REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE YAHIA FARES DE MEDEA



Faculté de **T**echnologie

Mémoire de fin d'études de Master

Filière : Génie Mécanique
Spécialité : Génie Climatique

Etude et Dimensionnement d'une Installation de Climatisations pour un Centre fiscal (pôle urbain Médéa).

Présenté par

GUEBOUR HADDA

GUENDOUZ AICHA

Proposé et Dirigé par

Dr. TRIKI Zakaria

C.Promoteur. BENYEKHLEF Ahmed

Promotion 2019/2020

Remerciement

Avant tout, nous remercions ALLAH tout puissant de nous avoir donné le courage, la volonté, la patience et la santé durant toutes ces années d'études et que grâce à lui que ce travail a pu être Réalisé.

Nous exprimons nos sincères remerciements à Mr : TRIKI .Mr : BENYEKHLEF, Pour avoir bien voulu codiriger notre mémoire, pour ses conseils judicieux et pour les passionnantes discussions que nous avons eues ensemble.

Nous tenons aussi à présenter nos remerciements aux membres du jury et qu'ils veuillent bien trouver l'expression de notre gratitude pour lire et juger notre travail.

Merci à tous et à toutes.

Dédicace

Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, l'amour, le respect, la reconnaissance, c'est tout simplement que : Je dédie ce travail :

A Ma tendre Mère ***bouthelja Rabia*** *: Tu représentes pour moi la source de tendresse et l'exemple de dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager. Tu as fait plus qu'une mère puisse faire pour que ses enfants suivent le bon chemin dans leur vie et leurs études.*

A Mon très cher Père ***guebour Ali*** *: Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours pour vous. Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être. Ce travail et le fruit de tes sacrifices que tu as consentis pour mon éducation et ma formation le long de ces années.*

A mes cher frère: ***zohir*** *et* ***Youcef***

A mes cher sœurs : ***Fatima Zohra***, ***Asmaa***, ***Assai*** *et* ***Meriem*** *et tout leur marie :* ***Rachid*** *;* ***Mahfoud*** *;* ***rdoine*** *et* ***Mohamed*** *et tout leur enfant.*

A mes très chère amis : ***Miza*** *;* ***Meriem*** *et* ***Hind***

A mon binôme : ***Aicha guendouz***

A tous les membres de ma promotion.

A tous mes enseignants depuis mes premières années d'études

Hadda guebour



Dédicac

Ici ma carrière se termine par la louange de Dieu d'abord, puis de celui qui m'a appris le don sans tarder, qui porte fièrement son nom à feu mon père ***Mohamed Guendouz*** et à ma chère mère ***Fadhila***.

À mes frères et sœurs qui ont laissé un grand impact sur les difficultés et les obstacles. Et pour ceux avec qui j'aimerais vivre comme amis de ma vie, ***Hind*** et ***Fatima Zahra*** et sans oublier ma bien-aimée, mon binôme ***guebour Hadda***.

En conclusion, j'exprime mes sincères remerciements et ma gratitude à tous ceux qui ont allumé une bougie au cours de ma carrière éducative au respecté Collège des sciences et de la technologie, et j'exprime mes sincères remerciements au professeur ***Triki Zakaria*** et l'assistant ***Bin yakhlef Syed Ahmed*** à condition que Dieu nous récompense de tout le bien, car ils apprécient notre respect et notre appréciation.

GUENDOUZ aicha

ملخص

هذا البحث هو دراسة تكييف بناية إدارية متواجدة على مستوى مدينة المدية والية المدية. تهتم هذه الدراسة من جهة بحساب الحوصلة الحرارية الصيفية والشتوية لكل بناية وبالتفصيل على مستوى كل الطوابق وهذا باستعمال كل النظام المعتمد في الجزائر ومن جهة أخرى باختيار نظام التكييف والمراقبة والتهوية.

الكلمات المفتاحية : حوصلة حرارية، دراسة حرارية، تكييف الضياع، الحراري ال المدخلات الحرارية، التكثيف.

Résumé

Le présent travail est une étude de climatisation d'un immeuble administratif qui se trouve à la ville de Médéa, wilaya de Médéa. Cette étude s'intéresse d'une part au calcul des bilans thermiques hivernal et estival pour chaque étage en utilisant le règlement (D.T.R), D'autre part au choix des systèmes de climatisation de ventilation et de régulation.

Mots-clés : *Bilan thermique, étude thermique, climatisation, déperdition thermique, apport thermique, condensation.*

Abstract

The present work is a study of air conditioning of an administrative building which is located in Médéa, wilaya of Médéa. This study is interested by the calculation of the winter and summer thermal balances for Each floor and using the settlement (D.T.R), the choice of air conditioning systems and regulation.

Keywords: *Heat balance, thermal study, air conditioning, heat loss, heat gain, condensation.*

Sommaire

INTRODUCTION Général 2

Chapitre I

INTRODUCTION 5
SITUATION GEOGRAPHIQUE 5
DESCRIPTION DE L'IMMEUBLE DE BUREAUX 6
ZONE CLIMATIQUE 11
L'ENVIRONNEMENT INTERIEUR 11
Conditions extérieures de base 11
Conditions intérieures de base 11

Chapitre II

II.1.Introduction 13
II.1.1-Calcul thermique de la paroi 13
Calcul de coefficient K 13
Application au projet 13
Résistance minimale Rmin 18
Application au projet 19
Etude de la condensation 19
Condensation superficielle 20
Application au projet 20
Condensation dans la masse 21
Application au projet 21
Détermination des pressions de saturation 22
Détermination des pressions partielles 22
Diagramme de GLASER (mur extérieur) 24
Diagramme de GLASER (toiture) 25

Chapitre III

III.1 Introduction 28
III.2 Méthode de calcul du bilan thermique en période hivernale 28
III.2.1 Présentation de DTR 28
III.2.1.1 Objet de DTR 28
III.2.1.2 Domaine d'application 28
III.2.1.3 Déperditions par transmission 29
Méthode de calcul du bilan thermique en période estival 32
Calcul des apports thermiques 32
Principe et méthode de calcul des apports thermiques 32
Apports calorifiques pour chaque volume thermique 32
Apports à travers les parois opaques 32
Apports à travers les parois opaques 33
Apports à travers les parois vitrées 34
Apports de chaleur 35
Apports de chaleur par introduction d'air extérieur 36
Vérifications réglementaires 37
Calcul des températures des locaux non chauffées 39
Application au projet 46

