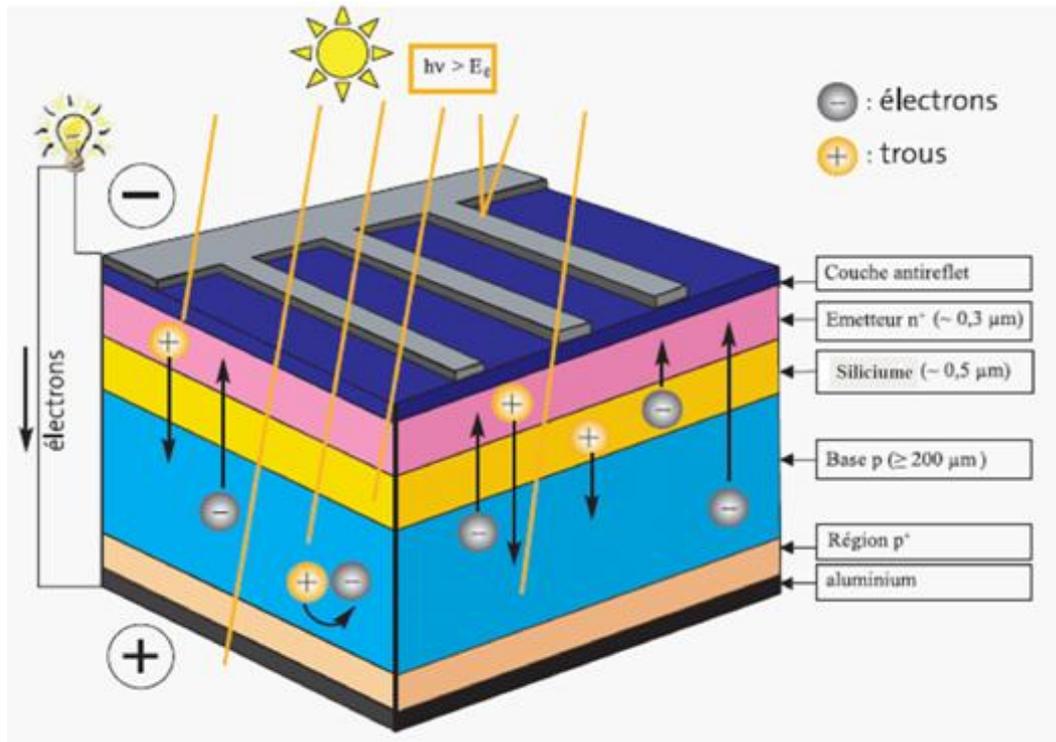


Figure 1.4 : Principe de conversion photovoltaïque [7].

- **Les différents types des cellules photovoltaïques**

Il existe trois principaux types des cellules PV à l'heure actuelle [7] :

- Les cellules monocristallines : Ce sont celles qui ont le meilleur rendement (12-16%), mais aussi celle qui ont le coût le plus élevé, du fait d'une fabrication compliquée ;
- Les cellules poly cristallines : Leur conception étant plus facile, leur coût de fabrication est moins important, cependant leur rendement est plus faible : (11% - 13%) ;
- Les cellules amorphes : Elles ont un faible rendement (8% - 10%), mais ne nécessitent que de très faibles épaisseurs de silicium et ont un coût peu élevé. Elles sont utilisées couramment dans les produits de petite consommation telle que les calculatrices solaires ou encore les montres.

ii. Le stockage d'énergie

Le stockage d'énergie dans les systèmes photovoltaïques autonomes est en général assuré par des batteries, composantes utilisées dans la majorité des cas. Ces batteries sont en général de type plomb-acide.

iii. Le régulateur de charge

Le régulateur est l'élément central d'un système photovoltaïque autonome : il contrôle les flux d'énergie. Il doit protéger la batterie contre les surcharges (solaire) et décharges profondes (utilisateur). Il doit également assurer la surveillance et la sécurité de l'installation (surcharges, alarmes, fusibles, inversions de polarité). Dans les systèmes plus élaborés, il peut aussi la recharger par d'autres sources d'énergie (éolienne, hydraulique, etc.). Dans certains cas, il peut réaliser une transformation de puissance (recherche de point de puissance maximum, Max Power Point Tracker MPPT) [5].

iv. Utilisation de l'énergie

Cette partie se compose essentiellement d'un ou plusieurs récepteurs : ce sont les différents équipements qui utilisent l'énergie électrique solaire produite et contrôlée. Pour les charges alternatives, il est nécessaire d'utiliser un onduleur (convertisseur DC/AC) qui assure leur fonctionnement.

Il existe d'autres composants que nous ajoutons pour assurer un certain niveau de fonctionnement et de sécurité :

- Parafoudre ;
- Fusibles et disjoncteurs ;
- Prise de terre.

B. Les différents types des systèmes photovoltaïques

i. systèmes photovoltaïques autonomes

En site isolé le champ PV peut fournir directement l'énergie électrique nécessaire pour faire fonctionner les récepteurs (éclairage et équipement domestique). Un système de régulation et une batterie d'accumulateurs permettent de stocker l'énergie électrique en l'absence de soleil. Les batteries sont utilisées pour stocker l'énergie électrique sous une forme chimique. Elles restituent l'énergie électrique au besoin selon ses caractéristiques.

ii. systèmes photovoltaïques raccordés au réseau

Ces systèmes permettent de produire sa propre électricité grâce à la lumière du soleil.

Un équipement complet comprend :

- Des panneaux photovoltaïques, qui transforment l'énergie lumineuse en énergie électrique ;
- Un onduleur, qui régule l'énergie produite pour la rendre utilisable ;
- Un boîtier de raccordement, qui permet de connecter l'installation au réseau électrique, pour y injecter l'énergie produite.

C. Dimensionnement des systèmes photovoltaïques

L'objectif d'un système PV est d'assurer, en totalité ou en partie, les besoins énergétiques de l'utilisateur sur une période donnée, à très court terme (sur une heure), à moyen terme (sur 5 ans), et à long terme (sur 15 ans et plus).

Les dimensions, le coût d'une installation solaire PV, le taux de disponibilité et le taux de couverture solaire de celle-ci dépendent uniquement :

- De la météorologie locale du lieu de l'installation solaire PV, donc de l'énergie solaire récupérable par les panneaux solaires PV sur la durée souhaitée (une semaine, 1 an, 5 ans, etc.) ;
- Des performances et de l'efficacité des composants de l'installation solaire PV pendant la période d'utilisation, c'est-à-dire tout à l'heure, demain, dans/durant 5 ans ou dans/durant 20 ans, etc.

CHAPITRE II :
BILAN THERMIQUE

2.1 Introduction

Le bilan thermique est la base de tout calcul d'installation de climatisation afin de prévoir la puissance de celle-ci, pour ne pas la sur dimensionner ni la sous-dimensionner.

2.2 Calcul du coefficient global de transmission de la chaleur

La résistance thermique par unité de surface est donnée par la formule de Péclet [8] :

$$\frac{1}{U_g} = \frac{1}{h_e} + \sum_{j=1}^n R_j + \frac{1}{h_i} \quad (2.1)$$

Remarque :

- ❖ Les Coefficients d'échange superficiel extérieur (h_e) et intérieur (h_i) prennent en considération les phénomènes de la convection et du rayonnement.

2.3 Bilan calorifique [9]

A cause des déperditions de la chaleur, on définit les besoins calorifiques, comme étant la quantité de la chaleur nécessaire à apporter au local pour maintenir celui-ci à une température déterminée.

2.3.1 Déperditions par renouvellement d'air

Elles sont dues aux infiltrations de l'air par les jointures des portes et les fenêtres.

Les pertes par infiltration sont données par la relation suivante :

$$Q_{ra} = Q_{lra} + Q_{sra} \quad (2.2)$$

$$Q_{sra} = 0.333 \cdot M_a \cdot (T_i - T_e) \quad (2.3)$$

Avec :

0.333 : Coefficient d'échange thermique par renouvellement d'air.

$$Q_{lra} = 0.833 \cdot M_a \cdot (\Phi_i - \Phi_e) \quad (2.4)$$

Avec :

0.833 : Coefficient d'échange.

Calcul du débit volumique d'air neuf

$$M_a = N_a \cdot \frac{V_l}{v_a} \quad (2.5)$$

Calcul de N_a :

$$N_a = A + B \cdot V + C (T_i - T_e) \quad (2.6)$$

2.3.2 Déperditions par transmission

A. Déperdition à travers le toit

$$Q_t = U_t \cdot S_t \cdot (T_i - T_e) \quad (2.7)$$

B. Déperdition à travers les murs

$$Q_m = (T_i - T_e) \cdot U_m \cdot S_m \quad (2.8)$$

C. Déperdition à travers les vitres

$$Q_v = U_v \cdot S_v \cdot (T_i - T_e) \quad (2.9)$$

D. Déperdition à travers la porte

$$Q_p = U_p \cdot S_p \cdot (T_i - T_e) \quad (2.10)$$

Les déperditions calorifiques d'un local par transmission sont données par :

$$Q_0 = Q_v + Q_m + Q_t + Q_p \quad (2.11)$$

Les besoins calorifiques de transmission d'un local es données par :

$$Q_{tr} = Q_0 (1 + Z_d + Z_h) \quad (2.12)$$

Z_d : Majoration qui tient compte de l'interruption et de la compensation des parois froides en fonction d'un coefficient noté D donné par :

$$D = \frac{Q_0}{S_{tot} (T_i - T_e)} \quad (2.13)$$

2.4 Bilan frigorifique [9]

Les besoins frigorifiques représentent la quantité de chaleur à éliminer du local pour le garder à une température donnée.

Les charges peuvent être classées en deux catégories :

- Apports dus à l'environnement extérieur.
- Apports dus à l'environnement intérieur.

2.4.1 Charges dues à l'environnement extérieur

A. Apport de chaleur à travers le toit

$$Q_t = U_t \cdot S_t \cdot \Delta T_{virt,t} \cdot \alpha \quad (2.14)$$

B. Gain de chaleur à travers les murs

$$Q_m = U_m \cdot S_m \cdot \Delta T_{\text{virt},m} \cdot \alpha \quad (2.15)$$

Remarques :

❖ Pour les murs intérieurs :

$$Q_m = U_m \cdot S_m \cdot (T_e - T_i) \quad (2.16)$$

❖ L'écart virtuel de température a été établi pour une température de local de 25°C. Si la température de local est différente et doit être T_i , il faut apporter une correction sur l'écart virtuel de température qui devient :

$$\Delta T_{\text{virtc}} = \Delta T_{\text{virt}} + (25 - T_i) \quad (2.17)$$

C. Apport de chaleur à travers la porte

$$Q_p = U_p \cdot S_p \cdot (T_e - T_i) \quad (2.18)$$

D. Apport de chaleur à travers les vitres

$$Q_v = S_v \cdot E_{\text{solv}} \cdot F_{pv} \quad (2.19)$$

E. Apport de chaleur dû au renouvellement d'air

$$Q_{ra} = Q_{lra} + Q_{sra} \quad (2.20)$$

$$Q_{lra} = 0,333 \cdot M_a \cdot (T_e - T_i) \quad (2.21)$$

$$Q_{sra} = 0,833 \cdot M_a \cdot (\Phi_e - \Phi_i) \quad (2.22)$$

2.4.2 Charges dues à l'environnement intérieur

Les apports internes sont essentiellement constitués par les dégagements de chaleur à l'intérieur du local. Les principales sources de chaleur internes sont :

A. Taux de chaleur dégagée par les occupants

Les apports dégagés par les occupants en fonction de la température sont donnés par la relation suivante :

$$Q_{ocp} = (Q_{socp} + Q_{locp}) \cdot N_p \quad (2.23)$$

B. Taux de chaleur dégagée par les machines

$$Q_{ma} = Q_{sma} + Q_{lma} \quad (2.24)$$

C. Taux de chaleur dégagée par l'éclairage

$$Q_{ecl} = C_{hf} \cdot P_l \quad (2.25)$$

CHAPITRE III :
DIMENSIONNEMENT DE
L'INSTALLATION DE
CLIMATISATION

3.1 Les données de base de l'hôtel

3.1.1 Spécificités du site

A. Paramètres géographiques

L'hôtel « LYNATEL » se situe au centre de la ville d'Ouargla à 800 km d'Alger avec les Paramètres géographiques suivants [10].

Latitude : 31°7' Nord.

Longitude : 5°4' Est.

Altitude : 141 m.



Figure 3.1 : Façade de l'hôtel Lynatel.

B. Paramètres climatiques

Les paramètres climatiques de l'hôtel sont résumés dans le tableau (3.1):

Tableau 3.1 : Données climatologiques mensuelles de la ville d'Ouargla de 2006 à 2008 [10].

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
$T_{\text{emax}} [^{\circ}\text{C}]$	18	21,3	26,1	31,07	36	40	42,93	44	37	31,67	23,67	18,27
$T_{\text{emin}} [^{\circ}\text{C}]$	4	6,93	10,23	15,47	21	25	27,47	27,3	23,67	17,73	9,267	5,2
$\Psi_{\text{em}} [\%]$	61,7	49	38,66	41	31,33	23	25	27	34,66	40,67	49	60,33
ENSOL [h]	246	231	286	254	261,4	281,33	338,33	313	261	253	264	205,67
V [m/s]	2,33	3,5	4,1	4,8	4,8	5,23	4,13	4,07	4,5	3,73	2,73	2,83

C. Données extérieures de base

Les températures extérieures de base en été et hiver représentent respectivement, La moyenne des températures maximales pour les mois : juin, juillet et août, et celle des températures minimales pour les mois : décembre, janvier et février [3].

$$\text{Eté : } T_e = 42^{\circ}\text{C} \quad \Psi_e = 25 \% \quad V = 4,48 \text{ m/s}$$

$$\text{Hiver : } T_e = 5^{\circ}\text{C} \quad \Psi_e = 60 \% \quad V = 2,88 \text{ m/s}$$

3.1.2 Caractéristiques de l'hôtel

A. Paramètres géométriques

L'hôtel est implanté sur une surface de 4434 m², il est composé de deux blocs A et B.

Les surfaces des différents locaux sont résumées dans le tableau (3.2) :

Tableau 3.2 : Les surfaces des différents locaux de l'hôtel.

Type de locale	Surface [m ²]	position	Type de locale	Surface [m ²]	position
Restaurant	124,00	RDC	Chambres 5→12	26,60	1 ^{ère} étage
Bureau d'études et Bureau d'informatique	31,00	RDC	Chambres13 et 14	18,50	1 ^{ère} étage
Salon de thé	145,30	RDC	Salle de conférence	104,00	1 ^{ère} étage
Bureau d'affaires	44,20	RDC	Bureau	15,00	1 ^{ère} étage
Dégraissage	42,60	RDC	Salles techniques 4 et 5 et 6	12,50	2 ^{ème} étage
Bureau de PDG	18,60	RDC	Suite 4	39,00	2 ^{ème} étage
Salle d'attente	21,50	RDC	Suite 5	28,00	2 ^{ème} étage
Réception	67,90	RDC	Suite 6	39,00	2 ^{ème} étage
Cuisine	60,90	RDC	Chambres 15 et 16	16,80	2 ^{ème} étage
Magasin	20,00	RDC	Chambre 17	25,30	2 ^{ème} étage
Chambres des personnelles d'hôtel	48,00	RDC	Chambre 18	25,80	2 ^{ème} étage
Chambre de la chaudière	12,00	RDC	Chambres 19→26	26,60	2 ^{ème} étage
Chambre du groupe électrogène	13,00	RDC	Chambres27 et 28	18,50	2 ^{ème} étage
Parking	800,00	RDC	Pissine	54,80	2 ^{ème} étage
Locaux techniques 1 et 2 et 3	12,50	1 ^{ère} étage	Bureau du directeur	19,50	3 ^{ème} étage
Suite 1	39,00	1 ^{ère} étage	Bureau de comptable	15,50	3 ^{ème} étage
Suite 2	28,00	1 ^{ère} étage	Salle des fêtes	120,50	3 ^{ème} étage
Suite 3	39,00	1 ^{ère} étage	Réception	5,50	3 ^{ème} étage
Chambres 1 et 2	16,80	1 ^{ère} étage	Bureau de secrétaire	10,00	3 ^{ème} étage
Chambre 3	25,30	1 ^{ère} étage	Salle de préparation	10,50	3 ^{ème} étage
Chambre 4	25,80	1 ^{ère} étage	—	—	—

L'hauteur de RDC étage est 3,90 m.

L'hauteur de 1^{ère}, 2^{ème} et 3^{ème} étages est 3m.

Les dimensions et les matières de construction des différentes portes et fenêtres de l'hôtel sont résumées dans le tableau (3.3). Ces dimensions sont nécessaires pour le calcul des bilans thermiques.

Tableau3.3 : Les dimensions et les matières de construction des différentes portes et fenêtres.

Eléments		Dimensions [m]			Matière de construction
		Hauteur	Largeur	Epaisseur	
Portes	Porte à 1 ventail	2	0,80	0,03	Bois rouge
	Porte-balcon	2	0,80	0,003	Verre simple
	Porte de Sanitaire	1,9	0,70	0,02	Bois rouge
	Porte à 2 vantaux	2	1,40	0,006	Verre épais
	Porte extérieure	2,40	3,50	0,006	Verre épais
	Grillage	2,60	2,70	0,01	Fer
Fenêtres	Petite	1,10	1	0,003	Verre simple
	Grande	1,12	1,80	0,006	Verre épais

B. Paramètres thermiques

Nous devons calculer la conductance thermique pour chaque paroi :

Le coefficient global de transmission de la chaleur pour chaque paroi est donné par :

L'équation (2.1) ⇒

$$U_g = \frac{1}{\frac{1}{h_e} + \sum_{j=1}^n R_j + \frac{1}{h_i}} \quad (3.1)$$

Avec [8] : $h_e = 23,2 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}$, $h_i = 8,12 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}$

i. Résistance thermique par unité de surface des murs extérieurs

Les résistances thermiques par unité de surface de l'extérieur vers l'intérieur et les épaisseurs des différentes couches de mur extérieur sont données dans le tableau (3.4) :

Tableau 3.4 : Les résistances thermiques par unité de surface et les épaisseurs des différentes couches des murs extérieurs [9].

Numéro de couche	Elément de construction	Epaisseur [m]	$R_j [\text{m}^2\text{°C}/\text{W}]$
1	Mortier en ciment	0,015	0,020
2	Brique creuse	0,15	0,208
3	Lame d'air	0,05	0,170
4	Brique creuse	0,10	0,139
5	Enduit en plâtre	0,015	0,066

D'après l'équation (2.1) nous avons :

$$U_m = \frac{1}{\frac{1}{23,2} + 0,0208 + 0,208 + 0,17 + 0,139 + 0,066 + \frac{1}{8,12}}$$

$$U_m = 1,29 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}$$

ii. Résistance thermique par unité de surface des murs intérieurs

Les résistances thermiques par unité de surface de l'extérieur vers l'intérieur et les épaisseurs des différentes couches de mur intérieur sont données dans le tableau (3.5) :

Tableau 3.5 : Les résistances thermiques par unité de surface et les épaisseurs des différentes couches des murs intérieurs [9].

Numéro de couche	Elément de construction	Epaisseur [m]	R _j [m ² °C/ W]
1	Enduit en plâtre	0,015	0,066
2	Brique creuse	0,1	0,139
3	Enduit en plâtre	0,015	0,066

D'après l'équation (2.1) nous avons :

$$U_m = \frac{1}{\frac{1}{8,12} + 0,066 + 0,139 + 0,066 + \frac{1}{8,12}} \quad (h_e = h_i = 8,12 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C})$$

$$U_m = 1,93 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot \text{°C}$$

iii. Résistance thermique par unité de surface du toit

Les résistances thermiques par unité de surface de l'extérieur vers l'intérieur et les épaisseurs des différentes couches de toit sont données dans le tableau (3.6) :

Tableau 3.6 : Les résistances thermiques par unité de surface et les épaisseurs des différentes couches de toit [9].

Numéro de couche	Elément de construction	Epaisseur [m]	R _j [m ² °C/ W]
1	Gravillon	0,1	0,07
2	Carton bitumé	0,01	0,053
3	Béton de gravier	0,05	0,027
4	Hourdis (corps creux)	0,16	0,221
5	Enduit en plâtre	0,015	0,066

D'après l'équation (2.1) nous avons :

$$U_t = \frac{1}{\frac{1}{23,2} + 0,07 + 0,053 + 0,027 + 0,221 + 0,066 + \frac{1}{8,12}}$$

$$U_t = 1,656 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}$$

iv. Résistance thermique par unité de surface des planchers entre étages

Les résistances thermiques par unité de surface et les épaisseurs des différentes couches de plancher entre étages de l'extérieur vers l'intérieur sont données dans le tableau (3.7) :

Tableau 3.7 : Les résistances thermiques par unité de surface et les épaisseurs des différentes couches des planches entre étages [9].