Application au projet 54
Vérifications réglementaires 56

Chapitre IV

Introduction 58
Système de climatisation 58
Confort thermique 58
Classification des systèmes de climatisation 59
Système proposé 59
Ventilo-convecteurs 60
Principe de fonctionnement 60
Avantage des ventilo-convecteurs 60
Inconvénients des ventilo-convecteurs 61
Différents type de ventilo-convecteur 61
Classifications des ventilo-convecteurs 61
Climatisation par ventilo-convecteur 62
IV.10Choix de l'appareillage 62
Choix du Pompe à chaleur 62
Caractéristique et avantage 63
Fonctionnement très économique 64
Installation facile et rapide 66
Coûts d'installation réduite 66
Responsabilité environnementale 67
Fiabilité supérieure 67
.IV.10.2 Choix des ventilo convecteurs 68

Chapitre V

INTRODUCTION 70
Ventilation naturelle 70
Ventilation mécanique (forcée) 71
Application au projet 73
Ventilation des sanitaires 73
Appareille utilisé pour la ventilation des sanitaires et les cuisines 73
VI.3.1.2 Application au projet 74
V.3.1 Ventilation des sanitaires 75
Ventilation des cuisines 75

Chapitre IV

VI.1. INTRODUCTION 77
VI.2. Boucle de régulation 77
VI.3. Appareils de régulation utilisée dans les installations de climatisation 77
VI.3.1. Organe de détection 77
VI.3.2. Organe de réglage 78
VI.4. Choix du mode de régulation 78
VI.4.1 Régulation Touch 78
VI.4.2 Gestion à distance (standard) 79
VI.4.3 Module de gestion d'énergie (option) 79
VI.5. Régulation des Ventilo Convecteur 80
Conclusion 84

LISTE DES TABLEAUX

N°	Désignation	Page
Tableau I.1	Différents locaux de l'immeuble. (SOUS SOL)	6
Tableau I.2	Différents locaux de l'immeuble. (RDC)	7
Tableau I.3	Différents locaux de l'immeuble (1ere étage).	8
Tableau I.4	Différents locaux de l'immeuble (2eme étage)	9
Tableau I.5	Différents locaux de l'immeuble (2eme étage).	10
Tableau I.6	Conditions extérieures de base	11
Tableau I.7	Conditions intérieures de base	12
Tableau II.1	Résistance des différentes couches de la paroi.	14
Tableau II.2	Résistance des différentes couches de la paroi	15
Tableau II.3	Résistance des différentes couches du plancher entre étage	16
Tableau II.4	Résistance des différentes couches de la toiture	17
Tableau II.5	Valeur de coefficient K pour les fenêtres et les portes	17
Tableau II.6	Vérification de la condition (Rmin<Rparoi)	19
Tableau II .7	Pressions saturation au niveau des interfaces	22
Tableau II.8	Pressions saturation au niveau des interfaces	23
Tableau II.9	Résistance de chaque couche	24
Tableau II.10	Comparaison entre pression de saturation et pression partielle.	25
Tableau II.11	Résistance de chaque couche	27
Tableau II.12	Comparaison entre pression de saturation et pression partielle	28
Tableau III.1	Coefficient a, b, c, d, e .Annexe Tableau A.20.	32
Tableau III.2	Températures des locaux non chauffées en différents étages	39
Tableau III.3	Déperditions thermiques à travers les différentes parois	46

Tableau III.4	**Déperditions thermiques à travers les différentes parois du RCD**	**47**
Tableau III.5	**Déperditions thermiques à travers les différentes parois de l'E01**	**48**
Tableau III.6	**Déperditions thermiques à travers les différentes parois de l'E02**	**49**
Tableau III.7	**Déperditions thermiques à travers les différentes parois de l'E03**	**49**
Tableau III.8	**Déperditions thermiques total**	**50**
Tableau III.9	**coefficients a, b, c, d, e (en W/m^2. °C)**	**50**
Tableaux III.10	**Valeur Δtes(t)**	**51**
Tableaux III.11	**Valeur $C_{\Delta Te}$**	**51**
Tableau III.12	**Gains due à l'éclairage**	**53**
Tableau III.13	**Apports à travers les différentes parois du RDC**	**54**
Tableau III.14	**Apports à travers les différentes parois del'E01**	**54**
Tableau III.15	**Apports à travers les différentes parois de l'E02**	**55**
Tableau III.16	**Apports à travers les différentes parois de l'E03**	**55**
Tableau III.17	**Apports thermiques total**	**56**
Tableaux IV.1	**Type des ventilo – convecteurs des étages**	**68**
Tableau VI.1	**Taux de renouvellement**	**75**
Tableau VI.2	**Débit d'air d'évacuation des sanitaires**	**75**
Tableau VI.3	**Débit d'air d'évacuation des cuisines**	**75**
Tableau VI.4	**Débit d'air d'évacuation des circulations**	**75**

LISTE DES FIGURES

N°	Désignation	Page
Figure I.1	Vue par satellite	5
Figure I.2	Différents locaux de l'immeuble. (SOUS SOL)	6
Figure I.3	Différents locaux de l'immeuble (RDC).	7
Figure I.4	Différents locaux de l'immeuble (1ére étage).	8
Figure I.5	Différents locaux de l'immeuble (2eme étage).	9
Figure I.6	Différents locaux de l'immeuble (2eme étage).	10
FigureII.1	Vue en coupe d'un mur extérieur double cloison.	13
FigureII.2	Vue en coupe d'un mur intérieur	14
FigureII.3	Vue en coupe d'un plancher entre étage	15
FigureII.4	Vue en coupe d'une toiture terrasse	16
Figure II.5	Déférents températures de la condensation superficielle	20
Figure II.6	Diagramme de GLASER pour mur extérieur à ti=21(°C)	26
Figure II.7	Diagramme de GLASER pour toiture à ti=21(°C).	29
Figure IV.1	Pompe à chaleur scroll air/eau	62
Figure IV. 2	Ventilo convecteur Modèle CARRIER 42N	68
Figure V.1	Tourelle	73
Figure V.2	L'emplacement de la tourelle dans les sanitaires	74
Figure V.3	L'emplacement de la tourelle dans les cuisines	74
Figure VI.1	Schéma de TOUCHEPILOT	79
Figure VI.2	Schéma de régulation d'un ventilo convecteur à deux tubes	81

Nomenclateur

Symbole	Signification	Unité
A	Apports calorifiques	W
AE	Apports calorifiques effectifs	W
AI	Apports calorifiques internes	W
APO	Apports calorifiques par une paroi opaque	W
AREN	Apports calorifiques dus au renouvellement d'air	W
AINF	Apports calorifiques dus aux infiltrations d'air extérieur	W
AT	Apports calorifiques totaux	W
AV	Apports calorifiques à travers les parois vitrées	W
AVE	Apports par rayonnement solaire à travers les parois vitrées	W
AVT	Apports par transmission à travers les parois	W
CS	Coefficient de simultanéité	
D	Diamètre	m
FS	Facteur solaire	/
		W/m².°C
K	Coefficient de transmission surfacique	
Φ	Humidité relative	%
L	Latitude	degré
N	Coefficient d'amortissement	
		W/m².°C
R	Résistance thermique d'une couche de matériau	
S	Surface d'une paroi opaque	m²
Tbi	Température intérieure de base	°C
Tbe	Température extérieure de base	°C
SV	Surface vitrée	m2
V	Volume	m3
		W/m.°C
e'	Coefficient relatif à la nature des locaux	
ei	Epaisseur	m
Alt	Altitude	m
		W/m².°C
K	Coefficient de transmission surfacique	
		W/m².°C
Kvn	Coefficient de transmission surfacique du vitrage nu	
		W/m².°C
h e	Coefficient extérieur d'échanges superficiels	
		W/m².°C
h i	Coefficient intérieur d'échanges superficiels	
Tbi	Température intérieure de base	°C
	Température extérieure de base	°C
		m².°C/W
R	Résistance thermique ; cas général	
	coefficient lié à la nature de la construction et fonction de la zone	W/m².°C
A	climatique	
		W/m².°C
Cme	coefficient de majoration	
PVI	Paroi vitrée	/

PV	Paroi vertical	/
PH	Paroi horizontale	/
vap	Vapeur	/
sup	Supérieur	/
sf	Soufflage	/
s	Sensible	/
réf	Référence	/
An	Air neuf	/
L	Latent	/
Inf	air d'infiltration	/
e	Extérieur	/
i	Intérieur	/
B	Base	/
D	Déperditions thermiques totales	W/°C
DT	Déperditions thermiques par transmission	W/°C
Ds	Déperditions surfaciques à travers les parties courantes des parois en contact avec l'extérieur	W/°C
Dli	Déperditions à travers les liaisons	W/°C
Dsol	Déperditions à travers les parois en contact avec le sol	W/°C
Dlnc	Déperditions à travers les parois en contact avec les locaux non chauffés	W/°C
DR	Déperditions thermiques par renouvellement	W/°C
Dréf	Déperditions par transmission de référence	W/°C
DB	Déperditions de base	W
Q	Puissance de chauffage fournie par une	W
N	Taux horaire de renouvellement d'air	h-1
Pp	Perméabilité à l'air d'une paroi	m^3/h
Po	Perméabilité à l'air d'un ouvrant	$m^3/h.m^2$
Pv	Perméabilité à l'air d'un volume	m^3/h
PL	Perméabilité à l'air d'un logement	m^3/h
Ev	Coefficient d'exposition au vent	/
H	Hauteur moyenne des ouvrants au-dessus du sol	M
P	Différence de pression - Calcul du débit	/
Wn	la puissance nominale de l'ampoule ou tub fluorescent	W
Ccr	le pourcentage de chaleur résiduelle	/
C	coefficient lié à la nature de la construction et fonction de zone climatique	
PVI	Paroi vitrée	/
PV	Paroi vertical	/
PH	Paroi horizontale	/
Vap	Vapeur	/
Sup	Supérieur	/
Sf	Soufflage	/
S	Sensible	/

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

La notion de conforts est de nos jours associés à la climatisation, le coût des installations et le coût de leur consommation obligent les climatiseurs à travailler avec méthode et sagesse afin de satisfaire leurs clientèles en concevant et en réalisant des équipements convenables.

La climatisation est le contrôle simultané de la température et l'humidité relative. Le déplacement de la quantité de l'air dans un espace donné.

Le confort et le bien-être sont les résultats des commodités dont on dispose et c'est cela qu'aspire chaque être humain pour mener à bien son existence. Ainsi, le conditionnement d'air en est la clé de fonte pour une bonne ambiance ; et son aptitude à exercer une activité donnée, qu'elle soit physique supérieure en froid industriel et conditionnement d'air ; est d'arriver de faire une étude soit sur une chambre froide ou soit une salle a climatisé et aussi d'arriver de faire le dépannage et le montage.

La climatisation d'une enceinte consiste à modifier et à maintenir constant la température de l'air, son humidité et son mouvement de circulation en fonction (ou en dépit) de variations des conditions de l'air extérieur.

Et aussi le maintien d'un équilibre thermique entre le corps humain et son environnement est une exigence de santé et de confort c'est à dire de bien être, la zone d'équilibre dans lequel ce confort est maintenu est étroite et dépend de nombreux paramètres :

Paramètres personnels :

- Activité.
- Résistance au climat.
- Vêtement.

Paramètres environnementales :

- Température de l'air.
- Hygrométrie.
- Rayonnement.
- Mouvement de l'air.

Le corps produit de la chaleur par la combustion interne des aliments consommés c'est ce qu'on appelle métabolisme de l'homme, une faible part de l'énergie crée sert aux mouvements, le reste est évacuée sous forme de chaleur par convection et rayonnement il est également évacuée par la transpiration et la respiration.