Numéro de couche	Elément de construction	Epaisseur [m]	R_j [m ² °C/ W]
1	Carrelage	0,02	0,011
2	Sable	0,1	0,07
3	Béton de gravier	0,05	0,027
4	Hourdis (corps creux)	0,16	0,221
5	Enduit en plâtre	0,015	0,066

D'après l'équation (2.1) nous avons :

$$U_t = \frac{1}{\frac{1}{8,12} + 0,011 + 0,07 + 0,055 + 0,208 + 0,066 + \frac{1}{8,12}} \quad (h_e = h_i = 8,12 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C})$$

$$U_t = 1,558 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}$$

v. Résistance thermique par unité de surface des portes en bois

Les portes intérieures sont fabriquées en bois, leur Résistance thermique par unité de surface est :

$$U_p = 2,32 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C} \quad (\text{Annexe E})$$

vi. Résistance thermique par unité de surface des vitrages

Nous avons deux types du vitrage :

$$\text{Vitrage simple (3mm)} : U_v = 3,48 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C} \quad (\text{Annexe E})$$

$$\text{Vitrage épais (6mm)} : U_v = 2,32 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C} \quad (\text{Annexe E})$$

$$\text{Vitrage épais (12mm)} : U_v = 1,16 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C} \quad (\text{Annexe E})$$

C. Données intérieures de base retenues pour le calcul

Les Données intérieures retenues pour le calcul sont données dans le tableau (3.8) :

Tableau 3.8 : Les données intérieures de base retenues pour le calcul [3].

		Chambre, Suite	Restaurant	Bureau	Cuisine	Salle de thé	Salle des conférences	Salle des fêtes	Réception	Salle d'attente	Sanitaire	Couloir	Cage d'escalier	Magasin
Eté	T_i [°C]	23	25	25	27	25	25	25	25	23	25	25	25	25
	Ψ_i [%]	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Hiver	T_i [°C]	20	18	20	18	18	18	18	18	20	18	18	18	18
	Ψ_i [%]	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50

3.2 Calcul de bilan thermique

3.2.1 Calcul de bilan calorifique

A. Données extérieures et intérieures retenues pour le calcul du bilan calorifique

Tableau 3.9 : Les données intérieures de base retenues pour le calcul.

T [°C]	20	18	5	—
Ψ [%]	50	50	60	—
Φ [$g_{\text{eau}}/g_{\text{air}}$]	$7,26 \cdot 10^{-3}$	$6,4 \cdot 10^{-3}$	$3,23 \cdot 10^{-3}$	(Annexe G)
v_a [m^3/kg]	0,794			(Annexe H)
V [m/s]	2,88			—

B. Déperditions totales

$$Q_{\text{scal}} = Q_{\text{tr}} + Q_{\text{sra}} \quad (3.1)$$

$$Q_{\text{lcal}} = Q_{\text{lra}} \quad (3.2)$$

$$Q_{\text{cal}} = Q_{\text{scal}} + Q_{\text{lcal}} \quad (3.3)$$

C. Exemple de calcul

Les résultats de calcul du bilan calorifique du restaurant sont résumés dans le tableau (3.10). Les calculs ont été effectués avec Excel 2007.

Tableau 3.10 : Le bilan calorifique du restaurant.

Local: Le restaurant	Calcul des surfaces	Sigle	ME	ME	MI	ME	Toit	PEV	FEV	PEV	FEV	PB	
		Orientation	NO	SO	SE	NO	—	NE	NE	NE	NE	NE	NE
		Longueur ou largeur [m]	15,77	3,82	7,64	7,64	—	3,50	1,80	1,00	1,80	1,40	
		Hauteur [m]	3,90	3,90	3,90	3,90	—	2,40	1,12	2,00	1,12	2,00	
		Surface [m ²]	61,50	14,89	29,78	29,78	117,80	8,4	2,02	2,00	2,02	2,80	
		Nombre	1	2	1	1	1	2	5	1	4	1	
		Déduction [m ²]	8,06	16,73	0	12,08	0	0	0	0	0	0	
		Chiffre retenu [m ²]	53,44	13,05	29,78	17,70	117,80	16,80	10,08	2,00	8,06	2,80	
	Calcul des déperditions	U [w/m.°C]	1,29	1,29	1,93	1,29	1,56	2,32	3,48	3,48	3,48	2,32	
		ΔT [°C] (Tableau 3.9)	13,00	13,00	-2,00	13,00	-2,00	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	0
		Q_m [w]	896,17	218,81	-114,95	296,84							0
		Q_t [w]					-367,07						
		Q_v [w]						504,66	456,02	90,48	364,82		
		Q_{pb} [w]											0
		Q_0 [w]	2345,76										
		D	0,71										
		Z_d [%] (Annexe I)	7										
		Z_h [%] (Annexe J)	-5										
		$1+Z_d+Z_h$	1,02										
		Q_{tr} [w]	2392,68										
		A (Annexe K)	0,15										
		B (Annexe K)	0,01										
		V [m/s] (Tableau 3.1)	2,88										
		B.V	0,028										
		C (Annexe K)	0,007										
		C. ΔT	0,091										
		N_a [m ³ /kg. h]	0,270										
		v_a [m ³ /kg] (Tableau 3.9)	0,794										
V_l [m ³]		459,42											
M_a [kg/h]		156,11											
Q_{sra} [w]		675,81											
$\Delta\Phi$ [g _e /g _a] (Tableau 3.9)		0,0031											
Q_{lra} [w]		0,412											
Q_{ra} [w]		676,22											
Q_{scal} [w]		3068,49											
Q_{lcal} [w]		0,41											
Q_{cal} [w]	3068,90												

Les bilans calorifiques des différents locaux de l'hôtel sont résumés dans les tableaux : (3.11a). (3.11b). (3.11c). (3.11d) :

Tableau 3.11.a : Les bilans calorifiques des différents locaux de l'hôtel.

Local	Q_{tr} [w]					Q_{ra} [w]			Q_{cal} [w]		
	Q_m [w]	Q_t [w]	Q_{pb} [w]	Q_v [w]	Q_{tr} [w]	Q_{sra} [w]	Q_{lra} [w]	Q_{ra} [w]	Q_{scal} [w]	Q_{lcal} [w]	Q_{cal} [w]
Cuisine	968,23	-143,19	0	121,23	1059,82	263,62	0,16	263,78	1323,44	0,16	1323,60
Réception	810,21	-211,48	0	574,54	1314,06	389,36	0,24	389,60	1703,42	0,24	1703,66
Salle d'attente	411,36	0	0	87,23	558,42	129,71	0,11	129,82	688,13	0,11	688,24
Sanitaire de la salle de thé	148,81	0	0	0	166,66	69,08	0,04	69,13	235,74	0,04	235,79
Dépôt de la salle de thé	345,21	-32,59	60,32	60,80	464,11	59,99	0,04	60,03	524,10	0,04	524,14
Salle de thé	690,03	-291,60	0	921,16	1477,95	536,86	0,33	537,18	2014,80	0,33	2015,13
Bureau du PDG	773,60	0	0	399,73	1255,46	346,19	0,21	346,40	1601,65	0,21	1601,86
Dégraissage	230,54	-132,92	0	351,95	458,57	244,72	0,15	244,87	703,28	0,15	703,43
Cage d'escalier 1	-253,74	267,90	0	623,95	650,87	175,10	10,66	185,76	825,98	10,66	836,63
Bureau d'informatique	1029,47	-90,85	0	252,33	1214,78	171,51	0,10	171,61	1386,28	0,10	1386,39
Bureau d'études	1183,14	-90,85	0	252,33	1371,51	171,51	0,10	171,61	1543,02	0,10	1543,13
Restaurant	1296,86	-367,07	0	1415,98	2392,68	675,79	0,41	676,20	3068,47	0,41	3068,90
Sanitaire du restaurant	0	-15,45	0	0	-31,53	29,21	0,02	29,22	-2,32	0,02	-2,31
Cage d'escalier 2	339,20	309,12	0	0	726,11	119,83	0,09	119,92	845,94	0,09	846,03
Local technique 1	91,87	0	0	0	102,89	24,71	0,02	24,73	127,60	0,02	127,62
Local technique 2	-11,56	0	0	0	-11,80	12,357	0,010	12,367	0,562	0,010	0,572
Local technique 3	102,21	0	0	0	114,47	12,357	0,010	12,367	126,827	0,010	126,837
Local technique 4	91,87	110,51	0	0	226,66	24,71	0,02	24,73	251,37	0,02	251,39

Tableau 3.11.b : Les bilans calorifiques des différents locaux de l'hôtel.

Local	Q _{tr} [w]					Q _{ra} [w]			Q _{cal} [w]		
	Q _m [w]	Q _t [w]	Q _{pb} [w]	Q _v [w]	Q _{tr} [w]	Q _{sra} [w]	Q _{lra} [w]	Q _{ra} [w]	Q _{scal} [w]	Q _{lcal} [w]	Q _{cal} [w]
Local technique 5	-11,56	63,75	0	0	53,23	12,36	0,01	12,37	65,59	0,01	65,60
Local technique 6	102,21	100,46	0	0	226,98	12,36	0,01	12,37	239,34	0,01	239,35
Chambres 1, 2	254,87	0	18,18	7,80	314,54	58,48	0,04	58,52	373,03	0,04	373,07
Chambre 3	324,59	0	10,67	116,93	461,23	95,11	0,01	95,12	556,35	0,01	556,35
Chambre 4	294,27	0	13,60	83,52	418,78	102,79	0,07	102,86	521,57	0,07	521,64
Chambre 5	230,18	0	13,60	83,52	333,84	119,19	0,08	119,27	453,03	0,08	453,11
Chambres 6→11	189,34	0	13,60	83,52	292,18	119,19	0,08	119,27	411,37	0,08	411,45
Chambre 12	495,65	0	13,60	83,52	604,62	119,19	0,08	119,27	723,80	0,08	723,88
Chambre 13	413,37	0	13,60	58,46	543,69	116,38	0,08	116,46	660,07	0,08	660,14
Chambre 14	189,34	0	13,60	58,46	292,76	116,38	0,08	116,46	409,14	0,08	409,22
Chambres 15, 16	254,87	255,01	18,18	7,80	600,16	58,48	0,04	58,52	658,64	0,04	658,68
Chambre 17	324,59	414,72	10,67	116,93	884,25	95,11	0,01	95,12	979,36	0,01	979,37
Chambre 18	294,27	448,21	13,60	83,52	898,37	102,79	0,07	102,86	1001,16	0,07	1001,23
Chambre 19	230,18	69,29	13,60	83,52	404,52	119,19	0,08	119,27	523,70	0,08	523,78
Chambres 20, 21	189,34	69,29	13,60	83,52	362,86	119,19	0,08	119,27	482,05	0,08	482,13
Chambres 22→25	189,34	519,70	13,60	83,52	822,28	119,19	0,08	119,27	941,46	0,08	941,54
Chambre 26	495,65	519,70	13,60	83,52	1134,71	119,19	0,08	119,27	1253,90	0,08	1253,98
Chambre 27	413,37	507,46	13,60	58,46	1112,04	116,38	0,08	116,46	1228,42	0,08	1228,49
Chambre 28	189,34	507,46	13,60	58,46	861,11	116,38	0,08	116,46	977,49	0,08	977,57

Tableau 3.11.c : Les bilans calorifiques des différents locaux de l'hôtel.

Local	Q _{tr} [w]					Q _{ra} [w]			Q _{cal} [w]		
	Q _m [w]	Q _t [w]	Q _{pb} [w]	Q _v [w]	Q _{tr} [w]	Q _{sra} [w]	Q _{lra} [w]	Q _{ra} [w]	Q _{scal} [w]	Q _{lcal} [w]	Q _{cal} [w]
Suite 1	575,05	0	13,60	58,46	724,76	166,90	0,11	167,01	891,66	0,11	891,77
Suite 2	227,17	0	13,60	83,52	346,99	147,10	0,10	147,20	494,09	0,10	494,19
Suite 3	328,40	0	13,60	83,52	455,30	180,78	0,12	180,90	636,07	0,12	636,20
Suite 4	575,05	727,74	13,60	58,46	1539,83	166,90	0,11	167,01	1706,73	0,11	1706,84
Suite 5	227,17	85,52	13,60	83,52	438,50	147,10	0,10	147,20	585,60	0,10	585,70
Suite 6	328,40	16,06	13,60	83,52	472,48	180,78	0,12	180,90	653,26	0,12	653,38
Sanitaire de la chambre 1	59,97	0	-6,17	0	54,87	24,71	0,01	24,73	79,59	0,01	79,60
Sanitaire de la chambre 2	162,45	0	-6,17	0	159,41	24,71	0,01	24,73	184,12	0,01	184,13
Sanitaire de la chambre 3	67,06	0	-6,17	0	62,11	30,49	0,02	30,51	92,59	0,02	92,62
Sanitaires des chambres 4→11 et des Suites 2, 5	-69,84	0	-6,17	0	-81,33	23,34	0,02	23,36	-57,99	0,02	-57,97
Sanitaire de la chambre 12	82,93	0	-6,17	0	78,29	23,34	0,02	23,36	101,63	0,02	101,65
Sanitaires des chambres 13, 14	-53,82	0	-6,17	0	-67,20	23,34	0,02	23,36	-43,85	0,02	-43,84
Sanitaire de la chambre 15	59,97	110,51	-6,17	0	167,59	24,71	0,01	24,73	192,30	0,01	192,32
Sanitaire de la chambre 16	162,45	110,51	-6,17	0	272,12	24,71	0,01	24,73	296,84	0,01	296,85
Sanitaire de la chambre 17	67,06	136,30	-6,17	0	201,13	30,49	0,02	30,51	231,62	0,02	231,64
Sanitaires des chambres 18→25	-69,84	120,43	-6,17	0	45,31	23,34	0,02	23,36	68,65	0,02	68,66
Sanitaire de la chambre 26	82,93	120,43	-6,17	0	220,84	23,34	0,02	23,36	244,19	0,02	244,20
Sanitaires des chambres 27, 28	-53,82	120,43	-6,17	0	67,68	23,34	0,02	23,36	91,02	0,02	91,04

Tableau 3.11.d : Les bilans calorifiques des différents locaux de l'hôtel.

Local	Q _{tr} [w]					Q _{ra} [w]			Q _{cal} [w]		
	Q _m [w]	Q _t [w]	Q _{pb} [w]	Q _v [w]	Q _{tr} [w]	Q _{sra} [w]	Q _{lra} [w]	Q _{ra} [w]	Q _{scal} [w]	Q _{lcal} [w]	Q _{cal} [w]
Sanitaire de la suite1	178,60	0	-6,17	0	193,12	34,78	0,02	34,80	227,89	0,02	227,91
Sanitaires des suites 3, 6	-53,82	0	-6,17	0	-61,20	23,34	0,02	23,36	-37,86	0,02	-37,84
Sanitaire de la suite 4	178,60	193,12	-6,17	0	409,41	34,78	0,02	34,80	444,19	0,02	444,21
Couloir de 1 ^{er} étage	1211,00	0	-120,20	944,84	2279,92	769,41	0,53	769,93	3049,32	0,53	3049,85
Couloir de 2 ^{ème} étage	1211,00	2825,28	-120,20	944,84	5444,23	769,41	0,53	769,93	6213,64	0,53	6214,16
Salle des fêtes	934,013	2281,968	-7,420	241,280	3863,822	539,72	0,36	540,08	4403,54	0,36	4403,90
Sanitaire de la Salle des fêtes	0,000	141,778	0,000	0,000	144,614	32,49	0,02	32,51	177,11	0,02	177,12
Couloir de la direction	-72,740	416,900	-25,984	50,660	376,213	104,81	0,15	104,96	481,02	0,15	481,17
Bureau du comptable	431,433	360,180	7,424	83,520	944,336	77,66	0,05	77,71	1022,00	0,05	1022,05
Bureau de directeur	519,532	451,765	7,424	58,464	1161,648	97,41	0,07	97,48	1259,06	0,07	1259,12
Sanitaire de La direction	-21,145	141,778	0,000	0,000	123,046	32,49	0,02	32,51	155,54	0,02	155,56
Réception de la direction	38,446	136,620	7,424	0,000	186,139	29,46	0,02	29,48	215,60	0,02	215,62
Office de la secrétaire	152,283	248,400	8,909	83,520	502,974	53,56	0,04	53,60	556,54	0,04	556,57
Salle de préparation	93,373	260,820	14,848	0,000	376,422	56,24	0,04	56,28	432,66	0,04	432,70
Magasin	415,55	0	0	60,32	485,38	67,73	0,04	67,77	553,12	0,04	553,16
Chambre des personelles de l'hôtel	342,68	0	69,60	58,46	480,16	164,33	0,01	164,34	644,49	0,01	644,50
Salle des conférences	912,71	729,00	84,45	329,12	2096,38	206,97	0,11	207,08	2303,35	0,11	2303,46
Bureau	315,28	128,63	0	0	452,78	47,93	0,03	47,96	500,72	0,03	500,74
Sanitaire de la salle des conférences	110,35	64,81	0	0	178,66	23,55	0,01	23,57	202,21	0,01	202,23

- Le bilan calorifique de l'hôtel est donné dans le tableau (3.12) :

Tableau 3.12 : Le bilan calorifique de l'hôtel.

Q_{scal} [w]	Q_{lcal} [w]	Q_{cal} [w]
64757,04	7,34	64764,38

- Les déperditions totales des différents composants sont données dans la figure (3.2):

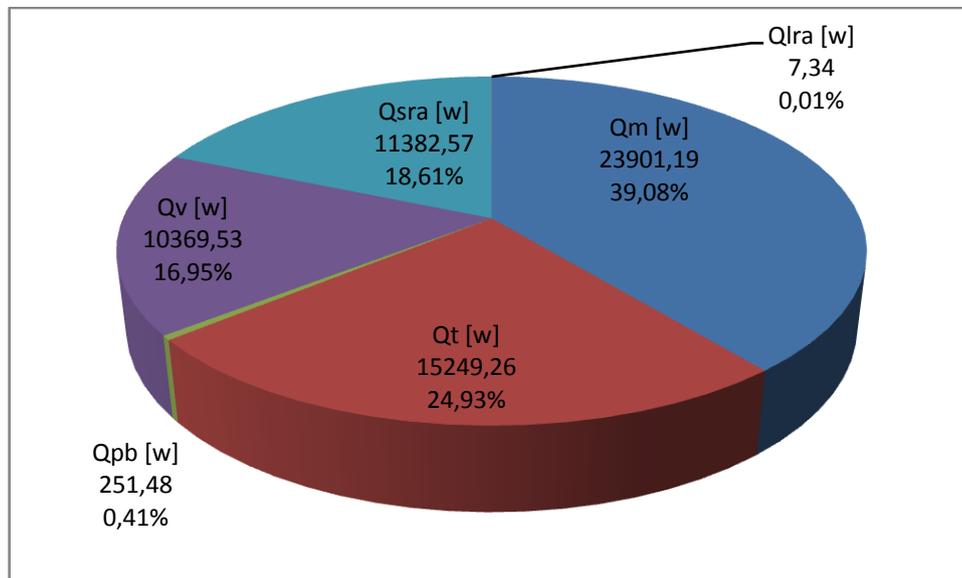


Figure 3.2 : Les déperditions totales de l'hôtel.

D'après la figure (3.2) Nous remarquons que :

- ❖ Les grandes déperditions sont essentiellement dues aux murs ce qui est prévisible à cause de leurs grandes surfaces.
- ❖ Les déperditions à travers les portes en bois sont faibles car ces dernières sont toutes à l'intérieure de l'hôtel.
- ❖ Les déperditions latentes par renouvellement d'air sont les plus faibles, dû à la faible différence entre l'humidité intérieure et extérieure.

3.2.2 Calcul de bilan frigorifique

A. Choix de moment de calcul

Dans le cas des locaux dont les apports en chaleur varient durant le temps, il convient de déterminer dans un premier temps le moment où la charge frigorifique est censée être à son maximum, en ce qui concerne les locaux avec surfaces vitrées et situées à proximité d'une paroi extérieure ce moment est souvent proche de l'apport maximal résultant de l'ensoleillement [9]. Pour notre cas nous calculons les surfaces des vitrages et les apports de chaleur par ensoleillement des différents murs extérieurs de l'hôtel.

Les différentes surfaces et apports de chaleur maximaux des vitrages du mur **nord-est** sont donnés dans le tableau (3.13) :

Tableau 3.13 : Surfaces et apports de chaleur des vitrages du mur **nord-est**.

Vitrage	S_{vi} [m ²]	Nombre	S_{vtot} [m ²]	E_{solmax} [W/m ²] (Annexe P)	F_{pv} (Annexe O)	Q_{vmax} [W]	Moment	$Q_{vmaxtot}$ [W]
Fenêtre	2,016	3	6,048	325	0,26	511,06	21 Juin à 8 h	2152,37
Fenêtre	0,99	6	5,94	325	0,43	830,12		
Porte	2	1	2	325	0,52	338		
Porte	2,8	1	2,8	325	0,52	473,2		

Tel que :

$$S_{vtot} = \sum_{i=1}^n S_{vi} \quad (3.4)$$

$$Q_{vmaxi} = S_{vi} \cdot E_{solmax} \cdot F_{pv} \quad (3.5)$$

$$Q_{vmaxtot} = \sum_{i=1}^n Q_{vmaxi} \quad (3.6)$$

Tableau 3.14 : Surfaces et apports de chaleur maximaux des vitrages du mur **est**.