En dehors des besoins de confort propres de l'homme certaines machines ou industries par leurs constitutions et par leurs dégagements de chaleur (calorifique) imposent pratiquement la climatisation.

C'est encore le domaine industriel qui motivera les développements les plus importants, les industries de pointe, comme nous l'avons indiqué seront de plus en plus consommatrices d'air climatisé et propre.

Des secteurs comme les transports représentent des terrains quasiment vierges au développement de la climatisation.

Les principales évolutions technologiques se porteront sur les points suivants :

- l'augmentation du rendement des matériels de production frigorifique
- l'amélioration des échangeurs
- la réduction de la taille, du poids des consommations et du bruit des matériels intégrés.

Il existe plusieurs systèmes de climatisation utilisant différents procédés de traitement de l'air, de ce fait il convient de choisir le système le mieux adapté à l'application donnée, en fonction des besoins et des spécificités de celle-ci.

Le présent mémoire contient outre l'introduction et la conclusion les chapitres suivants :

- ✓ Première chapitre : Présentation du projet.
- ✓ Deuxième chapitre : Etude thermique.
- ✓ Troisième chapitre : Calcul du bilan thermique.
- ✓ Quatrième chapitre : Choix du système de climatisation parmi les installations les plus utilisés (plus disponibles).
- ✓ Cinquième chapitre : la ventilation : ventilation des locaux non conditionnées.

CHAPITRE I : PRESENTATION DU PROJET

INTRODUCTION :

Afin que le dimensionnement de l'installation de la climatisation centrale soit correct et précis, il est important de connaitre tous les données sur situation géographique et la zone climatique de la région où est implanté le projet (Siege de daïra) ainsi que les conditions thermiques de base de l'air qui est en contact avec l'immeuble à conditionner.

SITUATION GEOGRAPHIQUE :

Dans notre étude il est impérativement nécessaire de connaitre les informations concernant la situation géographique tel que :

- ✓ La wilaya, Médéa
- ✓ La commune, Médéa
- ✓ l'altitude du site par rapport au niveau de la mer, 1030.0m
- ✓ La latitude de la région où est implanté le projet, 36.28 Nord
- ✓ La longitude, 2.73 Est

Notre projet est situé dans la wilaya Médéa pole urbaine commune Médéa.

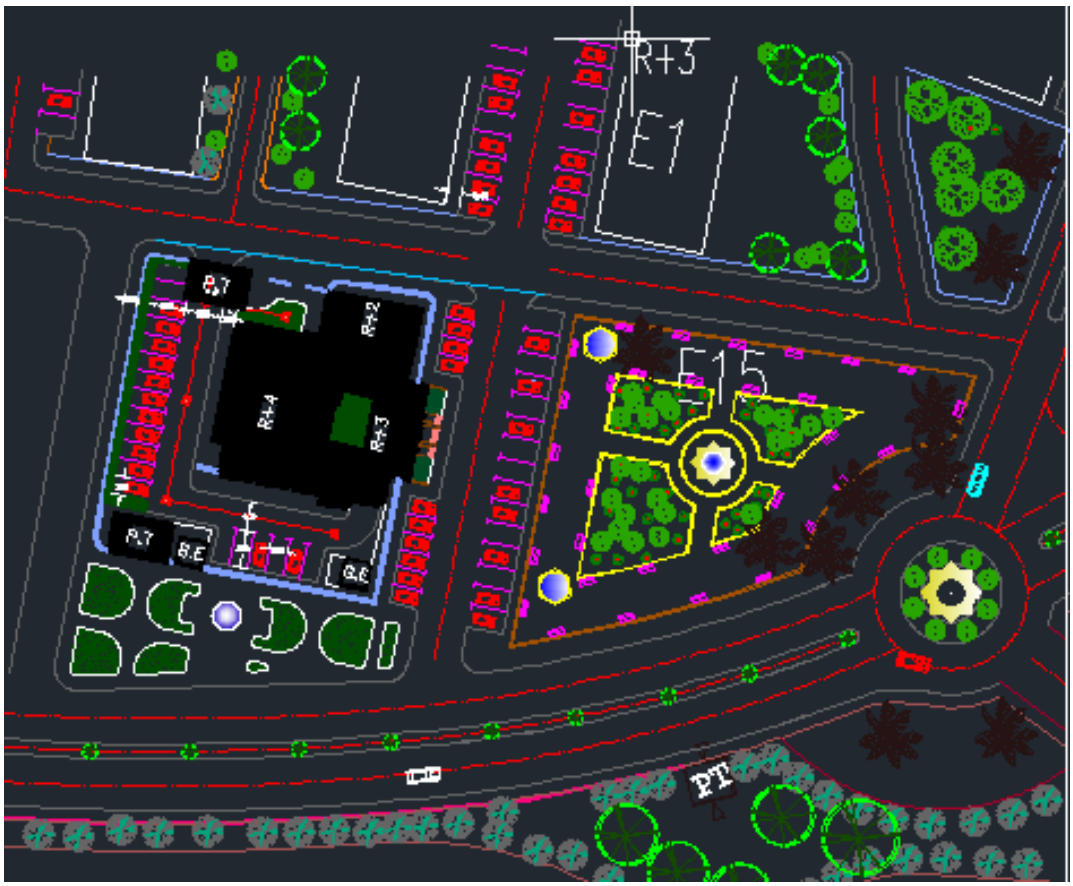


Figure I.1 : Vue par satellite

DESCRIPTION DE L'IMMEUBLE DE BUREAUX :

L'immeuble des bureaux composé d'un réez de chaussez et un étages (SS+RDS+3). Les différents bureaux sont résumés dans les tableaux suivants :

Locaux	Désignation	Hauteurs(m)	Surfaces (m2)
SS 01	Magazine des imprimes	4.08	38.70
SS 02	Archive des dossiers fiscaux	4.08	82.18
SS 03	Local onduleur	4.08	16.60
SS 04	Parking	4.08	192.50
SS 06	Garage des véhicules blindes	4.08	31.81
SS 07	Magazine	4.08	30.41
SS 08	Magazine d'entretien	4.08	12.40
SS 09	TGBT	4.08	6.75

Tableau I.1 : Différents locaux de l'immeuble. (SOUS SOL)

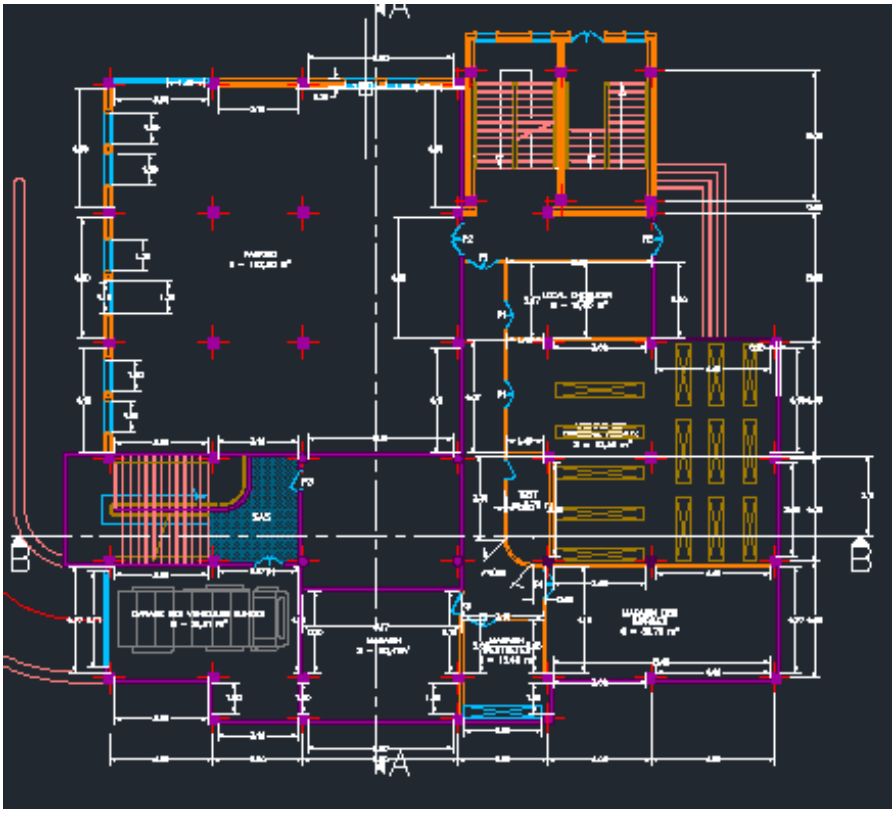


Figure I.2 : Différents locaux de l'immeuble. (SOUS SOL)

Locaux	Désignation	Hauteurs(m)	Surfaces (m2)
R01	Poste de sécurité	4.08	7.63
R02	Bureau d'ordre général	4.08	10.73
R03	Service de la fiscalité des revenus et du patrimoine	4.08	25.97
R04	Service de la fiscalité immobilière	4.08	26.58
R05	Accueil information orientation	4.08	17.08
R06	Service de la fiscalité de l'activité commerciale artisanale et agricole	4.08	25.97
R07	Archives	4.08	13.77
R08	Sanitaire H	4.08	7.7
R09	Sanitaire F	4.08	7.7
R10	Service de comptabilité	4.08	30.76
R11	F.povoire	4.08	15.50
R12	Services de relance et des poursuites	4.08	29.10
R13	Secrétariat	4.08	18.06
R14	Receveur	4.08	24.48
R15	Accueil assis	4.08	19.33
R16	Attente	4.08	7.63
R17	Caisse	4.08	30.76

Tableau I.2 : Différents locaux de l'immeuble. (RDC)

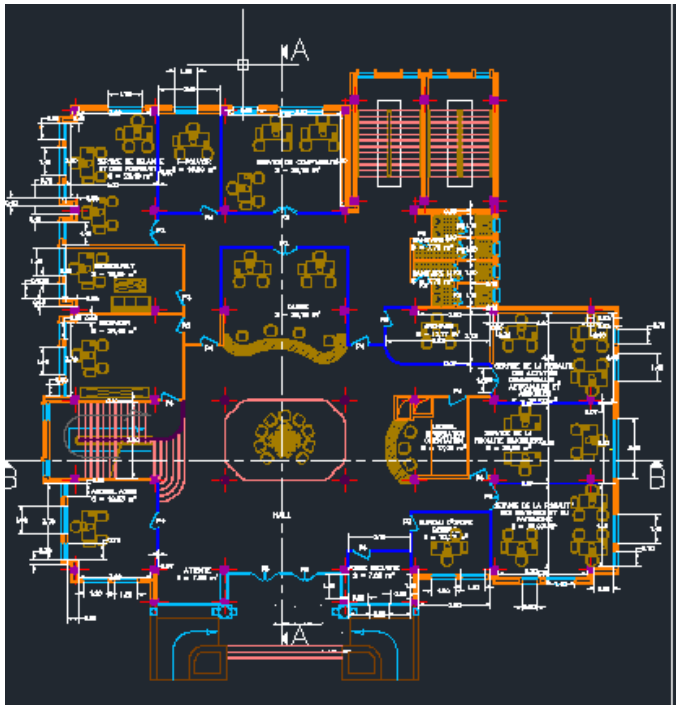


Figure I.3 : Différents locaux de l'immeuble (RDC).

Locaux	Désignation	Hauteurs(m)	Surfaces (m2)
E1 01	Chef de services principale de gestion	4.08	13.94
E1 02	Archives	4.08	10.25
E1 03	Salle de rayonnage des dossiers fiscaux	4.08	107.47
E1 04	Cellule de saisie informatique	4.08	26.37
E1 05	Sanitaire .H	4.08	7.70
E1 06	Sanitaire .F	4.08	7.70
E1 07	Service de contrôle	4.08	41.22
E1 08	Service de recherche et interventions	4.08	41.31
E1 09	Service de fichiers et recoupements	4.08	32.44
E1 10	Chef de service principale de contrôle de la recherche	4.08	13.94
E1 11	Archives	4.08	13.94
E1 12	Box de RDV	4.08	40

Tableau I.3 : Différents locaux de l'immeuble (1ere étage).