Vitrage	S_{vi} [m ²]	Nombre	S_{vtot} [m ²]	E_{solmax} [W/m ²] (Annexe P)	F_{pv} (Annexe O)	Q_{vmax} [W]	Moment	$Q_{vmaxtot}$ [W]
Fenêtre	2,016	4	6,048	462	0,26	968,65	21 Juin à 9 h	4387,44
Porte	2	1	1	462	0,52	240,24		
Porte	1,6	10	16	462	0,43	3178,60		

Tableau 3.15 : Surfaces et apports de chaleur maximaux des vitrages du mur **sud-ouest**.

Vitrage	S_{vi} [m ²]	Nombre	S_{vtot} [m ²]	E_{solmax} [W/m ²] (Annexe P)	F_{pv} (Annexe O)	Q_{vmax} [W]	Moment	$Q_{vmaxtot}$ [W]
Vitrage d'escalier	41,376	1	41,376	551	0,26	5927,5	21 Septembre à 15 h	32306,40
Porte	8,366	8	66,928	551	0,52	19176		
Porte	1,6	19	30,4	551	0,43	7202,7		

Tableau 3.16 : Surfaces et apports de chaleur maximaux des vitrages du mur **nord-ouest**.

Vitrage	S_{vi} [m ²]	Nombre	S_{vtot} [m ²]	E_{solmax} [W/m ²] (Annexe P)	F_{pv} (Annexe O)	Q_{vmax} [W]	Moment	$Q_{vmaxtot}$ [W]
Fenêtre	0,99	4	3,96	391	0,43	656,79	21 Juin à 17 h	656,79

En comparant les apports de chaleur maximaux des vitrages des différents murs extérieurs de l'hôtel, nous voyons que le moment adéquat pour le calcul est le **21 septembre à 15 h**.

Tableau 3.17 : Données intérieures et extérieures retenues pour le calcul de bilan frigorifique.

T [°C]	37	27	25	23	—
Ψ[%]	34,66	50	50	50	—
Φ [g _{eau} /g _{air}]	13,66 . 10 ⁻³	11,1 . 10 ⁻³	9,87 . 10 ⁻³	8,74 . 10 ⁻³	(Annexe G)
v _a [m ³ /kg]	0,878				(Annexe H)
V [m/s]	4,5				—

C. Apports de chaleur totaux

$$Q_{\text{ext}} = Q_v + Q_t + Q_m + Q_{\text{pb}} + Q_{\text{ra}} \quad (3.7)$$

$$Q_{\text{int}} = Q_{\text{ocp}} + Q_{\text{ma}} + Q_{\text{ecl}} \quad (3.8)$$

$$Q_{\text{sfrig}} = (Q_{\text{ext}} - Q_{\text{lra}}) + Q_{\text{socp}} + Q_{\text{sma}} + Q_{\text{ecl}} \quad (3.9)$$

$$Q_{\text{lfrig}} = Q_{\text{lra}} + Q_{\text{locp}} + Q_{\text{lma}} \quad (3.10)$$

$$Q_{\text{frig}} = Q_{\text{sfrig}} + Q_{\text{lfrig}} \quad (3.11)$$

Tableau 3.18 : Les données intérieures retenues pour le calcul de bilan frigorifique.

Type de local	Occupent	Puissance d'éclairage [W]	Apports de chaleur due aux machines [W] (Annexe R)
Chambre	2	3×75, 2×40, 2×12	MO : 120, TV : 175, REF : 300
Suite	2	4×75, 2×40, 2×12	MO : 120, TV : 175, REF : 300
Restaurant	70	43 ×40	TV : 235, REF : 500
Salle de thé	50	40×50, 12×40	TV : 175, PER : 1000, REF : 500
Cuisine	5	4×40	CUI : 3000, TCH : 2200, GRL : 800 FRT : 1200
Salle d'attente	5	4×40, 4×50	TV : 175
Salle des fêtes	100	20×75, 20×40	—
Salle des conférences	150	6×40, 60 ×20	MO : 120, DTS : 40
Bureau	2	2×40	MO : 120, IMP : 5
Dépôt	1	2×40	—
Magasin	1	40	MO : 120, IMP : 5, REF : 1000
Réception	3	4×40, 16×50	MO : 120, TV : 175

D. Exemple de calcul

Calcul de bilan frigorifique de la chambre 26 :

Tableau 3.19 : Le bilan frigorifique de la chambre 26.

Local : La chambre 26	calcul des surfaces	Sigle	ME	ME	MI	MI	Toit	PEV	PB	PB		
		Orientation	SO	NE	NO	NE	—	SE	E	SE		
		Longueur ou largeur [m]	3,486	5,81	3,984	1,992	—	0,8	0,8	0,7		
		Hauteur [m]	3	3	3	3	—	2	2	1,9		
		Surface [m ²]	10,458	17,43	11,95	5,976	22,238	0	1,6	1,33		
		Nombre	1	1	1	1	1	1	1	1		
		Déduction [m ²]	1,6	0	1,6	1,33	0	1,6	0	0		
		Chiffre retenu [m ²]	10,458	15,83	10,35	4,646	22,238	0	1,6	1,33		
	calcul des apports de chaleur	Apports de chaleur extérieurs [w]	U [w/m ² , °C]	1,29	1,29	1,93	1,93	1,558	3,48	2,32	2,32	
			$\Delta T, \Delta T_{virt}$ [°C] (Annexe L, M)	25	7,9	2	2	1,2	—	2	2	
			α (Annexe N), F_{pv} (Annexe O)	0,70	0,70	—	—	0,6	0,43	—	—	
			E_{solv} [W/m ²] (Annexe P)	—	—	—	—	—	106	—	—	
			Q [w]	236,09	112,71	39,96	17,93	24,95	72,93	7,42	6,17	
			Q_{ra} [w]	A (Annexe K)	0,15							
				B (Annexe K)	0,01							
				V [m/s] (Tableau 3.1)	4,5							
				B.V	0,045							
				C (Annexe K)	0,01							
				C. ΔT	0,10							
				N_a [m ³ /kg, h]	0,29							
				v_a [m ³ /kg] (Tableau 3.17)	0,88							
				V_l [m ³]	66,71							
		M_a [kg/h]		22,24								
		Q_{sra} [w]	88,86									
		$\Delta\Phi$ [g _e /g _a] (Tableau 3.17)	0,005									
		Q_{lra} [w]	0,09									
		Q_{ra} [w]	88,95									
		Q_{ext} [w]	603,05									
Apports de chaleur intérieurs [w]		Q_{ocp} [w]	N_p	2								
			Q_{locp} [w] (Annexe Q)	37,00								
	Q_{socp} [w] (Annexe Q)		73,00									
	Q_{ocp} [w]		220									
	Q_m [w]	Q_{sm} [w] (Annexe R)	535,00									
		Q_{lm} [w] (Annexe R)	60									
		Q_m [w]	595,00									
	Q_{ecl} [w]	P_{ecl} [w] (Tableau 3.18)	329,00									
		C_{hf} (Annexe S)	0,75									
		Q_{ecl} [w]	246,75									
Q_{int} [w]		1061,75										
Q_{frig} [w]	Q_{sfrig} [w]	1530,70										
	Q_{lfrig} [w]	133,09										
	Q_{frig} [w]	1663,80										

- Les bilans frigorifiques des différents locaux de l'hôtel sont résumés dans les tableaux : (3.20.a). (3.20.b). (3.20.c). (3.20.d) :

Tableau 3.20.a : Les bilans frigorifiques des différents locaux de l'hôtel.

Local	Q _{ext} [w]					Q _{int} [w]			Q _{frig} [w]		
	Q _m [w]	Q _t [w]	Q _{pb} [w]	Q _v [w]	Q _{ra} [w]	Q _{ocp} [w]	Q _{ma} [w]	Q _{ecl} [w]	Q _{sfrig} [w]	Q _{lfrig} [w]	Q _{frig} [w]
Cuisine	237,14	0	0	113,72	180,46	860	7200	144	4785,2	3950,1	8735,32
Réception	298,60	-211,48	0	511,06	336,46	375	120	693	1897,4	225,26	2122,63
Salle d'attente	238,76	0	0	72,11	113,08	550	175	360	1293,8	215,12	1508,95
Sanitaire de la salle de thé	62,20	-37,52	0	0	59,67	110	0	168,75	320,08	43,02	363,1
Dépôt de salle de thé	151,57	-32,59	0	71,81	125,28	175	0	30	419,05	102,02	521,07
Salle de thé	448,09	-291,60	0	884,61	457,5	5500	1675	2366	8689,4	2350,2	11039,6
Bureau du PDG	88,15	-188,04	0	313,58	298,79	450	245	109,2	1019,5	297,21	1316,68
Dégraissage	68,20	-132,92	0	283,44	211,15	525	6000	72,8	3687,6	3340,1	7027,67
Cage d'escalier 1	-261,87	-12,36	-23,16	6952,51	149,28	125	0	90	6980,3	39,12	7019,4
Bureau d'informatique	242,03	-90,84	0	228,40	142,58	250	125	72,8	831,86	138,11	969,97
bureau d'études	197,92	-90,84	0	228,40	142,58	250	125	72,8	787,75	138,11	925,86
Restaurant	334,35	-367,07	0	1330,61	583,33	12250	675	1565,2	9231	7140,5	16371,4
Sanitaire du restaurant	0	-16,46	0	0	24,26	110	0	112,5	187,28	43,02	230,3
Cage d'escalier 2	-2,47	-4,47	0	0	100,73	300	0	40	277,75	156,04	433,79
Local technique 1	31,16	0	0	0	20,53	150	0	37,5	171,17	68,02	239,19
Local technique 2	-17,30	0	0	0	12,99	150	0	37,5	115,18	68,01	183,19
Local technique 3	26,85	0	0	0	18,66	150	0	37,5	165	68,02	233,01
Local technique 4	31,16	-4,08	0	0	20,53	150	0	37,5	167,09	68,02	235,11

Tableau 3.20.b : Les bilans frigorifiques des différents locaux de l'hôtel.

Local	Q_{ext} [w]					Q_{int} [w]			Q_{frig} [w]		
	Q_m [w]	Q_t [w]	Q_{pb} [w]	Q_v [w]	Q_{ra} [w]	Q_{ocp} [w]	Q_{ma} [w]	Q_{ecl} [w]	Q_{sfrig} [w]	Q_{lfrig} [w]	Q_{frig} [w]
Local technique 5	-17,30	-2,04	0	0	12,99	150	0	37,5	113,14	68,01	181,15
Local technique 6	26,85	-3,71	0	0	18,66	150	0	37,5	161,29	68,02	229,3
Chambres 1,2	162,32	0	13,60	43,83	50,99	220	595	246,16	1197,9	134,04	1331,89
Chambre 3	164,42	0	13,60	102,10	81,82	220	595	246,16	1289	134,07	1423,1
Chambre 4	183,35	0	13,60	72,24	76,75	220	595	246,16	1273	134,07	1407,1
Chambre 5	269,14	0	13,60	72,24	89	220	595	246,16	1371	134,09	1505,14
Chambres 6→11	228,30	0	13,60	72,24	89	220	595	246,16	1330,2	134,09	1464,3
Chambre 12	402,43	0	13,60	72,24	89	220	595	246,16	1504,3	134,09	1638,43
Chambre 13	225,69	0	13,60	50,57	101,38	220	595	246,16	1318,3	134,09	1452,39
Chambre 14	110,76	0	13,60	50,57	101,38	220	595	246,16	1203,4	134,09	1337,46
Chambres 15,16	162,32	12,24	13,60	43,83	50,99	220	595	246,16	1210,1	134,04	1344,13
Chambre 17	164,42	46,45	13,60	102,10	81,82	220	595	246,16	1335,5	134,07	1469,55
Chambre 18	183,35	59,76	13,60	72,24	76,75	220	595	246,16	1332,8	134,07	1466,86
Chambre 19	269,14	69,29	13,60	72,24	89	220	595	246,16	1440,3	134,09	1574,43
Chambres 20,21	228,30	69,29	13,60	72,24	89	220	595	246,16	1399,5	134,09	1533,59
Chambres 22→25	228,30	29,10	13,60	72,24	89	220	595	246,16	1359,3	134,09	1493,4
Chambre 26	402,43	24,95	13,60	72,24	89	220	595	246,16	1529,3	134,09	1663,80
Chambre 27	150,72	40,60	13,60	50,57	101,38	220	595	246,16	1283,9	134,09	1418,02
Chambre 28	225,69	40,60	13,60	50,57	101,38	220	595	246,16	1358,9	134,09	1492,99
Suite 1	260,21	0	13,60	43,83	145,38	220	595	303	1446,9	134,13	1581,02

Tableau 3.20.c : Les bilans frigorifiques des différents locaux de l'hôtel.

Local	Q _{ext} [w]					Q _{int} [w]			Q _{frig} [w]		
	Q _m [w]	Q _t [w]	Q _{pb} [w]	Q _v [w]	Q _{ra} [w]	Q _{ocp} [w]	Q _{ma} [w]	Q _{ecl} [w]	Q _{sfrig} [w]	Q _{lfrig} [w]	Q _{frig} [w]
Suite 2	116,26	0	13,60	72,24	109,85	220	595	303	1295,8	134,11	1429,94
Suite 3	211,57	0	13,60	72,24	134,99	220	595	303	1416,3	134,14	1550,4
Suite 4	260,21	34,94	13,60	43,83	145,38	220	595	303	1481,8	134,13	1615,96
Suite 5	116,26	85,52	13,60	72,24	109,85	220	595	303	1381,4	134,11	1515,46
Suite 6	211,57	105,10	13,60	72,24	134,99	220	595	303	1521,4	134,14	1655,5
Sanitaire de la chambre 1	-4,20	0	-6,17	0	20,53	0	0	65,25	75,39	0,02	75,41
Sanitaire de la chambre 2	19,68	0	-6,17	0	20,78	0	0	65,25	99,53	0,02	99,54
Sanitaire de la chambre 3	-2,25	0	-6,17	0	25,64	0	0	65,25	82,45	0,02	82,47
Sanitaires des chambres 4→11 et des Suites 2, 5	-69,84	0	-6,17	0	19,63	0	0	65,25	8,85	0,02	8,87
Sanitaire de la chambre 12	38,10	0	-6,17	0	19,63	0	0	65,25	116,79	0,02	116,81
Sanitaires des chambres 13, 14	-20,11	0	-6,17	0	19,63	0	0	65,25	91,26	0,02	91,28
Sanitaire de la chambre 15	-4,20	-4,08	-6,17	0	20,53	0	0	65,25	71,31	0,02	71,33
Sanitaire de la chambre 16	19,68	-4,08	-6,17	0	20,78	0	0	65,25	95,45	0,02	95,46
Sanitaire de la chambre 17	-2,25	-5,03	-6,17	0	25,64	0	0	65,25	77,42	0,02	77,44
Sanitaires des chambres 18→25	-69,84	-3,85	-6,17	0	19,63	0	0	65,25	5,00	0,02	5,02
Sanitaire de la chambre 26	38,10	-3,85	-6,17	0	19,63	0	0	65,25	112,94	0,02	112,96
Sanitaires des chambres 27, 28	12,57	-3,85	-6,17	0,00	19,61	0	0	65,25	87,41	0,02	87,43
Sanitaire de la suite 1	5,20	0	-6,17	0	30,02	0	0	65,25	100,45	0,02	100,47
Sanitaires des suites 3, 6	-53,82	-3,85	-6,17	0	19,63	0	0	65,25	21,02	0,02	21,04

Tableau 3.20.d : Les bilans frigorifiques des différents locaux de l'hôtel.

Local	Q _{ext} [w]					Q _{int} [w]			Q _{frig} [w]		
	Q _m [w]	Q _t [w]	Q _{pb} [w]	Q _v [w]	Q _{ra} [w]	Q _{ocp} [w]	Q _{ma} [w]	Q _{ecl} [w]	Q _{sfrig} [w]	Q _{lfrig} [w]	Q _{frig} [w]
Sanitaire de la suite 4	5,20	-9,89	-6,17	0	30,02	0	0	65,25	90,56	0,02	90,58
Couloir de 1 ^{er} étage	204,06	0	-126,21	940,77	144,38	450	0	300	1678,6	234,45	1913
Couloir de 2 ^{ème} étage	204,06	-113,01	-126,21	940,77	144,38	450	0	300	1565,5	234,45	1799,99
Salle des fêtes	812,10	-84,26	0	453,82	423,91	11000	0	600	8905,24	4300,3	13205,57
Sanitaire de la salle des fêtes	812,10	-84,26	0	453,82	24,26	0	0	112,50	131,09	0,02	131,11
Couloir de la direction	53,23	-15,39	0	72,24	80,01	150	0	60	322,03	78,06	400,09
Bureau du comptable	61,72	28,81	0	72,84	57,05	150	125	60	417,37	138,05	555,42
Bureau du directeur	65,73	36,14	0	54,42	72,07	150	125	60	425,29	138,07	563,36
Sanitaire de la direction	0	-5,65	0	0	24,26	0	0	112,50	131,09	0,02	131,11
Salle technique 7	0	-4,44	0	0	19,20	150	0	60	156,61	68,16	224,76
Bureau de la secrétaire	20,57	-8,07	0	54,42	34,92	150	125	60	298,55	138,29	436,84
Salle de préparation	0	-8,48	0	0	36,66	150	0	60	159,89	78,30	238,19
Magasin	219,63	0	55,68	0	50,39	150	125	60	522,64	138,05	660,70
Chambre des personelles de l'hôtel	124,25	67,66	51,97	50,70	86,91	440	475	60	1208,4	148,09	1356,49
Salle des conférences	327,84	-416,2	77,95	328,47	153,93	11000	165	1440	8696,9	4380,1	13077
Bureau	232,45	80,39	0	43,83	34,77	150	125	40	568,41	138,03	706,44
Sanitaire de la salle des conférences	43,39	24,30	0	0	17,16	110	0	65,25	217,09	43,01	260,10

- Le bilan frigorifique de l'hôtel est donné dans le tableau (3.12) :

Tableau 3.21 : Le bilan frigorifique de l'hôtel.

Q_{sfrig} [w]	Q_{lfrig} [w]	Q_{frig} [w]
113571,20	33129,10	146700,29

- Les apports de chaleur totaux des différents composants sont donnés dans la figure (3.3) :

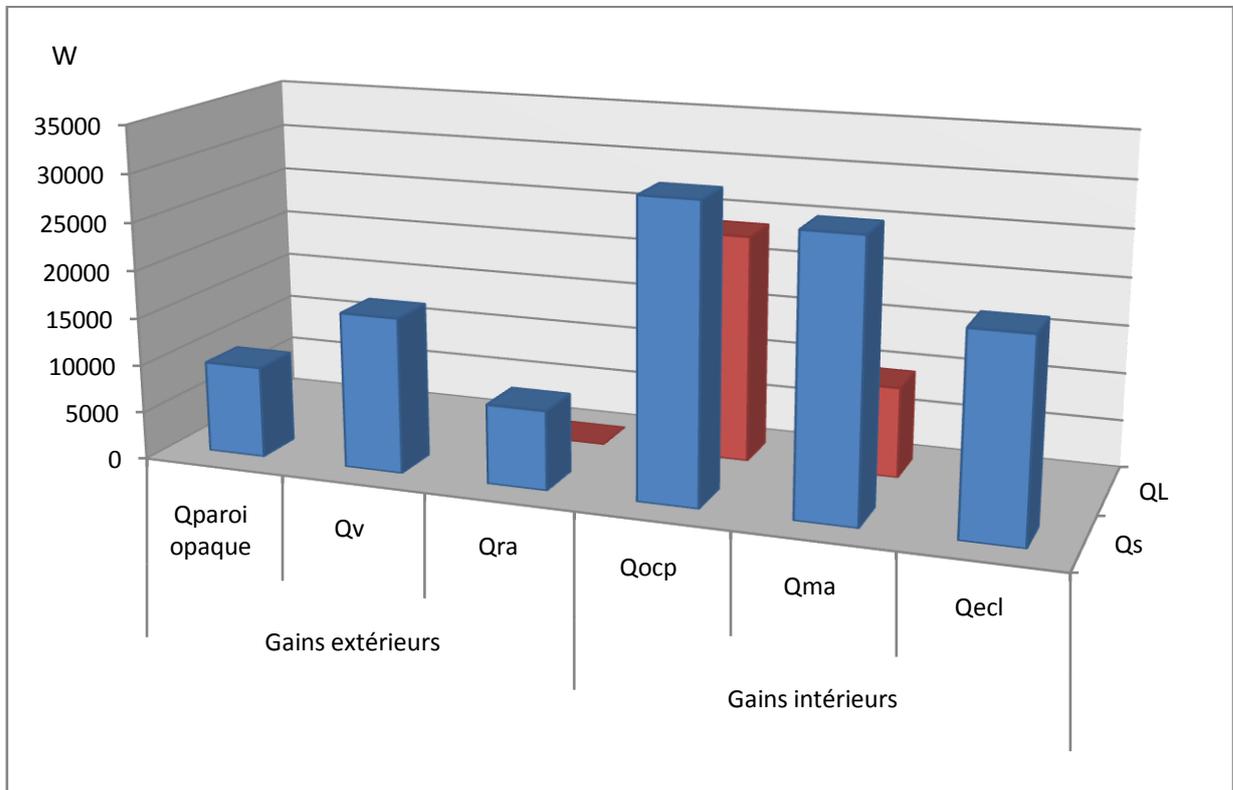


Figure 3.3 : Les apports de chaleur totaux de l'hôtel.