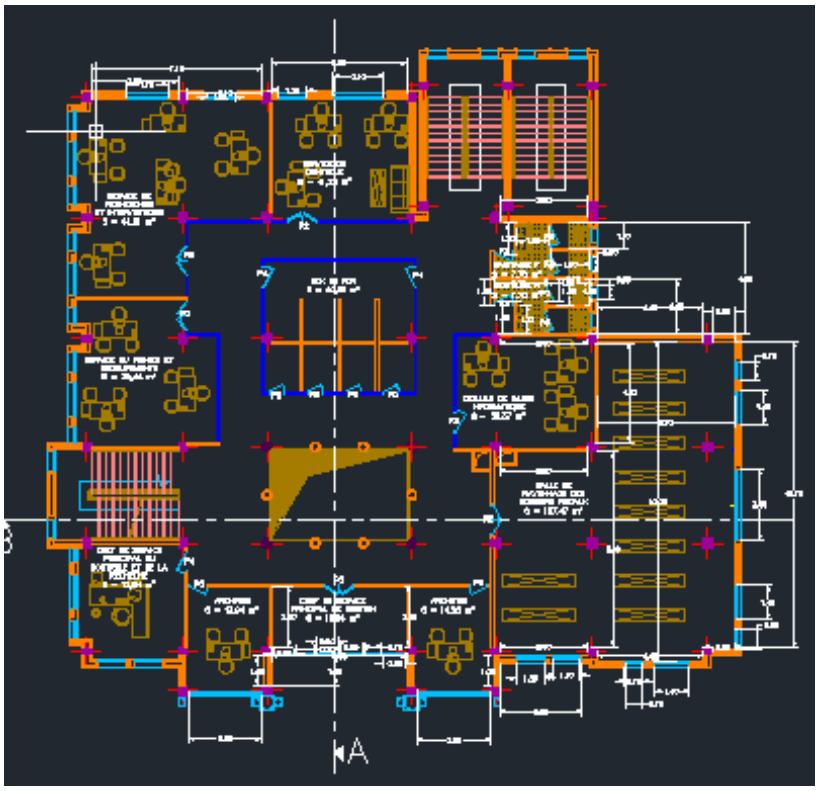


Figure I.4 : Différents locaux de l'immeuble (1ére étage).

locaux	Désignation	Hauteurs(m)	Surfaces (m^2)
E2 01	Service des notifications et de l'ordonnancement	4.08	24.05
E2 02	Service du contentieux judicaire et commissions de recours	4.08	22.08
E2 03	Chef de service principal du contentieux	4.08	16.76
E2 04	Archives	4.08	13.94
E2 05	Service de réclamation	4.08	20.90
E206	Reprographie	4.08	13.94
E2 07	Bureau	4.08	19.33
E2 08	Service des moyens et de l'informatique	4.08	24.90
E2 09	Télésurveillance	4.08	13.03
E2 10	Secrétariat	4.08	10.45
E2 11	Bureau du chef du centre	4.08	31.00
E2 12	Salle de réunion	4.08	42.17
E2 13	Sanitaire F	4.08	7.70
E2 14	Sanitaire H	4.08	7.70
E2 15	Serveur	4.08	17.27
E2 16	Archives	4.08	17.27

Tableau I.4 : Différents locaux de l'immeuble (2eme étage).

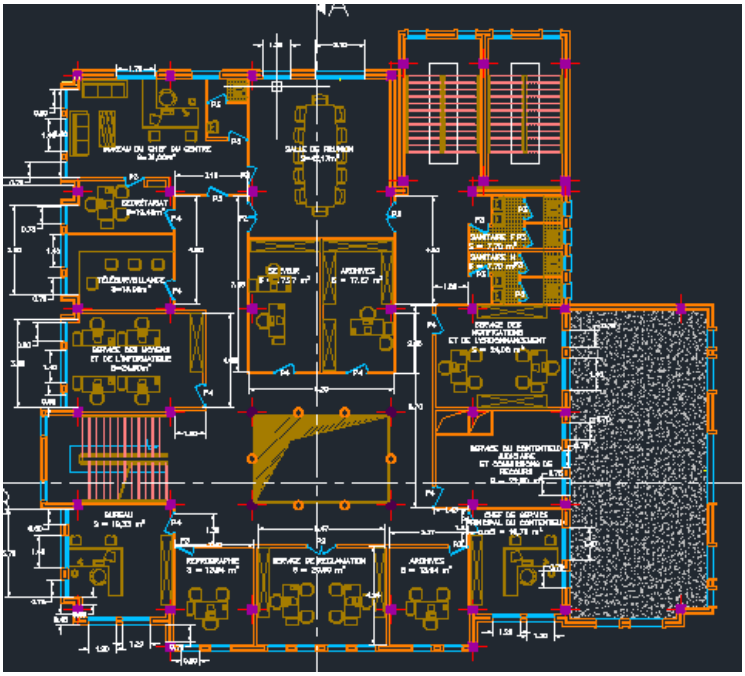


Figure I.5 : Différents locaux de l'immeuble (2eme étage).

locaux	Désignation	Hauteurs(m)	Surfaces (m^2)
E3 01	Cuisine 1	4.08	12.00
E3 02	Loggia 1	4.08	03.08
E3 03	(S.D.B+ W.C) 1	4.08	(03.59+01.26)
E3 04	Chambre 2	4.08	9.00
E3 05	Chambre 3	4.08	14.04
E3 06	Chambre 1	4.08	12.29
E3 07	Séjour 1	4.08	26.20
E3 08	Séjour 2	4.08	26.75
E3 09	(S.D.B+W.C) 2	4.08	(05.00+01.50)
E3 10	Loggia 2	4.08	05.20
E3 11	Cuisine 2	4.08	21.73
E3 12	Chambre 6	4.08	12.31
E3 13	Chambre 5	4.08	15.22
E3 14	Chambre 4	4.08	19.13

Tableau I.5 : Différents locaux de l'immeuble (2eme étage).