D'après la figure (3.3), nous remarquons que :

- ❖ Les grands apports de chaleur sont essentiellement dus aux occupants ce qui est prévisible à cause de leur grand nombre environ 470 personnes.
- ❖ Les chaleurs dégagées par l'éclairage et les machines sont aussi importantes vu l'équipage de chaque local de l'hôtel, entre autres les chambres, la cuisine, la salle de thé, etc.
- ❖ Les apports de chaleur à travers les vitres sont supérieurs aux celles des parois opaques ce qui est prévisible à cause de choix de moment de calcul qui était le **21 septembre à 15 h**.

Conclusion :

En comparant les besoins calorifiques et frigorifiques, nous remarquons que les besoins frigorifiques sont les plus grands, donc notre dimensionnement de champ PV sera en fonction des besoins frigorifiques de l'hôtel.

CHAPITRE IV :
DIMENSIONNEMENT DU
SYSTEME PHOTOVOLTAÏQUE

4.1 Introduction

Concevoir une installation PV consiste à sélectionner et à dimensionner les composants permettant de fournir en électricité, à partir de l'énergie solaire, les besoins d'une installation consommatrice, à l'endroit géographique prévu de l'installation.

4.2 Type du système photovoltaïque utilisé

Pour alimenter l'installation de climatisation de l'hôtel nous proposons d'utiliser Le système PV raccordé au réseau (figure 4.1). Par rapport au système autonome, on gagne les points suivants :

- Exploitation de la totalité de l'énergie PV issue des panneaux (pas de stockage) ;
- Economie de l'ordre de 40 % sur les investissements (les batteries en moins) ;
- Maintenance quasi inexistante (ce sont les batteries qui demandent le plus d'attention) ;
- Meilleure durée de vie de système.

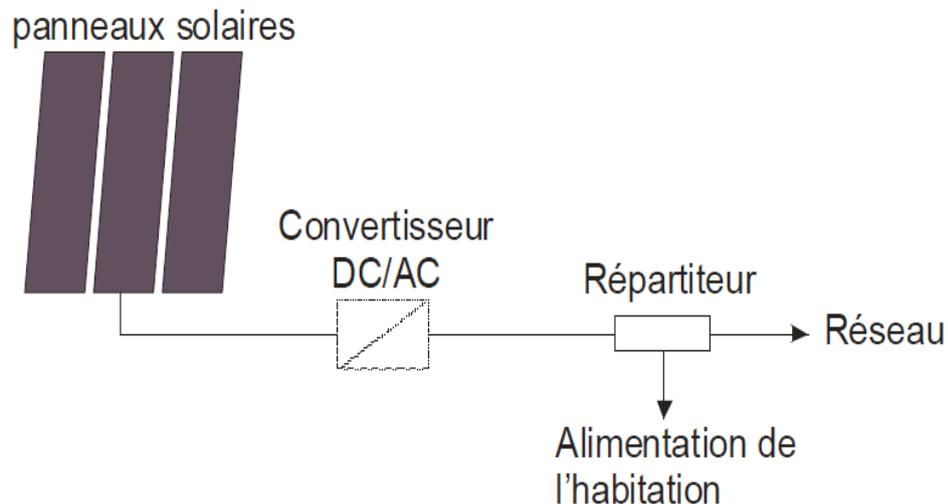


Figure 4.1 : Système photovoltaïque raccordé au réseau [5].

4.3 Dimensionnement d'un système photovoltaïque raccordé au réseau

Les professionnels utilisent pour la conception des systèmes, des logiciels spécialisés tel que « METEONORM, PVSYST, RETSCREEN ». Mais la démarche suivie est la même. Et peut se résumer en cinq étapes [5] :

4.3.1 Evaluation des besoins (1^{ère} étape)

Le dimensionnement d'un système photovoltaïque est basé sur l'évaluation des besoins en énergie électrique de l'utilisateur. Ces besoins peuvent être des charges DC ou des charges AC, ou bien les deux.

$$B_{jm} = P \times t \quad (4.1)$$

4.3.2 Energie solaire récupérable (2^{ème} étape)

Après avoir connaître les besoins énergétiques il reste à connaître l'énergie donnée par le soleil pour pouvoir dimensionner les modules PV. Le rayonnement solaire journalier est le plus utilisé pour le dimensionnement.

4.3.3 Dimensionnement des modules photovoltaïques (3^{ème} étape)

La consommation journalière est bien déterminée, disposant des données météorologiques, on cherche maintenant à calculer combien de panneaux il nous faut pour assurer ces besoins. Un module PV est caractérisé par sa puissance peak ou crête (puissance maximale de module), cette puissance est donnée dans les conditions STC (Standard Test Conditions) [5].

Les modules PV sont dimensionnés et garantis dans des conditions de référence dites STC (Standard Test Conditions) qui sont :

- Rayonnement solaire 1000 W/m² ;
- Spectre solaire AM (Air Masse) 1,5 (Soleil à 48°) ;
- Température ambiante 25°C.

Pour tenir en compte les pertes du système, on introduit le facteur de perte (λ_p). La tension est choisie en fonction de la puissance 12V, 24V, 36V, etc.

A. Puissance crête du champ photovoltaïque

$$P_{cc} = \frac{B_{jm}}{N_{hej} \times \lambda_p} \quad (4.2)$$

$$N_{hej} = \frac{E_{solj}}{1000} \quad (4.3)$$

1000 W/m² : Rayonnement solaire dans les conditions STC.

B. Surface du champ photovoltaïque

$$S_c = \frac{P_{cc}}{P_{cm}} \quad (4.4)$$

C. Nombre des modules photovoltaïques

$$N_m = \frac{S_c}{S_{mod}} \quad (4.5)$$

D. Association des modules photovoltaïques

i. Association en série

En additionnant des cellules ou des modules identiques en série, le courant de la branche reste le même mais la tension augmente proportionnellement au nombre de cellules (modules) en série [4]. Le nombre des modules en série est calculé par :

$$N_{ms} = \frac{V_c}{V_m} \quad (4.6)$$

ii. Association en parallèle

En additionnant des modules identiques en parallèle, la tension de la branche est égale à la tension de chaque module et l'intensité augmente proportionnellement au nombre des modules en parallèle dans la branche [4]. Le nombre des modules en parallèle est calculé par :

$$N_{mp} = \frac{N_m}{N_{ms}} \quad (4.7)$$

iii. Correction de la puissance crête

Dans le plus part des cas, les nombres des modules (en série et/ou en parallèle) calculés ne sont pas des entiers ; il faut donc les arrondir pour trouver la nouvelle puissance crête corrigée et le nouveau nombre des modules PV.

E. Choix de l'orientation des modules

L'orientation des modules doit être plein sud pour les sites de l'hémisphère nord et plein nord pour les sites de l'hémisphère sud. L'utilisation d'une boussole est fortement recommandée pour éviter toute approximation qui risquerait d'introduire une perte de puissance consécutive à une mauvaise orientation [11].

F. Choix de l'inclinaison des modules

Pour que les modules produisent un maximum d'énergie, il faut que leur surface soit perpendiculaire aux rayons solaires. On doit donc incliner les modules pour qu'ils soient face au soleil. La valeur d'inclinaison correspond à l'angle que font les modules avec l'horizontale [11].

4.3.4 Choix de l'onduleur (4^{ème} étape)

Dans les installations PV, où les récepteurs fonctionnent en courant alternatif, on fait appel à l'onduleur PV, qui permet de convertir la tension continue du générateur en tension alternative. Un onduleur PV est caractérisé par [11] :

- Puissance apparente nominale de sortie : elle doit être supérieure à la puissance du récepteur ;
- Tension d'entrée continue nominale, avec une plage de variation admissible tolérée par le constructeur ;
- Tension de sortie alternative nominale ;
- Fréquence de sortie nominale ;
- Rendement nominal.

4.3.5 Choix des câbles électriques (5^{ème} étape)

Il est nécessaire de limiter la longueur des liaisons entre le générateur PV et les récepteurs. Le transport à distance de courant de plusieurs ampères implique inévitablement des pertes en ligne importantes par échauffement (effet joule) [11]. La section des câbles est choisie par :

$$S_{\text{câb}} = \frac{\rho_{\text{câb}} \times L_{\text{câb}}}{R_{\text{câb}}} \quad (4.8)$$

$$R_{\text{câb}} = \frac{V_u}{I} \quad (4.9)$$

4.4 Dimensionnement du système photovoltaïque de l'hôtel

Pour le dimensionnement de notre système PV, nous utilisons le logiciel « PVSYST 4.3 » utilisé par les chercheurs de CDER : (Centre de Développement d'Energies Renouvelables), pour son système raccordé au réseau qu'il est le seul en Algérie (Figure 4.2) [12].

4.4.1 Description du logiciel PVSYST 4.3

PVSYST est un logiciel de dimensionnement des installations photovoltaïques qui a été réalisé par le CUEPE (Centre Universitaire d'Etude des Problèmes d'Energie)- université de Genève_ Suisse. Ses débuts étaient en 1994 jusqu'à la version 4.3 (mars 2008). Ce logiciel dispose des bases de données très riches (panneaux, régulateurs, batteries, onduleurs, pompe solaire, etc.), et une base de données météorologique très puissante qui couvre plus de 95 pays [13].



Figure 4.2 : Champ du système photovoltaïque raccordé au réseau du CDER [12].

4.4.2 Dimensionnement du système photovoltaïque de l'hôtel avec PVSYST 4.3

- 1) Dans la fenêtre principale du logiciel PVSYST 4.1, nous choisissons un nouveau projet d'un système raccordé au réseau (Grid connected) (Figure 4.3) ;

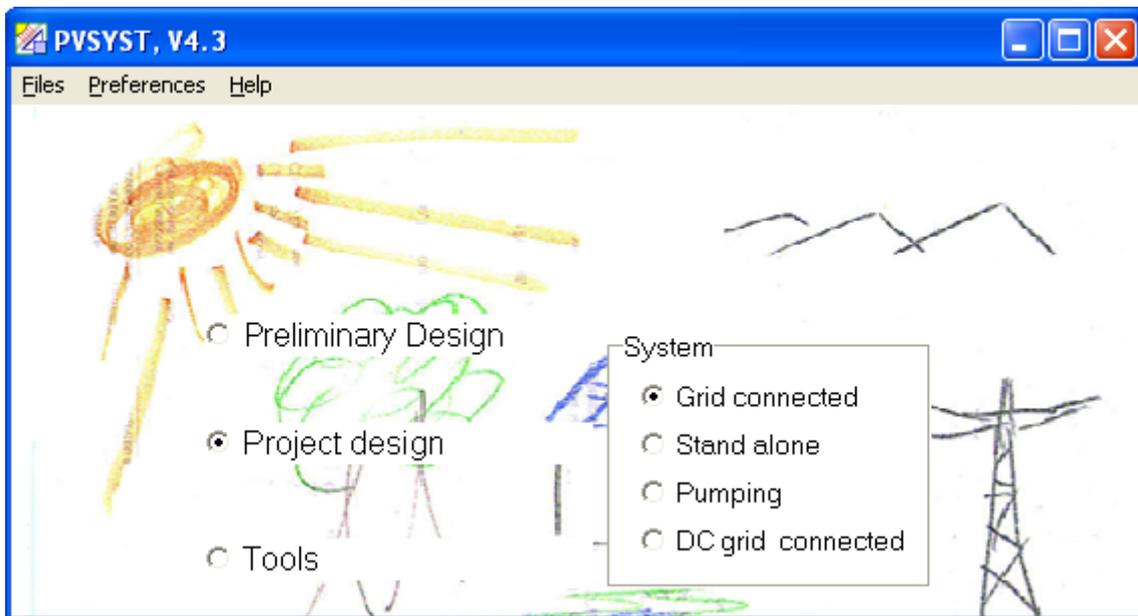


Figure 4.3 : Choix de type du système photovoltaïque.

- 2) Dans la fenêtre des paramètres géographiques du site (Geographic site parameters), nous introduisons les Coordonnées géographiques (geographical coordinates) du site (Figure 4.4) ;

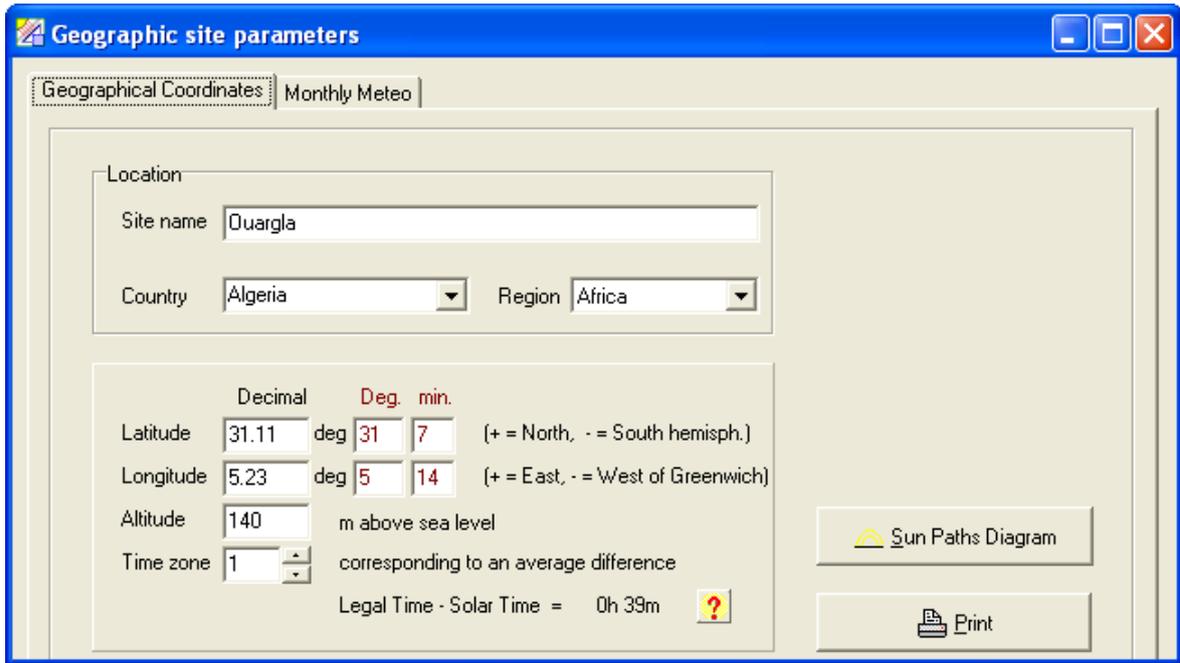


Figure 4.4 : Les coordonnées géographiques du site.

- 3) Dans la fenêtre de météo mensuelle (Monthly Meteo) (Figure 4.5), nous introduisons les valeurs mensuelles de la température (Temper) et la vitesse de vent (Wind vel) et le rayonnement global (Globale irradi) de 1983 jusqu'à 2005 [14] ;

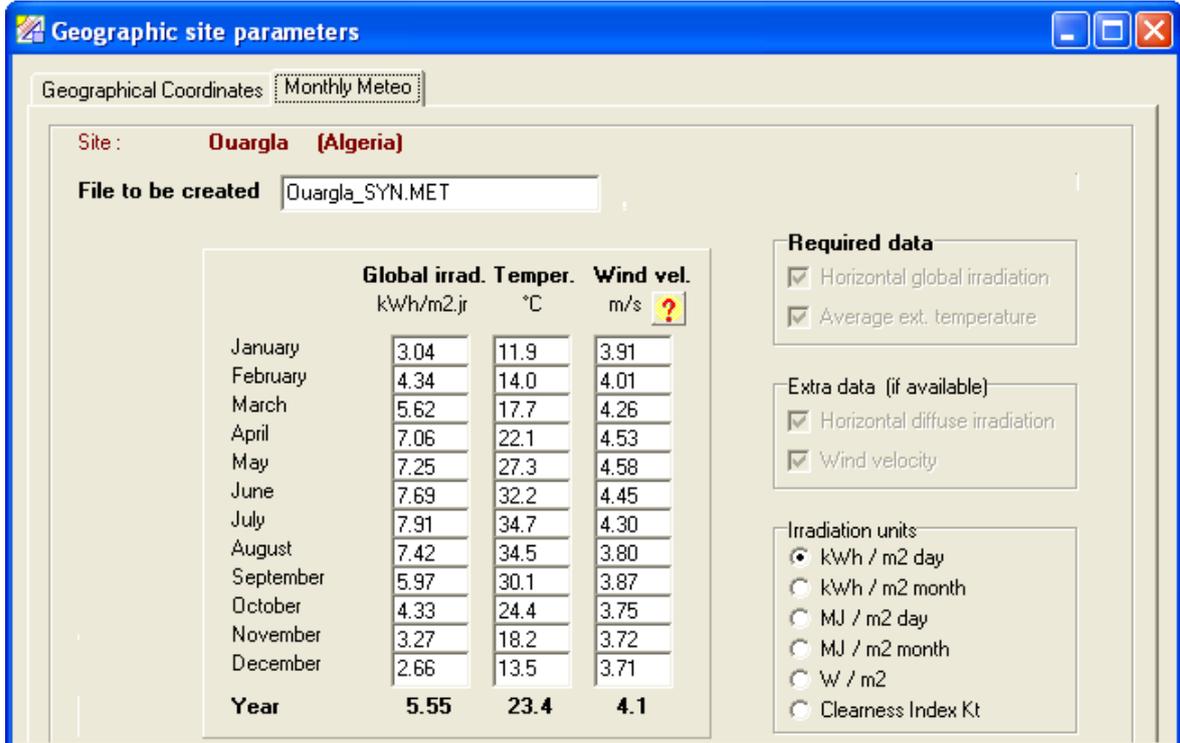


Figure 4.5 : Les paramètres météorologiques du site.

- 4) Dans la fenêtre d'orientation des modules (Collector Field orientation), PVSYST 4.3 nous propose l'orientation et l'inclinaison optimales annuelles des modules PV pour deux périodes d'année (Figure 4.6), il nomme ses périodes : été (Summer) et hiver (Winter), il ne faut pas confondre ces périodes avec les saisons malgré ses nomenclatures ;

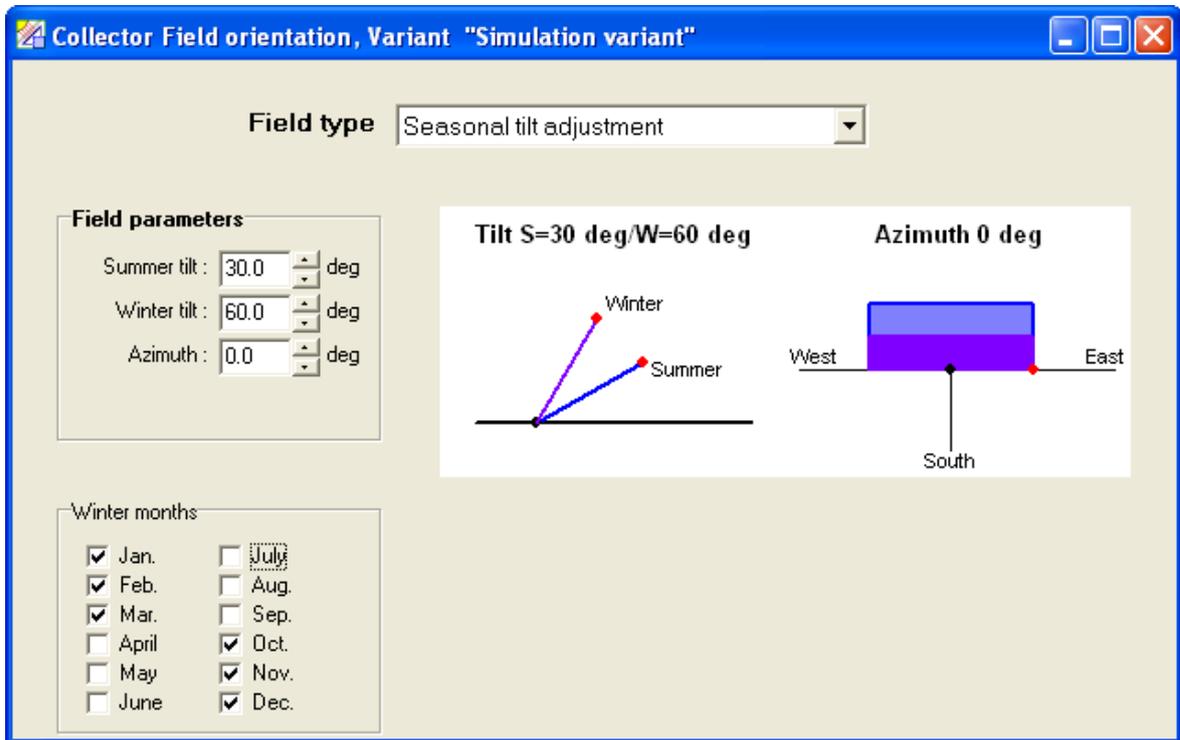


Figure 4.6 : Orientation et inclinaison des modules photovoltaïques.

- 5) Nous définissons la puissance (Power) de l'installation et le nombre d'heures de fonctionnement journalier (main daily use). La figure : 4.7 représente la puissance et le nombre moyen d'heures de fonctionnement pour le mois de juin ;

Calcul de puissance de l'installation

Les puissances maximales de l'installation ont été calculées dans le chapitre précédent (les besoins calorifiques et frigorifiques), nous estimons la charge à 80 % de ces puissances [5] :

✓ Pour l'hiver :

$$\text{La puissance} = Q_{\text{cal}} \cdot 0,8 = 64764,38 \cdot 0,8 = 51811\text{W} \quad (\text{Tableau 3.12})$$

Soit la puissance = 52000 W

✓ Pour l'été :

$$\text{La puissance} = Q_{\text{frig}} \cdot 0,8 = 146700,29 \cdot 0,8 = 117411\text{W} \quad (\text{Tableau 3.21})$$

Soit la puissance = 118000 W

✓ Pour l'automne et le printemps :

Pour le climat de la ville d'Ouargla, l'été s'étendit sur les mois de mai et septembre [10], en dehors de ces mois, nous n'utilisons pas la climatisation.

Calcul de nombre d'heures de fonctionnement journalier

Pour le calcul de nombre d'heures de fonctionnement de chaque saison, nous procédons comme suite :

- Premièrement, nous estimons le besoin électrique journalier moyen de climatisation pour chaque type de local :

$$B_{jm} = Q_{th} \times t \quad (4.10)$$

- Ensuite, nous calculons le besoin électrique total moyen ;
- Enfin, nous calculons le nombre d'heures de fonctionnement journalier.

$$t_{fg} = \frac{B_{jm}}{\text{la puissance}} \quad (4.11)$$

Tableau 4.1 : Besoin électrique journalier moyen de la climatisation pour chaque type de local.

Type de local	L'été			L'hiver		
	Q _{frig} [W]	t [h/j]	B _{jm} [kWh/j]	Q _{cal} [W]	t [h/j]	B _{jm} [kWh/j]
Les chambres et les suites	53110,01	20	1062200,2	24438,67	15	366580,05
Les bureaux, le magasin et le dégraissage	13162,94	10	131629,4	11078,83	2	22157,66
Les locaux techniques	925,71	4	3702,84	1367,94	0,5	683,97
Le restaurant et la cuisine	26221,21	10	262212,1	4390,17	3	13170,51
La réception, la salle d'attente et la salle de thé	4152,65	16	66442,4	4407,03	15	66105,45
la salle des fêtes et la salle de préparation	13574,87	3	40724,61	5100,69	3	15302,07
la salle des conférences	14043,53	3	42130,59	3006,43	3	9019,29
Les couloirs et la cage d'escalier	11166,18	24	267988,32	10936,07	15	164041,05
Le totale	136357,1	—	1877030,46	64725,83	—	657060,05

Donc :

- ✓ Pour l'hiver :

$$t_{fg} = \frac{B_{jm}}{\text{la puissance}} = \frac{657060,05}{52000} \approx 13 \text{ h/j}$$

- ✓ Pour l'été :

$$t_{fg} = \frac{B_{jm}}{\text{la puissance}} = \frac{1877030,46}{118000} \approx 16 \text{ h/j}$$

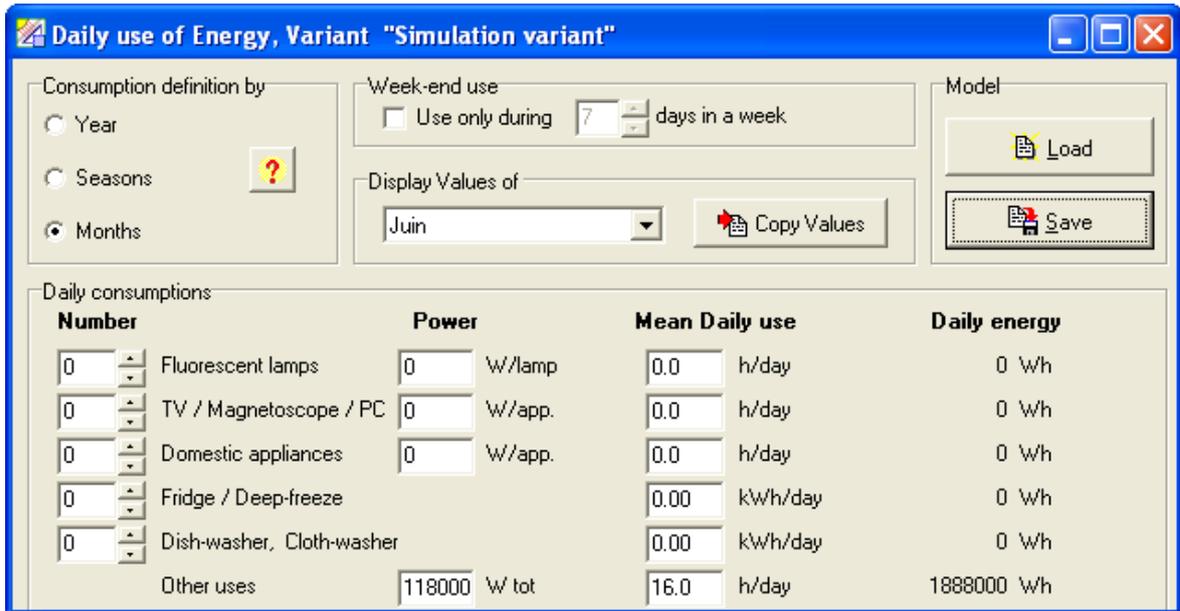


Figure 4.7 : Besoin électrique journalier moyen pour la climatisation.

- 6) Nous introduisons la valeur de puissance désirée, PVSYST 4.3 nous donne tous les paramètres de notre système PV (Figure 4.8), après le choix des onduleurs (inverters) et les modules PV ;

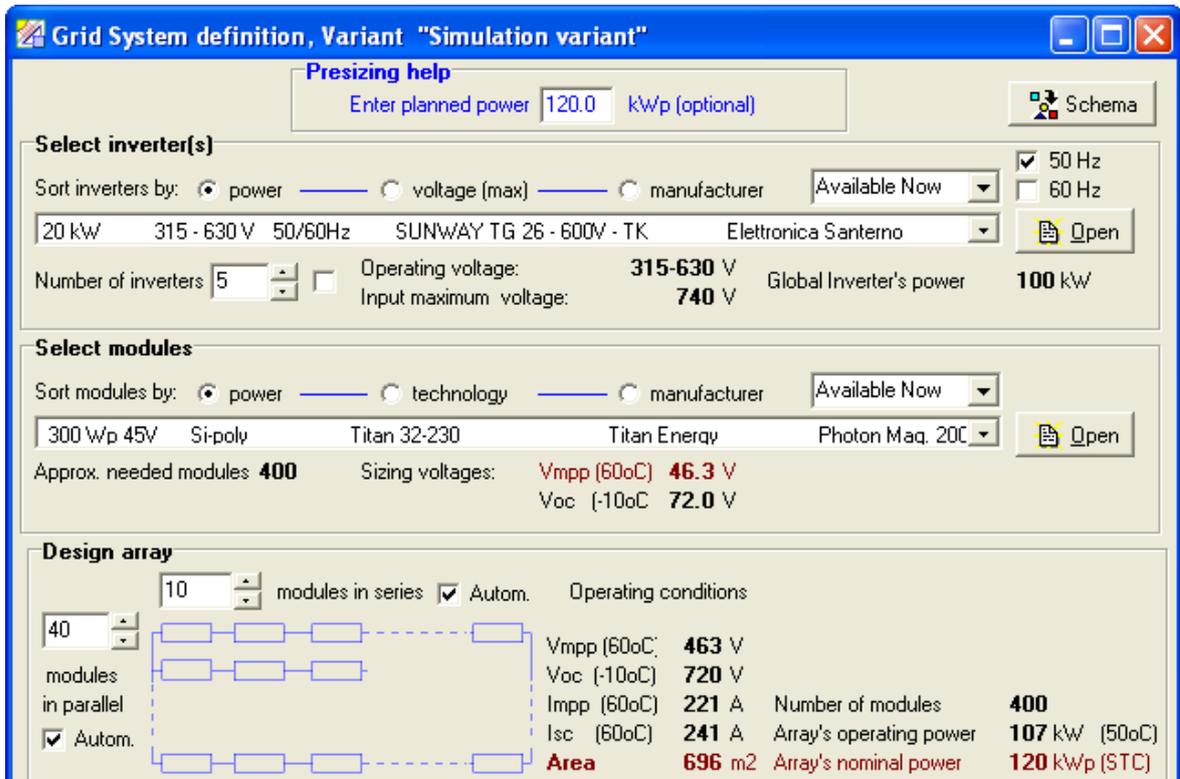


Figure 4.8 : Les différents paramètres du système photovoltaïque.

- 7) Les câbles électriques les plus utilisés dans les systèmes PV sont en cuivre de résistivité $\rho_{\text{câb}} = 1,923 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$ [15]. Les figures :(4.9), (4.10) présentent le schéma du champ PV et les résistances des câbles électriques utilisés dans notre système PV respectivement donnés par PVSYST 4.3 ;

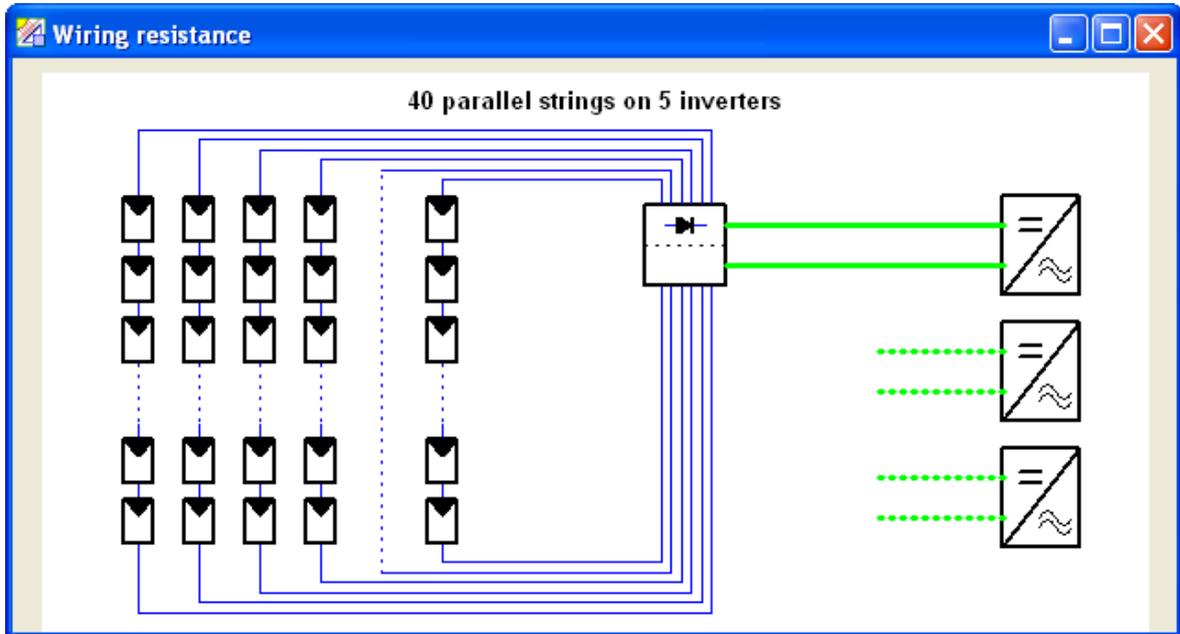


Figure 4.9 : Le schéma du champ photovoltaïque.

Wiring layout : Groups of parallel strings		Per circuit		Global array	
	Aver. length m / circuit	Section mm ²	Current A	Resistance mOhm	Resistance mOhm
One string = 10 modules:					
String module connexions	60	1.5	5.5	880	40 strings: 22.0
Main box to inverter	10	10	43.9	1	5 inverters: 0.147
Field global wiring resistance					22.1 mOhm

Figure 4.10 : Résistances des câbles électriques utilisés.

- 8) En effectuant toutes les étapes précédentes de dimensionnement du système PV de l'hôtel, nous obtenons le schéma du système PV (Figure 4.11), et les différentes pertes (Figure 4.12).

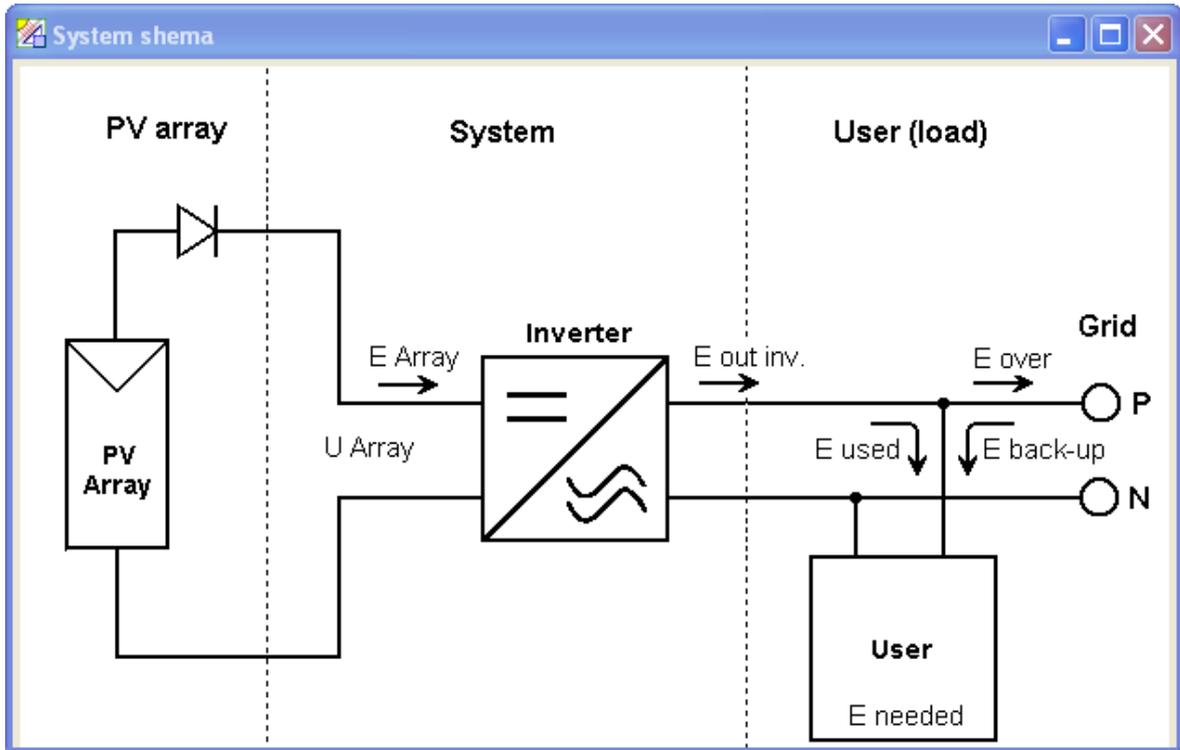


Figure 4.11 : Le schéma du système photovoltaïque.

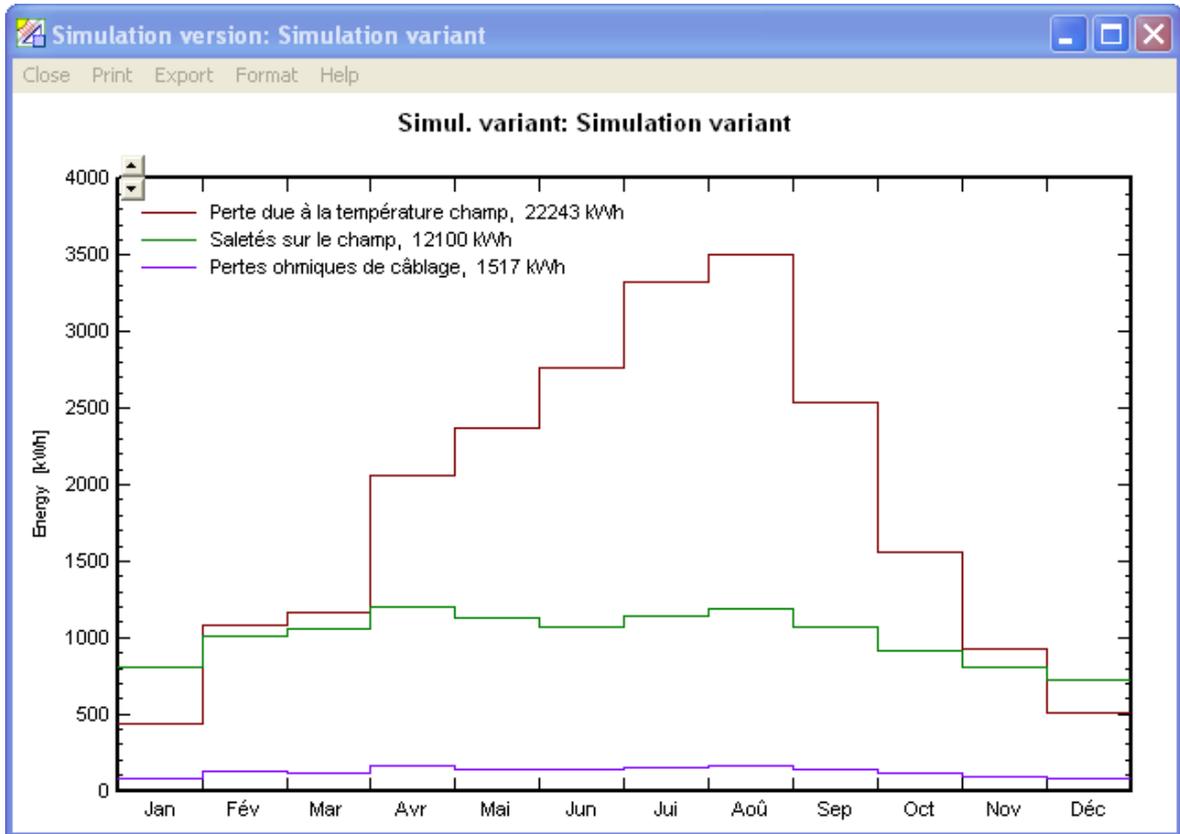


Figure 4.12 : Les pertes annuelles du système photovoltaïque.

D'après la figure (4.12), Nous remarquons que :

- ❖ Les pertes les plus importantes sont celles dues à la température notamment en été où elle atteint des valeurs très élevées, elles dépassent 50°, ces pertes sont dues à l'influence négative de la température sur la caractéristique courant/tension d'un semi-conducteur (Figure 4.13). L'utilisation des systèmes de ventilation peut diminuer cet effet.
- ❖ Les pertes dues aux saletés sur le champ sont moins faibles mais non négligeables, nous pouvons diminuer ces pertes par le nettoyage régulier de champ PV.
- ❖ Les pertes ohmiques des câblages sont les plus faibles, cependant ils sont inévitables.

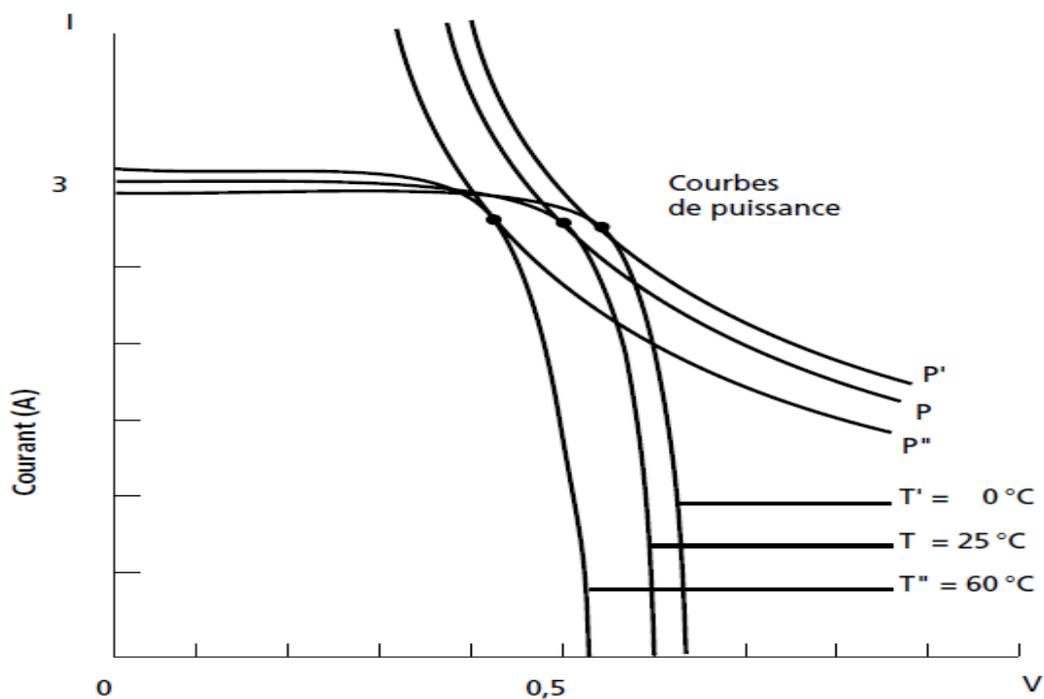


Figure 4.13 : Influence de la température sur la courbe I-V d'un semi-conducteur [4].