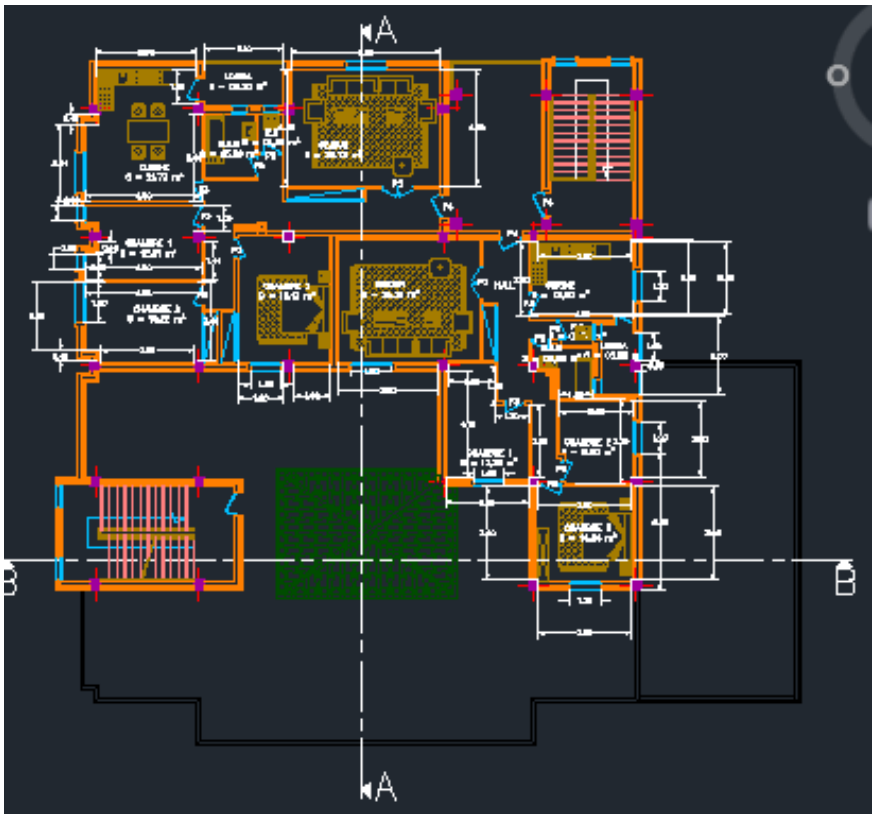


Figure I.6 : Différents locaux de l'immeuble (2eme étage).

ZONE CLIMATIQUE : [1]

Pour déterminé l'appartenance de la zone climatique de notre projet on se réfère selon la classification thermique (hivernale et estivale) des communes d'Algérie donnée dans l'annexe A.34 du tableau de la norme DTR.

Selon le tableau de l'annexe notre projet est situé dans la zone climatique B qui comprend le rivage de la mer et parfois le versant nord des chaines côtières.

L'ENVIRONNEMENT INTERIEUR :

C'est l'ensemble des facteurs climatiques, chimiques et biologiques susceptibles d'avoir une influence direct ou indirects, immédiat ou à terme sur le milieu dans lequel nous vivons.

L'étude de l'environnement extérieur permet de fixer les conditions de base extérieure, qui seront l'un des points de départ pour déterminer la puissance des installations de climatisations.

I.5.1 Conditions extérieures de base : Dans notre étude on va s'intéressé aux caractéristiques du climat d'Alger centre (Algérie).

				Période hivernal		Période estival	
Zone	Altitude (m)	Latitude	Longitude	T° de Base (°C)	Humidité relative %	T° de Base °C	Humidité relative %
B	1030	36.28 Nord	2.73 Est	8	80	40	40

Tableau I.6 : Conditions extérieures de base

Désignation	Période hivernal		Période estival	
	Ti (°C)	φ (%)	Ti (°C)	φ (%)
Salles	21	50	24	45
Bureaux	21	50	24	45
Espaces de circulation	21	50	24	45
Kitchenette	21	50	24	45
Séjour	21	50	24	45

Tableau I.7 : Conditions extérieures de base

CHAPITRE II : ÉTUDE THERMIQUE

II.1.Introduction :

Une étude thermique permet de définir une installation de chauffage ou de climatisation ou de réaliser un bilan thermique en étudiant les caractéristiques thermique du bâtiment, ce qui nous permettre de connaitre les facteurs qui auront une influence sur le calcul, et connaitre les données sur les parois et leurs structures : murs, planchers, toitures, les fenêtres et les portes …ets.

II.1.1-Calcul thermique de la paroi :

La chaleur est une forme d'énergie, son flux est toujours dirigé des températures les plus élevées vers les températures les plus basses.

Des éléments tels que planchers, parois, dalles, toitures, fenêtres et portes opposent une certaine résistance aux échanges thermiques. Le flux de chaleur qui traverse un élément est défini par le coefficient de transmission thermique K.

Calcul de coefficient K :

Pour des parois à plusieurs couches le coefficient K se calcul par la formule suivante :

$K=1/R_{tot}$ tel que : $R_{tot} = R_i+\sum R_I+ R_e$

Donc : $K= 1/R_i+\sum (R_i+R_e)$ avec : $Ri =1/h_i$et $Re=1/h_e$

Application au projet :

Mur extérieur :

Le mur extérieur est fini, il est constitué de 6 couches

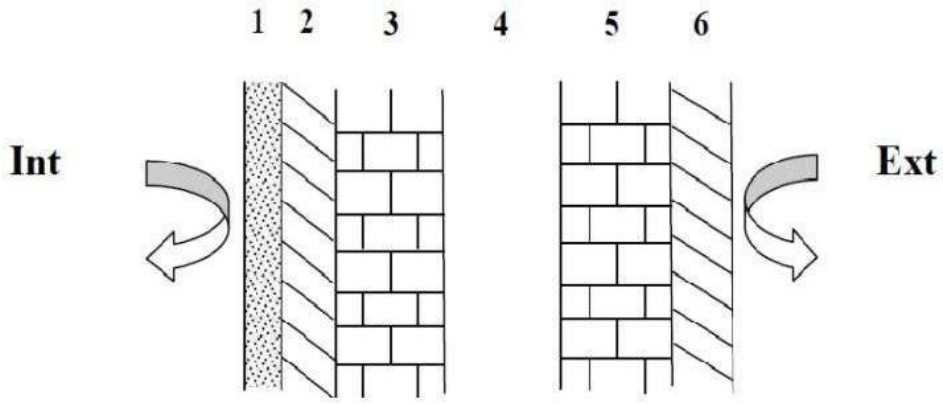


Figure II.1 : Vue en coupe d'un mur extérieur double cloison.