Conclusion :

L'utilisation de « PVSYST 4.3 » nous a simplifiée beaucoup le dimensionnement de notre système PV en décrivant tous ses paramètres, et ses caractéristiques, entre autres l'orientation et l'inclinaison des modules PV, la surface de champs PV, la configuration, le câblage des différents composants, les pertes de système, etc.

CHAPITRE V :
ANALYSE ECONOMIQUE

5.1 Introduction

Afin de valoriser les résultats issus de l'étude effectuée pour une telle installation, il est indispensable de connaître certains coûts représentatifs, une analyse économique succincte relative à notre installation est effectuée pour évaluer ces coûts.

5.2 Evaluation des coûts du système photovoltaïque de l'hôtel

Du point de vue d'un investisseur ou d'un financier, le calcul du coût d'un système PV doit inclure tous les coûts qui permettront d'assurer sa viabilité sur une certaine période de temps, ramenés à une valeur actualisée. Le principe de base de cette analyse économique consiste à établir les coûts suivants, en valeur actualisée sur la durée de vie du système [4] :

- Coût d'investissement initial de l'installation ;
- Coûts annuels d'exploitation et de maintenance.

5.2.1 La durée de vie du système

Le choix de la durée de vie est normalement lié à la durée de vie maximale des équipements principaux de système. Afin de comparer plusieurs composants entre elles, une même durée de vie doit être utilisée. Quitte à inclure des remplacements essentiels d'équipement pour certaines options. Dans notre évaluation (Figure 5.2), le choix de la durée de vie économique est lié au fait que la durée de vie estimée des modules photovoltaïques est normalement de 20 ans [4].

5.2.2 Le taux d'intérêt et le taux d'actualisation

Le taux d'intérêt (Rate) est souvent fonction du crédit que l'investisseur peut obtenir. Dans notre évaluation (Figure 5.1), en Algérie le taux d'intérêt pour un tel projet est entre 5 % et 12 %, nous utilisons le taux de 5,25 % pour la CPA (Crédit Populaire d'Algérie). Le taux d'actualisation (tarif evolution) est, par ailleurs, fonction du taux d'inflation et du taux d'investissement disponible durant la période prévue par l'analyse. Pour notre cas (Figure 5.4), nous proposons un taux d'actualisation de 10 %.

5.2.3 Les coûts initiaux

Les coûts initiaux (net investments) comprennent les dépenses effectuées lors de l'installation du système PV (Figure 5.1) ; c'est-à-dire les composants du système PV (modules, onduleurs, câblages, etc.), les coûts et leurs transport et installation, les coûts imprévus. En tenant compte de TVA (Taxe à la Valeur Ajoutée), dans l'Algérie la valeur de TVA est 17 %.

Remarque :

- ❖ Les coûts des différents composants de système PV sont prédéfinis dans la base des données de logiciel « PVSYST 4.3 » en (€), nous faisons que introduire le taux de changement de l'Euro (€) contre le Dinar Algérien (DA) soit $1 \text{ €} \approx 90 \text{ DA}$ [15].

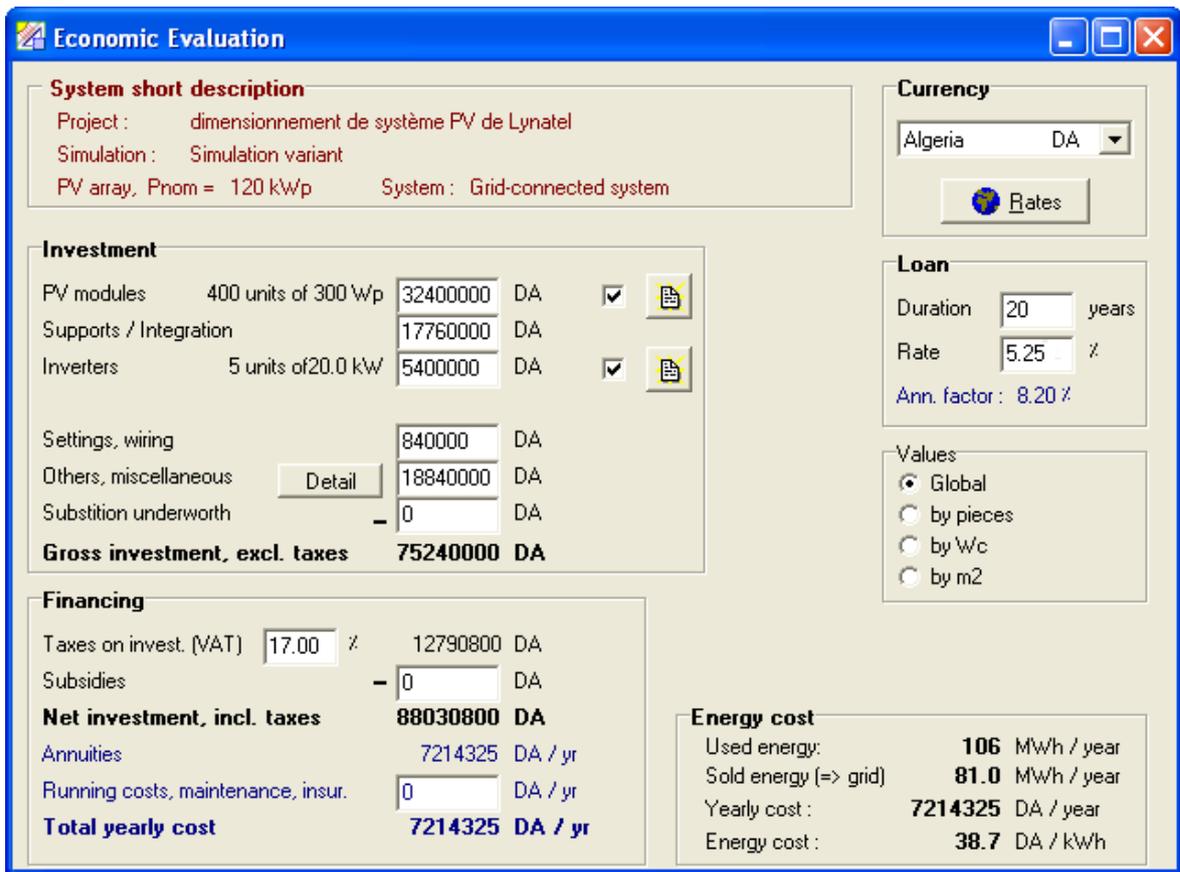


Figure 5.1 : Les différents coûts du système PV.

5.2.4 Les annuités

Lorsque l'investissement initial est remboursé sur la durée de vie du système PV, les annuités (Figure 5.1) sont calculées en fonction du remboursement du capital et de l'intérêt selon la formule suivante [4] :

$$V_{ann} = \frac{V_{init} \cdot int}{(1+int)^n - 1} \quad (5.1)$$

Le coefficient d'annuité (Ann. factor) est donné par :

$$Coef_{ann} = \frac{(1+int)^n \cdot int}{(1+int)^n - 1} \quad (5.2)$$

5.2.5 Les coûts récurrents

Les coûts récurrents peuvent se diviser comme suit :

- Les frais de fonctionnement (running) ;
- Les frais de maintenance.

Remarque :

- ❖ Le coût total annuel (total yearly cost) est égal à la somme de l'annuité et les coûts récurrents (Figure 5.1).

5.2.6 Le coût d'énergie

Le coût d'énergie (energy cost) est le résultat de la division du coût total annuel sur l'énergie annuelle produite (Figure 5.1).

5.3 Le besoin d'énergie de la climatisation de l'hôtel

La figure : (5.2) représente Le besoin annuel d'énergie pour la climatisation de l'hôtel. Les étapes de calcul de ce besoin sont décrites au chapitre précédent.

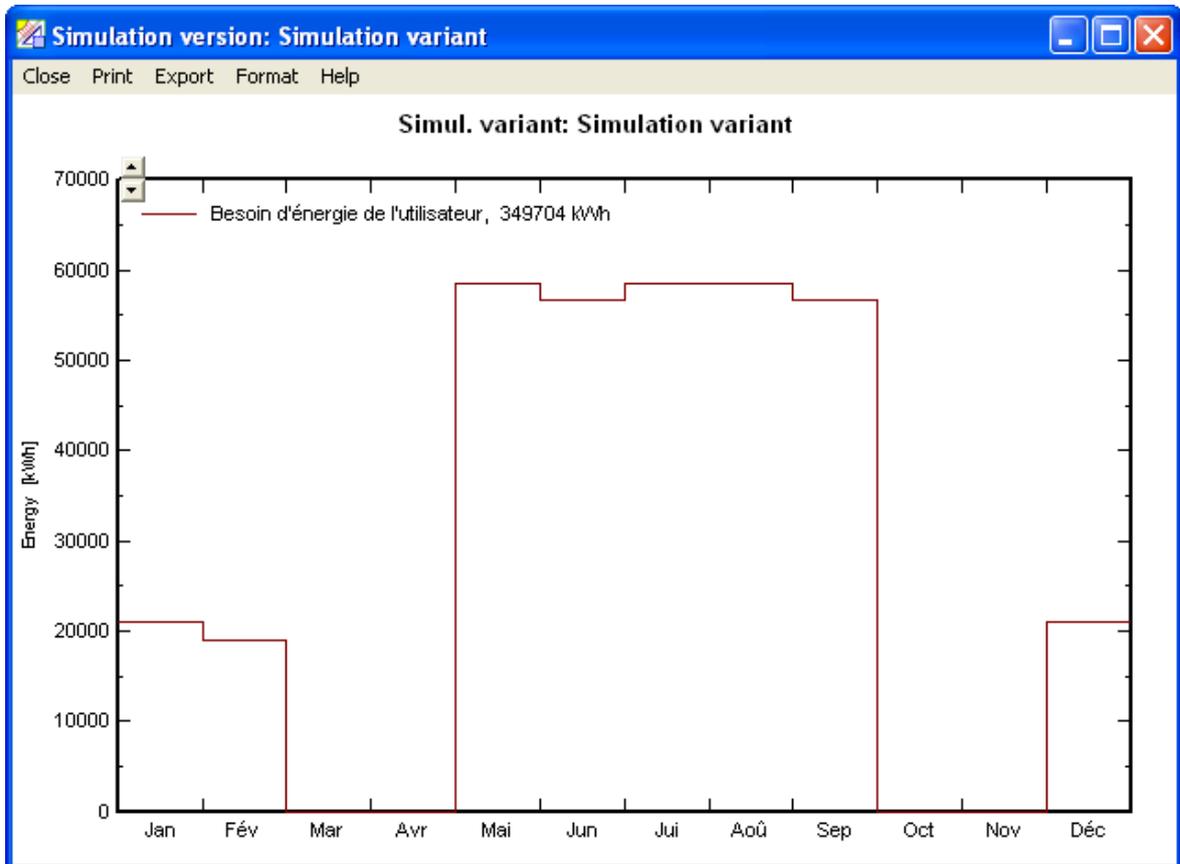


Figure 5.2 : Le besoin annuel d'énergie pour la climatisation de l'hôtel.

5.4 Choix de type de l'installation de climatisation

Nous recommandons l'utilisation de l'installation de climatisation centralisée tout air, puisqu'elle a les avantages suivants [16] :

- Compensation de charge calorifique importante dans le respect de l'architecture du bâtiment ;
- Amélioration du confort du local par une meilleure gestion de la température et de l'hygrométrie, éventuellement par la réduction du niveau sonore dans les locaux à climatiser, et aussi par la qualité de l'air intérieur ;
- Amélioration de l'efficacité énergétique avec en même temps une réduction des coûts d'exploitation pour le futur ; ceci est possible lors de la conception du

bâtiment en prévoyant un investissement pour un système adapté au type d'exploitation du bâtiment ;

- Meilleure gestion de la régulation ;
- Facilité d'installation à la conception, coût de maintenance moins élevé en main-d'œuvre et flexibilité du design.

5.5 Le bilan énergétique de l'installation

Le bilan énergétique de notre installation est représenté dans la figure : (5.3) en montrant les deux types d'énergie produite qui sont : L'énergie fournie à l'utilisateur et L'énergie injectée dans le réseau.

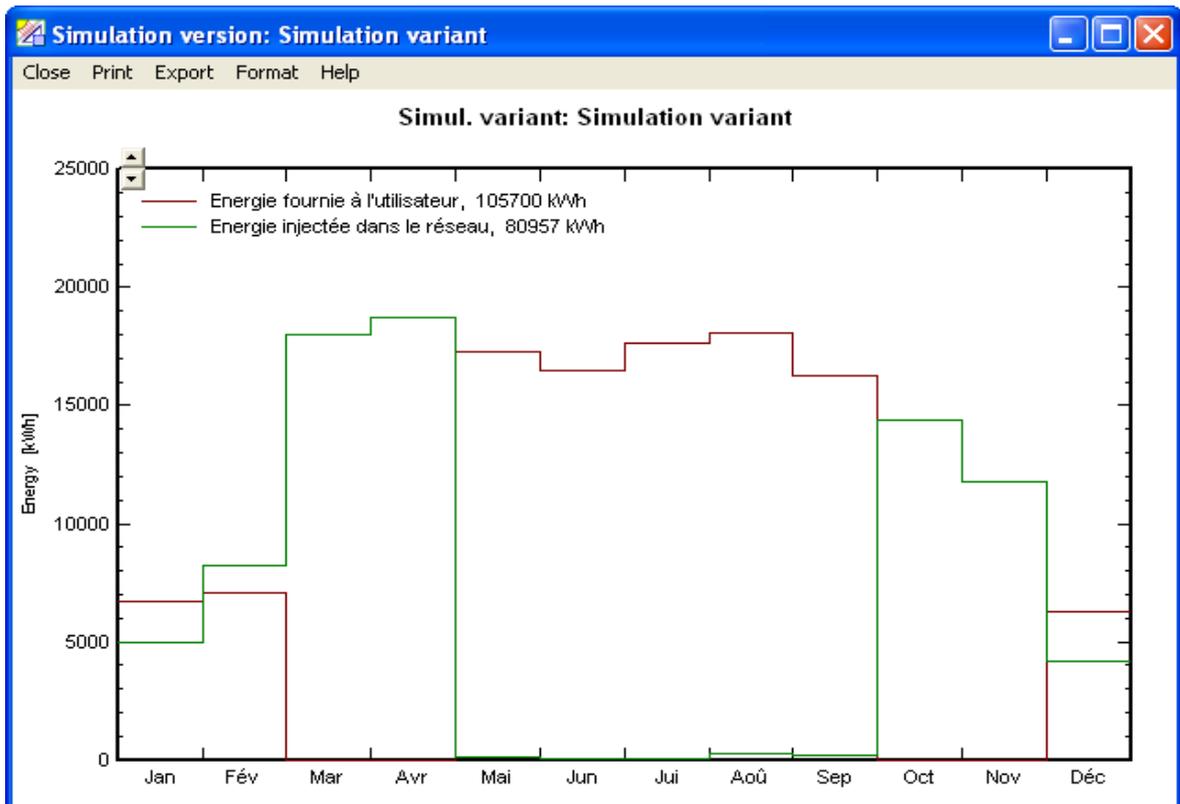


Figure 5.3 : Le bilan énergétique annuel de l'installation.

D'après la figure (5.3), nous remarquons que :

- ❖ L'énergie fournie à l'utilisateur atteint son maximum pendant la période d'été où il y a un grand besoin d'énergie pour la climatisation. Pendant la période du printemps et l'automne, l'énergie fournie à l'utilisateur est faible car le besoin de climatisation est faible.
- ❖ Inversement à l'énergie fournie à l'utilisateur, l'énergie injectée dans le réseau atteint son maximum pendant la période du printemps où l'ensoleillement est bon et l'utilisation est faible. Pendant la période d'été, l'énergie injectée dans le réseau atteint son minimum parce qu'une grande partie d'énergie est consommée par l'utilisateur.

- ❖ Pour les mois de mars et avril l'ensoleillement est bon et la température est moyenne donc La production journalière est maximale.

5.6 Le bilan financier de l'installation.

Le bilan financier annuel de l'installation (Figure 5.4) est évalué en tenant compte des paramètres suivants :

- Tarif d'alimentation (feeding tariff) : 12,54 DA/ kWh soit trois fois la tarification normale [16] ;
- Tarif de consommation (consumption tariff) : 4,18 DA/ kWh (Annexe T), avec le soutien de 50 % de l'état (Annexe T), il devient 2,09 DA/ kWh ;
- Le taux d'actualisation (tariff evolution) : il est supposé de 10 % ;
- La taxe annuelle de raccordement au réseau (annual connexion tax) : En Algérie cette taxe n'est pas utilisée, mais ils existent autres taxes pour chaque facture d'électricité (Annexe T) :
 - Droit fixe : 100 DA (Annexe T), soit 400 DA sur toute l'année ;
 - Taxe d'habitation : 75 DA (Annexe T), soit 300 DA sur toute l'année ;
 - Timbre 37 DA (Annexe T), soit 148 DA pour toute l'année ;
 - TVA (Taxe sur la Valeur Ajoutée) : 7 % (Annexe T), nous calculons le montant de cette taxe :

La consommation annuelle est égale à la différence entre le besoin annuel d'énergie de climatisation de l'hôtel et l'énergie fournie à l'utilisateur, soit :

$$349704 - 107500 = 242204 \text{ kWh}$$

La consommation annuelle est de 154085 kWh;

Le montant de TVA est :

$$(242204 \cdot 2,09) \cdot 0,07 = 35434 \text{ DA}$$

Le montant de TVA est de 35434 DA.

Donc la taxe annuelle de raccordement au réseau de notre hôtel est la somme de toutes ces taxes :

$$(400 + 300 + 148) + 35434,44 = 36282 \text{ DA}$$

Donc la taxe annuelle de raccordement au réseau est de 36282 DA ;

- Le tarif annuel de dépréciation (annual tariff depreciation) : il est supposé de 2 %.
- La réduction annuelle de production (annual production reduction) : elle est supposée de 10 %.
- La durée de garantie de tarif (duration of tariff warranty) : 20 ans [4].
- La baisse de tarif de vente après garantie (selling tariff drop after warranty) : elle est supposée de 50 %.

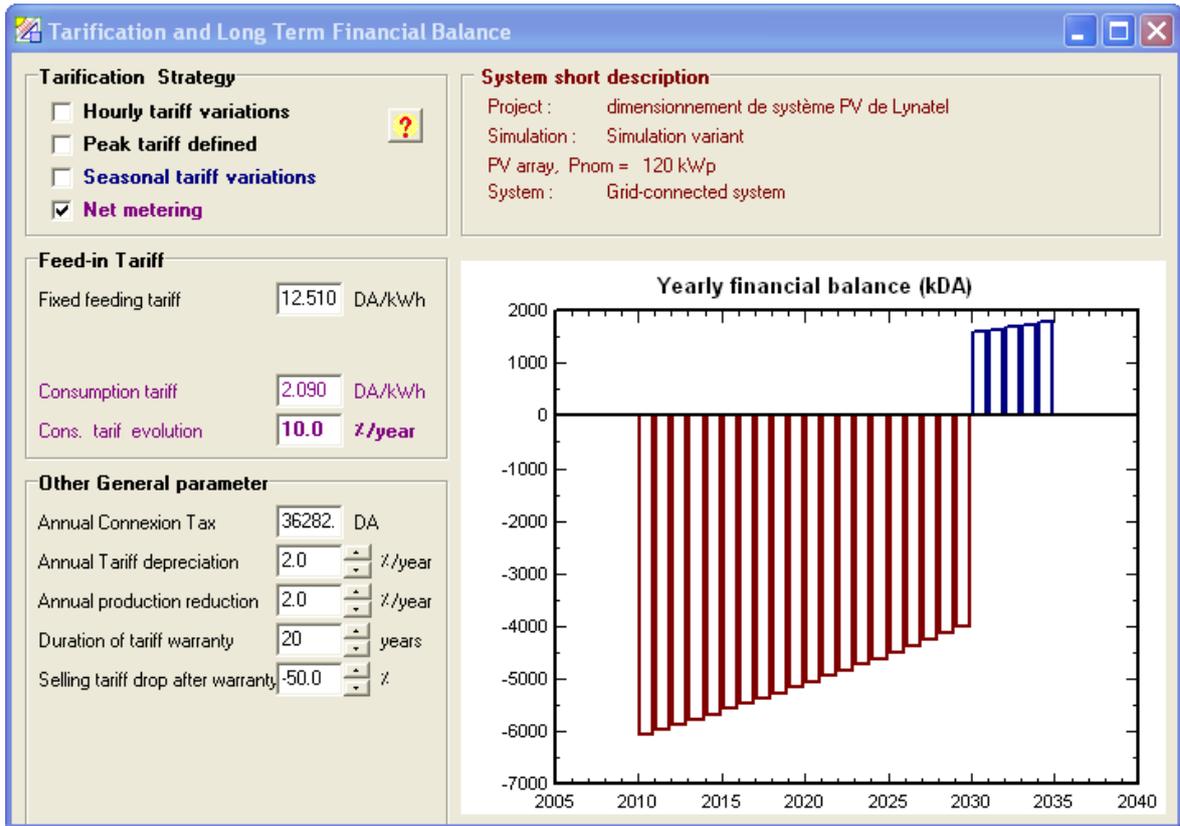


Figure 5.4 : Le bilan financier de l'installation.

D'après la figure (5.4), nous remarquons que :

- ❖ D'une année à une autre la différence entre les dépenses et les recettes est baissée grâce au taux d'actualisation qui est supposé de 10 %.
- ❖ Si nous ne changerons pas les modules PV (module durera 20 à 30 ans) [18], l'installation donnera des bénéfices grâce au réglage du crédit bancaire.

Conclusion

L'Analyse économique de notre installation permet de dégager deux types d'information, soient les coûts initiaux du système et les coûts annuels qu'il engendre. L'investisseur devra engendrer suffisamment de revenus pour payer ces coûts. Les systèmes photovoltaïques raccordés au réseau électrique sont rarement rentables sans les subventions d'état.

CONCLUSION GENERALE

Les grandes installations de climatisation de séjour (hôtel) sont énergivores. Leur dimensionnement est indispensable en effectuant ses bilans thermiques pour adapter la puissance à installer à ses besoins réels pour diminuer ses dépenses.

Dans ce travail, nous avons proposé et dimensionné une solution d'énergie renouvelable qui est le PV raccordé au réseau, et nous avons calculé ses paramètres, caractéristiques et ses coûts, ces derniers sont déterminés en grande partie par le coût de l'investissement qui est élevé comparativement à la puissance installée, et les coûts variables (entretien et réparations de l'installation). Du point de vue économique, nous pouvons dire qu'il est très difficile de concevoir au moyen du système PV raccordé au réseau, une installation de climatisation d'un hôtel de surface 4434 m² situé à Ouargla sans les subventions d'état. Malheureusement la plupart des décisions pour ou contre un type d'investissement sont encore basées à l'origine sur les facteurs économiques, souvent opposés aux avantages à long terme. La première priorité pour nous en Algérie est donc au développement des projets pilotes pour familiariser d'abord les électriciens, architectes, autres acteurs directs et ensuite le public aux concepts du PV.

Des nouvelles approches technologiques seront toujours nécessaires afin de réaliser des cellules à faible coût et à haut rendement de conversion énergétique afin de permettre au PV d'atteindre le seuil de compétitivité des autres sources de production d'électricité.

En terminant ce projet, nous avons appris pas mal d'informations dans les domaines de génie climatique, génie civil, génie électrique, architecture et économie et sans oublier le génie mécanique qui en réalité englobe une partie de ces domaines. Ces informations enrichissent notre formation d'ingénieur en génie mécanique. Nous espérons que notre projet sera complété par autres travaux concernons la partie aéraulique de notre installation qui fera l'objet d'un autre projet.

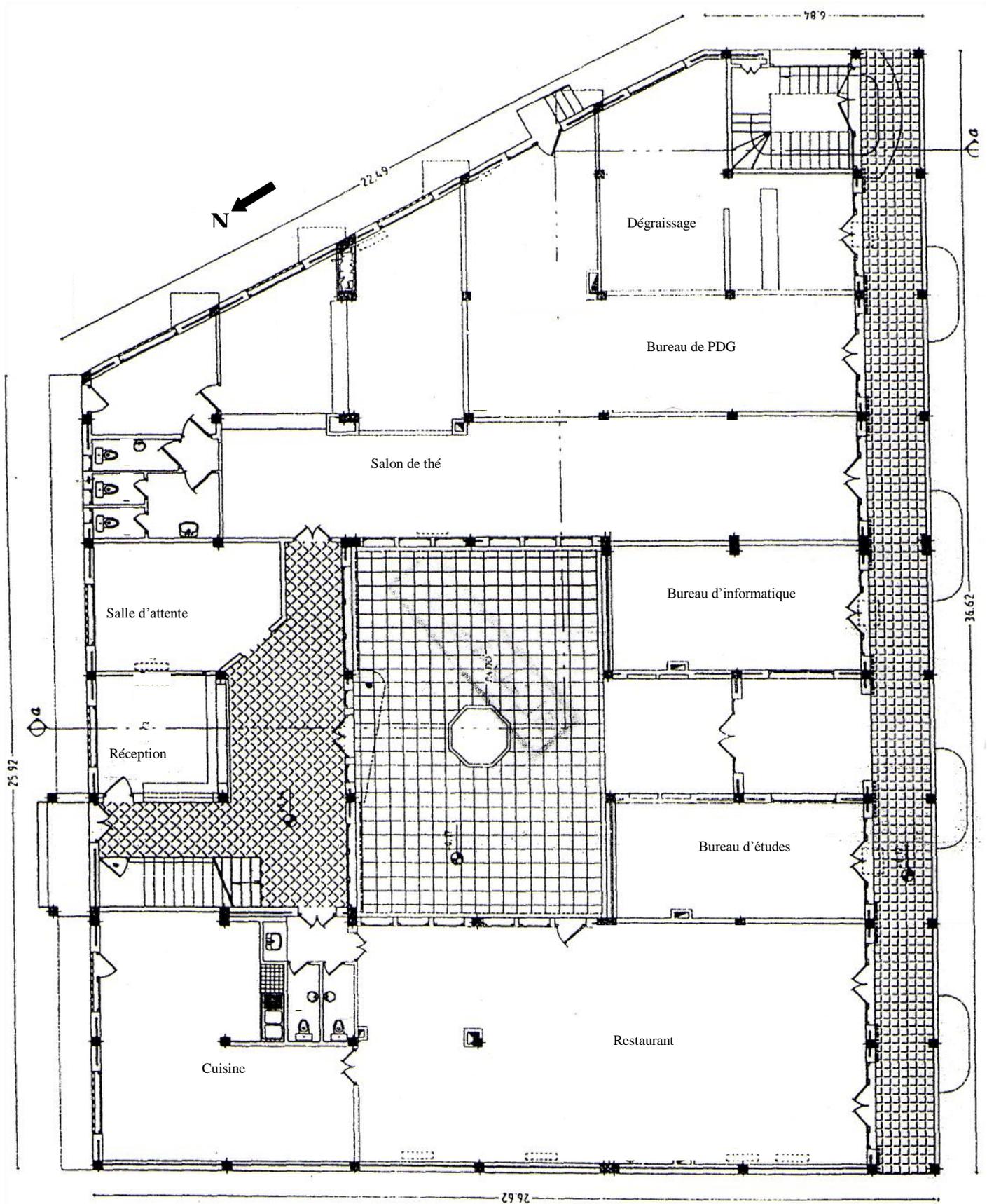
BIBLIOGRAPHIE

- [1] Y.Guenard « La climatisation et les pompes à chaleur », DESFORGES, Paris, 1980.
- [2] H.Rietchel « Traité de chauffage et de climatisation », tome (1,2), DUNOD, Paris, 1974.
- [3] G.Porcher « Cour de climatisation bases de calcul des installations de climatisation », Les Editions parisiennes, 1993.
- [4] E. Schiller « Le pompage photovoltaïque », manuel de cours à l'intention des ingénieurs et des techniciens, universités d'Ottawa, 1998.
- [5] A. Labouret et M.Villoz « Energie solaire photovoltaïque le manuel du professionnel », DUNOD, Paris, 2003.
- [6] R. C. Neville «Solar energy conversion the solar cell», 2^{ième} édition, ELSEVIER, 1995.
- [7] « Dossier photovoltaïque », Reflets de la physique, Décembre 2007.
- [8] R.Bouige et D.couillard « Traité pratique de chauffage », J-B.BAILLIERE, 1976.
- [9] H.Recnagel et E.Sprenger et E.R.Schramek «Le Recknagel : Manuel pratique du génie climatique », 3^{ième} édition, PIC EDITION, Paris, 2001.
- [10] « Données climatologiques », Office national de la métrologie, Station d'Ouargla, Avril 2009.
- [11] L. Chancelier et E. Laurent « L'électricité solaire », LIVRE GRET, Paris, 1996.
- [12] F. B. Cherfa « Performances de la centrale photovoltaïque connectée au réseau basse tension installée au CDER et cadre législatif Algérien », CDER, Alger, Décembre 2007.
- [13] Help de PVSYST 4.3.
- [14] <http://eosweb.larc.gov/sse/> : Base de données météorologiques de la NASA.
- [15] D.F. Warne « Newnes electrical engineer's handbook », NEWNES, Oxford, 2000.
- [16] www.altourisme/uk/convert.html : Site de conversion des devises.
- [17] J.Claessens et Y.Coulibaly Efficacité énergétique de la climatisation des bâtiments en pays tropical », tome 1, IEPPF, Québec, 2002.
- [18] R.A. Messenger et J. Ventre « Photovoltaic Systems Engineering », 2^{ième} édition, CRC PRESS, Florida, 2005.
- [19] Y.Jarnnot « Transferts thermiques», Paris, 2003.

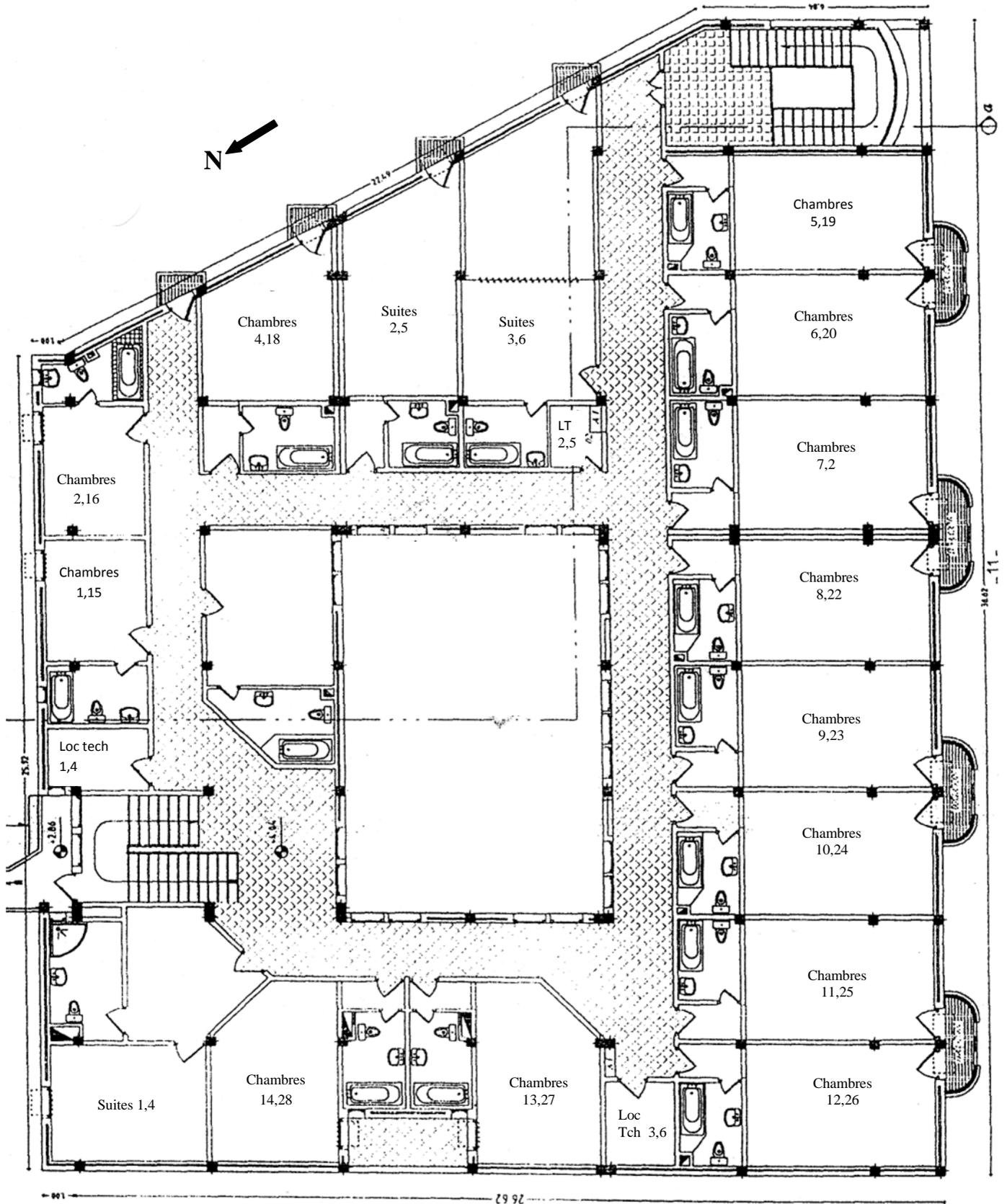
ANNEXES

Annexe A : Vue en plan du Rez-De-Chaussée de bloc A de LYNATEL.....	61
Annexe B : Vue en plan des 1 ^{ère} et 2 ^{ème} étages de bloc A de LYNATEL.....	62
Annexe C : Vue en plan du 3 ^{ème} étage de bloc A de LYNATEL	63
Annexe D : Vue en plan du 1 ^{er} étage de block B de LYNATEL.....	63
Annexe D : Vue en plan du 1 ^{er} étage de block B de LYNATEL.....	64
Annexe E : Résistances thermiques des matériaux de construction [9]	65
Annexe F : Températures intérieures de base [3]	65
Annexe G : Valeurs de l'humidité spécifique en fonction de la température et de l'humidité relative (pression atmosphérique normale 101325 Pa) [3].....	66
Annexe H : Les caractéristiques de l'air à la pression atmosphérique [19]	67
Annexe I : Majoration Z_d en % [2]	67
Annexe J : Majoration Z_h pour l'orientation du local en % [2].....	67
Annexe K : Coefficients A, B, C pour les différentes constructions [9].....	68
Annexe L : Ecart virtuel de température $\Delta T_{virt, m}$ en °C pour une paroi verticale [9].....	68
Annexe M : Ecart virtuel de température $\Delta T_{virt, t}$ en °C pour une paroi horizontale [9].....	68
Annexe N : Coefficient de correction α des parois [9]	69
Annexe O : Coefficients de pondération F_{pv} des apports solaires à travers un vitrage [9].....	69
Annexe P : Apport surfacique solaire E_{sol} en (W/m) pour vitrage simple sans protection [9] ..	70
Annexe Q : Apport des chaleurs sensible Q_{socp} et latente Q_{locp} dues à l'occupant en (W) [9]...	70
Annexe R : Apport des chaleurs sensible Q_{sma} et latente Q_{lma} dues aux machines en (W) [9].	71
Annexe S : Facteur de pondération Ch_f des apports dus à l'éclairage [9].....	72
Annexe T : Facture d'électricité de l'un des compteurs de l'hôtel	72

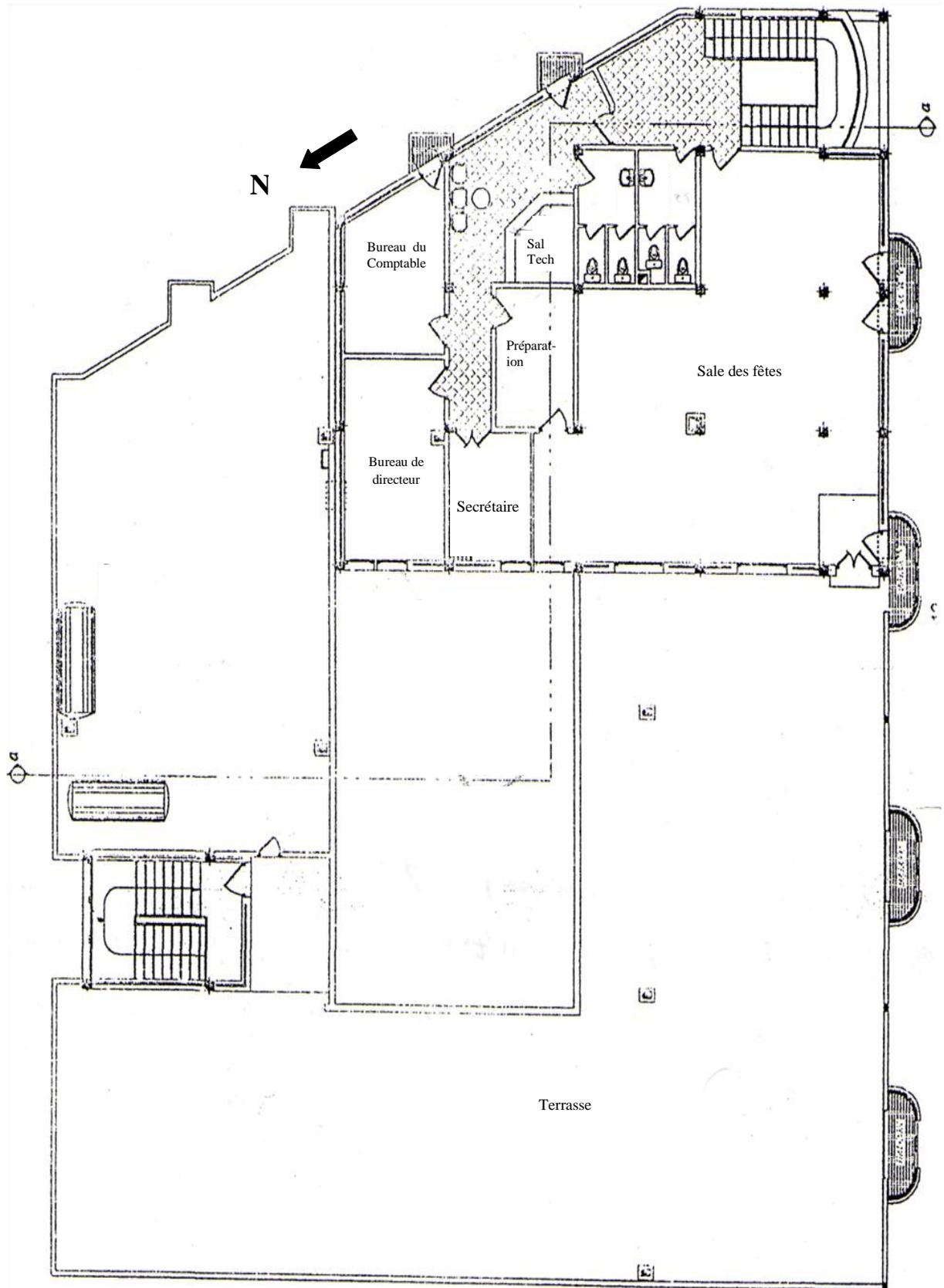
Annexe A : Vue en plan du Rez-De-Chaussée de bloc A de LYNATEL



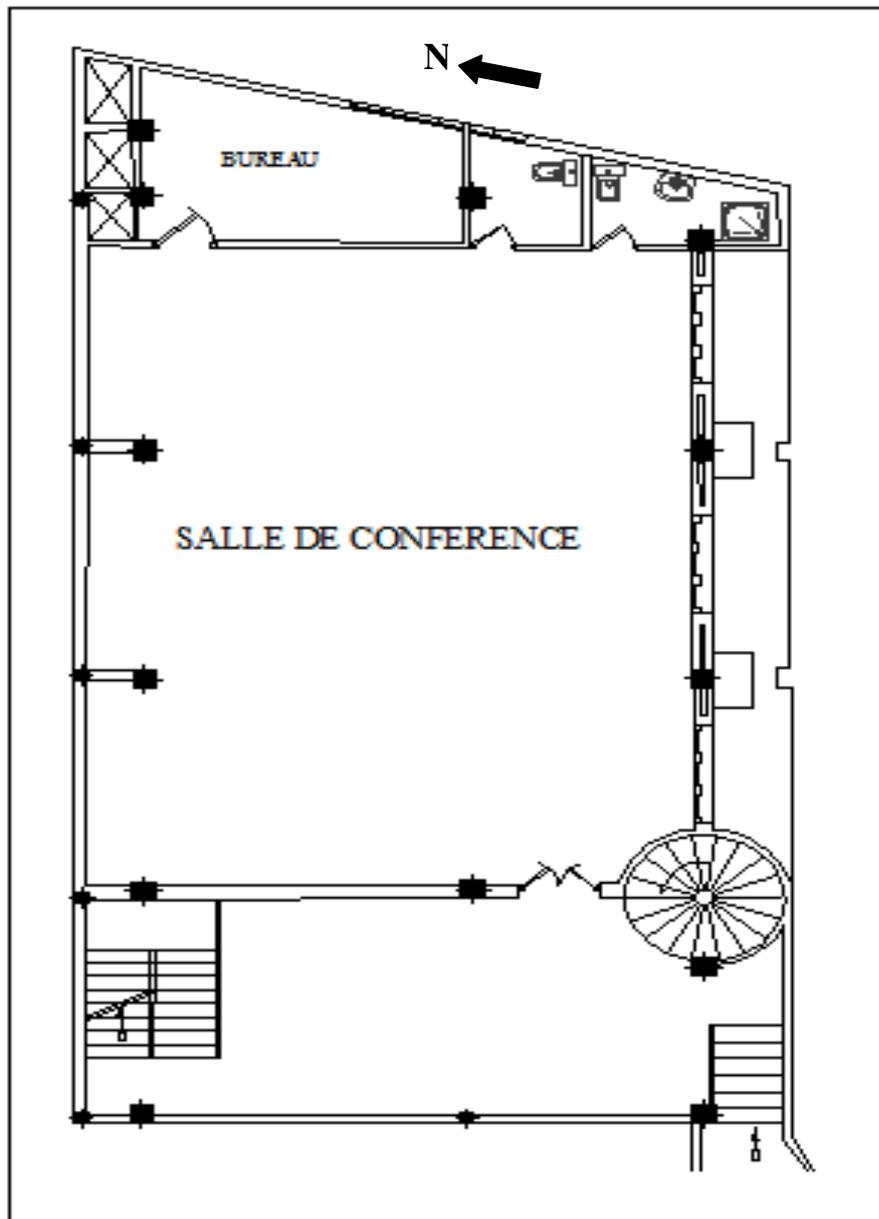
Annexe B : Vue en plan des 1^{ère} et 2^{ème} étages de bloc A de LYNATEL



Annexe C : Vue en plan du 3^{ème} étage de bloc A de LYNATEL



Annexe D : Vue en plan du 1^{er} étage de block B de LYNATEL



Annexe E : Résistances thermiques des matériaux de construction [9]

Matériau de construction	Dimension [m]	R_j [W/m ² .°C]
Mortier en ciment	0,015	0,020
Brique creuse	0,15	0,208
Brique pleine	0,15	0,114
Lame d'air	0,05	0,170
Enduit en plâtre	0,015	0,066
Gravillon	0,1	0,07
Carton bitumé	0,01	0,053
Béton de gravier	0,05	0,027
Hourdis (corps creux)	0,16	0,221
Carrelage	0,02	0,011
Sable	0,1	0,07
Bois	0,03	2,32
Vitrage simple	0,003	3,48
Vitrage épais	0,006	2,32
Vitrage épais double	0,012	1,16
Plaque de plâtre	0,015	0,08
Plaque de plâtre	0,016	0,10
Fibre minérale	0,16	3,35
Polyptère	0,04	0,97

Annexe F : Températures intérieures de base [3]

NATURE DES LOCAUX	TEMPERATURE RESULTANTE RECOMMANDEE [°M]		DEGRE HYGROMETRIQUE [%]
	Hiver (DTU)	Eté	Eté et hiver
HABITATIONS : Salles de séjour Salle à manger, cuisine Salon Chambres Salles de bains, douches Locaux à usage commun, circulations collectives	20 18 18 18 18 18	23 à 25 23 à 25 23 à 25 21 à 23 25 à 27 25 à 27	45 à 60 45 à 60 45 à 60 45 à 60 45 à 60 45 à 60
ECOLES : Classes et locaux analogues Douches Bibliothèque Réfectoires Gymnases, salles de jeux, circulations Piscines	18 21 18 18 15 à 18 23 à 27	23 à 25 25 à 27 23 à 25 23 à 25 23 à 25 25 à 27	45 à 60 45 à 60 45 à 60 45 à 60 45 à 60 45 à 60
BATIMENTS PUBLICS : Eglises, Salles de spectacles, Restau- rants, Locaux recevant du public, etc... : Toilettes, circulations	18 18	24 à 26 25 à 27	45 à 60 45 à 60
BUREAUX : Bureaux, Laboratoires, Studios de radio ou télévision	20	24 à 26	45 à 60

Annexe G : Valeurs de l'humidité spécifique en fonction de la température et de l'humidité relative (pression atmosphérique normale 101325 Pa) [3].

TEMPERATURE [°C]	TENEUR EN HUMIDITE Γ grammes par kilogramme d'air sec [g/kgas]									
	Degré hygrométrique									
	10 [%]	20 [%]	30 [%]	40 [%]	50 [%]	60 [%]	70 [%]	80 [%]	90 [%]	100 [%]
0	0,38	0,75	1,13	1,50	1,88	2,26	2,64	3,01	3,39	3,77
1	0,40	0,81	1,23	1,62	2,02	2,43	2,83	3,24	3,65	4,06
2	0,44	0,87	1,30	1,74	2,17	2,61	3,04	3,48	3,92	4,36
3	0,46	0,93	1,45	1,86	2,33	2,80	3,27	3,74	4,21	4,68
4	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	3,01	3,51	4,02	4,52	5,03
5	0,54	1,07	1,61	2,15	2,69	3,23	3,77	4,31	4,85	5,40
6	0,57	1,15	1,73	2,30	2,88	3,46	4,04	4,62	5,20	5,79
7	0,62	1,23	1,85	2,47	3,09	3,71	4,33	4,96	5,58	6,21
8	0,66	1,32	1,98	2,64	3,31	3,97	4,64	5,31	5,98	6,65
9	0,70	1,41	2,12	2,83	3,54	4,25	4,97	5,68	6,40	7,12
10	0,75	1,51	2,27	3,03	3,79	4,55	5,32	6,08	6,85	7,62
11	0,81	1,62	2,42	3,24	4,05	4,87	5,69	6,51	7,33	8,16
12	0,86	1,72	2,59	3,46	4,33	5,20	6,08	6,96	7,84	8,72
13	0,92	1,84	2,77	3,70	4,63	5,56	6,50	7,44	8,38	9,32
14	0,98	1,97	2,96	3,95	4,94	5,94	6,94	7,94	8,95	9,96
15	1,05	2,10	3,15	4,21	5,27	6,34	7,41	8,48	9,56	10,6
16	1,12	2,24	3,36	4,49	5,63	6,76	7,91	9,05	10,2	11,4
17	1,19	2,39	3,59	4,79	6,00	7,21	8,43	9,66	10,9	12,1
18	1,27	2,54	3,82	5,10	6,40	7,70	8,99	10,3	11,6	12,9
19	1,35	2,71	4,07	5,44	6,82	8,19	9,58	11,0	12,4	13,8
20	1,44	2,88	4,33	5,79	7,26	8,73	10,2	11,7	13,2	14,7
21	1,56	3,07	4,58	6,17	7,72	9,29	10,9	12,4	14,0	15,6
22	1,66	3,26	4,90	6,57	8,22	9,88	11,6	13,2	14,8	16,6
23	1,77	3,47	5,21	6,97	8,74	10,5	12,3	14,1	15,9	17,7
24	1,89	3,68	5,54	7,45	9,20	11,2	13,1	15,0	16,9	18,9
25	2,01	3,91	5,89	8,00	9,87	11,9	13,9	15,9	18,0	20,1
26	2,13	4,15	6,25	8,36	10,5	12,6	14,8	16,9	19,1	21,3
27	2,27	4,41	6,63	8,88	11,1	13,4	15,7	18,0	20,3	22,7
28	2,41	4,67	7,04	9,42	11,8	14,2	16,7	19,1	21,6	24,1
29	2,56	4,96	7,46	9,99	12,5	15,1	17,7	20,3	22,9	25,6
30	2,61	5,25	7,91	10,6	13,3	16,0	18,8	21,5	24,3	27,2
31	2,77	5,56	8,38	11,2	14,1	17,0	19,9	22,9	25,8	28,8
32	2,93	5,89	8,88	11,9	14,9	18,0	21,1	24,3	27,4	30,6
33	3,10	6,24	9,40	12,6	15,8	19,1	22,4	25,7	29,1	
34	3,28	6,60	9,95	13,3	16,8	20,2	23,7	27,3	30,8	
35	3,47	6,98	10,5	14,1	17,7	21,4	25,1	28,9		
36	3,67	7,38	11,1	14,9	18,8	22,7	26,6	30,6		
37	3,88	7,80	11,8	15,8	19,9	24,0	28,2			
38	4,09	8,24	12,4	16,7	21,0	25,4	29,8			
39	4,32	8,70	13,1	17,7	22,2	26,9				
40	4,55	9,19	13,9	18,6	23,5	28,4				
41	4,81	9,70	14,7	19,7	24,8	30,0				
42	5,07	10,2	15,5	20,8	26,2					
43	5,35	10,8	16,3	22,0	27,7					
44	5,64	11,4	17,2	23,2	29,2					
45	5,94	12,0	18,2	24,5	30,9					
46	6,25	12,6	19,1	25,8						
47	6,58	13,3	20,2	27,2						
48	6,93	14,0	21,3	28,7						
49	7,29	14,7	22,4	30,2						
50	7,66	15,5	23,6							

Annexe H : Les caractéristiques de l'air à la pression atmosphérique [19]

θ (°C)	ρ^* (kg/m ³)	c_p (J/kg.°C)	λ (W/m.°C)	$10^5 \cdot \mu$ (Pa.s)	$10^5 \cdot \alpha$ (m ² /s)	Pr
0	1,292	1006	0,0242	1,72	1,86	0,72
20	1,204	1006	0,0257	1,81	2,12	0,71
40	1,127	1007	0,0272	1,90	2,40	0,70
60	1,059	1008	0,0287	1,99	2,69	0,70
80	0,999	1010	0,0302	2,09	3,00	0,70
100	0,946	1012	0,0318	2,18	3,32	0,69
120	0,898	1014	0,0333	2,27	3,66	0,69
140	0,854	1016	0,0345	2,34	3,98	0,69
160	0,815	1019	0,0359	2,42	4,32	0,69
180	0,779	1022	0,0372	2,50	4,67	0,69
200	0,746	1025	0,0386	2,57	5,05	0,68
220	0,700	1028	0,0399	2,64	5,43	0,68
240	0,688	1032	0,0412	2,72	5,80	0,68
260	0,662	1036	0,0425	2,79	6,20	0,68
280	0,638	1040	0,0437	2,86	6,59	0,68
300	0,616	1045	0,0450	2,93	6,99	0,68

$$*v = 1/\rho \text{ [m}^3\text{/kg]}$$

Annexe I : Majoration Z_d en % [2]

Mode d'exploitation	Coefficient D	0.1 à 0,29	0.30 à 0,69	0.70 à 1,49	1,5
I	Interruption réduite	7	7	7	7
II	Interruption de 9 h à 12 h de durée	20	15	15	15
III	Interruption de 12 h à 16 h de durée	30	25	20	15

Annexe J : Majoration Z_h pour l'orientation du local en % [2]

Orientation *	S	SO	O	NO	N	NE	E	E
Majoration Z_h en %	-5	-5	0	5	5	5	0	-5

* Pour l'appréciation de l'orientation d'un local, il faut retenir pour des locaux encastrés sur trois faces la position de la paroi extérieure et pour des locaux d'angle la direction de coin de la maison. Pour des pièces avec trois ou quatre faces extérieures, il faut prendre pour chacune d'elle la majoration la plus élevée. Pour des parties de bâtiment sans influence solaire, Z_h est supprimé [2].

Annexe K : Coefficients A, B, C pour les différentes constructions [9]

Type de construction	A	B	C
Peu perméable	0.15	0.010	0.007
Perméabilité moyenne	0.2	0.015	0.014
Perméable	0.25	0.020	0.022

Annexe L : Ecart virtuel de température $\Delta T_{virt,m}$ en °C pour une paroi verticale [9]

Date et heure	Orientation																
	N	N/NE	NE	E/NE	E	E/SE	SE	S/SE	S	O/SO	O	O/SO	O	O/NO	NO	N/NO	ombre
21 juin à 8 h	-1.1	4.6	10	13.6	14.7	14.2	9.2	3.7	-1.6	-2.3	-2.2	-2.1	-2.1	-2.2	-2.2	-2.3	-2.2
21 juin à 9h	-0.4	3.2	9	13.3	15.6	15.6	12.4	7.6	1.9	-0.6	-0.7	-0.6	-0.6	-0.7	-0.7	-0.6	-0.4
21 juin à 17h	5.1	6.8	7	7.2	7.3	7.4	7.4	7.4	8.1	13.3	18.8	23.6	24.1	22.9	19.2	13.6	6.9
21 juin à 18 h	8.8	5.7	5.8	6	6.1	6.1	6.1	6.1	6.3	9.3	14.8	20.4	21.3	21.2	18.6	14.2	5.6
21 juillet à 13h	8.4	8.7	9.1	9.7	10.1	11.1	14.3	16.8	18.3	18.5	17.4	13.8	11.9	9.6	8.5	8.3	9.3
21 août à 9 h	0.6	2.2	8.1	13.5	17	17.9	16.4	12.3	6.6	1.5	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	1.1
21 août à 16h	8.9	8.9	9.1	9.4	9.6	9.8	10.1	10.9	15.7	21.2	25.1	26.4	25.4	21.8	16.4	10.6	9.4
21 septem à 11h	1.2	1.3	1.8	4.5	10.7	13.8	18.8	19.1	16.7	12	6.1	1.4	1.3	1.3	1.2	1.2	2.3
21 septem à 13h	4.4	4.4	4.7	5.2	5.9	7.7	15.2	19.6	21.7	21.3	10.5	11.4	8.1	4.5	4.4	4.4	5.6
21 septem à 14h	5.1	5.1	5.4	5.7	6.3	8.7	11.1	17	21.3	23.2	22.5	17.3	14.2	8.3	5.2	5.1	6.2
21 septem à 15h	5.4	5.4	5.9	5.9	6.3	6.6	8.1	13.2	19.1	23	24.3	21.5	19	13.3	7.4	5.4	5.3

Annexe M : Ecart virtuel de température $\Delta T_{virt,t}$ en °C pour une paroi horizontale [9]

Date	Terrasse ensoleillées	Terrasse non ensoleillées
21 juin à 8 h	4.5	-2.3
21 juin à 9h	4.1	-2.4
21 juin à 17h	3.6	-3.2
21 juin à 18 h	3.9	-3.1
21 juillet à 13h	4.6	-1.1
21 août à 9 h	4.6	-0.7
21 août à 16h	3.7	-1.5
21 septem à 11h	-0.4	-4.4
21 septem à 13h	-0.8	-4.7
21 septem à 14h	-0.9	-4.8
21 septem à 15h	-0.8	-4.8

Annexe N : Coefficient de correction α des parois [9]

Parois opaque		α
type	Nature	
verticales	Construction avec bon isolation	0.7
	Construction courante	1.0
	Construction ancienne peu isolée	1.3
horizontales	Construction avec bon isolation	0.6
	Construction courante	1.0
	Construction ancienne peu isolée	2.0

Annexe O : Coefficients de pondération F_{pv} des apports solaires à travers un vitrage [9]

Vitrage simple anti solaire bronze 6 mm	0,77
Vitrage simple anti solaire bronze 12 mm	0,69
Glace claire 6 mm	0,99
Glace claire 10 mm	0,96
Athermic 06 mm	0,57
Athermic 10 mm	0,52
vitrage glace claire intérieure 6 mm	0,52
vitrage glace claire extérieure 3 mm	0,87
Store intérieur	0,60
Pavés de verre	0,65
A l'extérieur	
Store, angle d'ouverture à 45°	0,15
Rideau de toile ventilé par le dessus et latéralement	0,30
Rideau de toile affleurant sur le dessus et latéralement	0,40
Entre les vitres	
Store en volume non ventilé	0,50
Store en volume ventilé (fenêtre de reprise)	0,20 à 0,50
A l'intérieur	
Store ventilé, angle d'ouverture à 45°	0,70
Rideau clair en coton ou matière synthétique	0,50
Absorbant	0,70
Réfléchissant métallique	0,35

Annexe P : Apport surfacique solaire E_{sol} en (W/m) pour vitrage simple sans protection [9]

Date et heure	Orientation																
	N	N/NE	NE	E/NE	E	E/SE	SE	S/SE	S	O/SO	SO	O/SO	O	O/NO	NO	N/NO	ombre
21 juin à 8 h	61	173	325	422	455	422	316	163	52	47	52	75	56	54	51	46	47
21 juin à 9h	76	134	278	402	462	457	376	242	108	71	71	75	75	73	70	66	72
21 juin à 17h	116	105	118	131	140	142	141	135	144	235	392	516	526	490	391	246	102
21 juin à 18 h	137	87	96	107	115	117	115	109	114	163	308	452	474	462	390	270	81
21 juillet à 13h	128	143	170	200	226	238	266	308	338	344	323	243	204	146	132	127	150
21 août à 9 h	77	86	199	353	451	476	440	334	183	77	70	71	70	67	63	60	74
21 août à 16h	105	108	121	138	156	164	182	197	266	412	507	533	70	410	271	132	121
21 septem à 11h	65	68	91	146	274	363	504	510	440	315	171	75	505	69	67	65	93
21 septem à 13h	84	85	100	130	171	201	354	474	520	496	419	242	72	91	85	84	14
21 septem à 14h	85	86	98	122	155	176	250	392	500	535	507	371	296	151	89	85	114
21 septem à 15h	81	82	91	111	137	153	203	286	438	527	551	468	404	259	113	82	105

Annexe Q : Apport des chaleurs sensible Q_{socp} et latente Q_{locp} dues à l'occupant en (W) [9]

	Température ambiante							
	21°C		23°C		25°C		27°C	
	<i>q sen</i>	<i>q lat</i>	<i>q sen</i>	<i>q lat</i>	<i>q sen</i>	<i>q lat</i>	<i>q sen</i>	<i>q lat</i>
<i>Assi, au repos</i>	79	31	73	37	67	43	59	51
<i>Debout, au repos</i>	86	39	78	47	70	55	61	64
<i>Activité modérée (ex: bureau, couture)</i>	91	59	82	68	72	78	62	88
<i>Activité moyenne (vendeur debout)</i>	95	80	84	92	73	102	62	110
<i>Activité importante (vendeur debout)</i>	104	96	90	110	75	125	63	137

Annexe R : Apport des chaleurs sensible Q_{sma} et latente Q_{lma} dues aux machines en (W) [9]

Appareil	Puissance raccordée W	Durée d'utilisation min/h	Apports de chaleur	
			Sensible W	Latente W
Cuisinière électrique	3000	60	1450	1550
	5000	60	2500	2500
Aspirateur	200	15	50	—
Machine à laver	3000	60	1450	1550
	6000	60	2900	310
Essoreuse	100	10	15	—
Réfrigérateur				
à compression 1001	100	60	300	—
à compression 2001	175	60	500	—
Fer à repasser	500	60	230	270
Chaîne stéréophonique	40	60	40	40
Téléviseur	175	60	175	0
Machine à café	500	30	180	80
	3000	30	1200	300
Toaster	500	30	200	50
	2000	30	800	200
Plaque de cuisson	500	30	120	130
	1000	30	250	250
Grill à viande	300	30	1200	300
Séchoir à mise en plis	1500	15	300	75
Stérilisateur	1000	30	175	325
Machine à écrire électrique	50	60	50	—
Micro-ordinateur	100 à 150	60	40 à 50	40 à 50
Ecran/terminal	60 à 90	60	20 à 30	20
Imprimante	20 à 30	15	5 à 7	—
Table chauffante	1100		1100	1100
Gril	500		300	300
Friteuse	700		500	500

Annexe S : Facteur de pondération C_{hf} des apports dus à l'éclairage [9]

—	Type de construction	Disposition des luminaires	Temps écoulé depuis la mise en route de l'éclairage			
			Jusqu'à 2 h	2 à 8 h	> 8 h	
Luminaires ne servant pas à la reprise (non ventilés)	Type 1 (peu accumulateur)	Librement suspendus	Jusqu'à 2 h	2 à 8 h	> 8 h	
			0,8	0,9	1,0	
		Incorporés dans le plafond ou placés sous le plafond	0,75	0,9	0,1	
	Type 2 (assez accumulateur)	Librement suspendus	Jusqu'à 2 h	2 à 8 h	8 à 16 h	> 8 h
			0,85	0,9	0,95	1,0
		Incorporés dans le plafond ou placés sous le plafond	0,7	0,8	0,9	1,0
Luminaires ne servant pas à la reprise (ventilés)			Jusqu'à 2 h	2 à 8 h	8 à 16 h	> 16 h
			0,6	0,75	0,9	1,0

Annexe T : Facture d'électricité de l'un des compteurs de l'hôtel

CLIENT

Référence : 309022216580305 N° RC: N° IS:
 Nom et Prénom : LYNATEL Tél.: Fax:
 Adresse lieu de consommation : CITE DES 24 LOGTS/
 Nom & adresse du Destinataire de facture :

Nous vous prions de bien vouloir régler cette facture par l'un des moyens indiqués au verso période: 1er Trimestre 2008

CONSOMMATIONS	TARIF	NUMERO COMPTEUR	RELEVÉ DE COMPTEUR			COEF.	CONSOMMATIONS (KWh/THERMIE)
			Index Nouveau	Index Ancien	Différence		
PMD= 6 Kw	E01	000612	25413 R	23909 R	1504	1.00	1504

R: Releve
 E: Estime
 S: Releve Speciale

DETAIL DE FACTURATION (en hors taxes)	PREMIERE TRANCHE		DEUXIEME TRANCHE		TROISIEME TRANCHE		PRIMES FIXES (DA)
	CONSUMMATION	PRIX UNITAIRE (DA)	CONSUMMATION	PRIX UNITAIRE (DA)	CONSUMMATION	PRIX UNITAIRE (DA)	
ELEC. E01	125.0	1.779	1379.0	4.179			131.10

CALCUL DES TAXES ET RECAPITULATION	MONTANT HORS TVA (DA)	T.V.A		MONTANT TOUTES TAXES (DA)	
		TAUX %	MONTANT (DA)		
ELEC E01	6116.31	07	428.14	6544.45	
DROIT FIXE	100.00				100.00
TAXE HABITATION	75.00				75.00
TIMBRE	37.00				37.00
Soutien Etat	3058.15				3058.15
Contribution aux coûts permanents du système :	11.28 D.A.			11.28	
	3270.16		428.14	3698.30	

Le montant de votre consommation moyenne d'énergie par jour : 41.09 DA / jour

2008 شهر 12

TOTAL FACTURE A REGLER → 3698.30

Avant le: 28.02.08

La présente facture est arrêtée à la somme de : trois mille sixcent quatre vingt dix huit dinars algériens, 30 cts