Référence	Mur interne	e_i (m)	λ_i(w/m.k)	R_i (m^2.k/w)
1	Enduit plâtre	0.005	0.35	0.014
2	Enduit ciment	0.015	1.4	0.01
3	Brique creuse	0.1	0.48	0.2
4	Lame d'air	0.1	0.625	0.16
5	Brique creuse	0.1	0.48	0.2
6	Enduit ciment	0.0015	1.4	0.01
				$\sum R_{i=}0.594 m^2$ k/w

Tableau II.2 : Résistance des différentes couches de la paroi.

/-Hiver :

$1/h_{i=}0.11$ m^2.k/w. $1/h_e=0.06 m^2$.k/w

A.N : K=1/(0.11+0.594+0.06)

K_{hiver} =1.3w/m^2.k

/-Eté :

$1/h_i$=0.10 m^2.K/w $1/h_e=0.04 m^2$.K/w

A.N : K=1/(0.10+0.549+0.04)

K_{ete}=1.45w/m^2.k

a. Mur intérieur (entre locaux) : Le mur intérieur est compose de 5 couches :

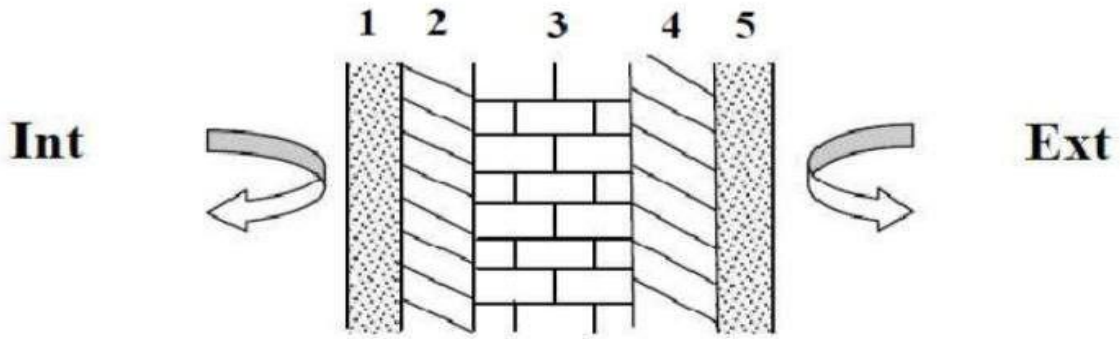


Figure II.2 : Vue en coupe d'un mur intérieur

Référence	Mur interne	e_i (m)	λ_i(w/m.k)	R(m^2.k/w)
1	Enduit plâtre	0.005	0.35	0.014
2	Enduit ciment	0.015	1.4	0.01
3	Brique creuse	0.1	0.48	0.2
4	Enduit ciment	0.015	1.4	0.01
5	Enduit plâtre	0.005	0.35	0.014
				$\sum R_i$ = 0.248 m^2.k/w

Tableau II.2 : Résistance des différentes couches de la paroi

/-Hiver :

$1/h_i$ = 0.11 m^2.k/w $1/h_e$= 0.11 m^2.k/w

A.N : K= 1/(0.11+0.248+0.11)

K_{hiver} = 2.13 w/m^2.k

/-Eté :

$1/h_i$= 0.10 m^2.k/w $1/h_e$= 0.11 m^2.k/w

A.N : K= 1/(0.10+0.248+0.11)

Kété = 2.18w/m^2.

b. Plancher entre étage :

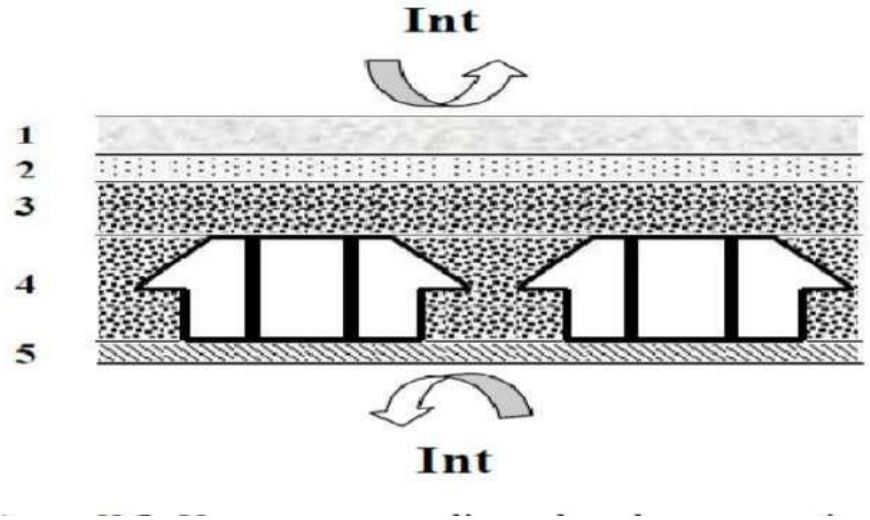


Figure II.3 : Vue en coupe d'un plancher entre étage

Référence	Plancher entre étage	e_i(m)	λ_i (w/m.k)	R_i (m^2.k/w)
1	Carrelage	0.025	0.55	0.045
2	Ciment	0.025	1.4	0.018
3	Béton armé	0.1	0.75	0.057
4	Hourdis	0.1	1.98	0.102
5	Enduit plâtre	0.005	0.35	0.014
				$\sum R_i$=0.236m^2.k/w

Tableau II.3 : Résistance des différentes couches du plancher entre étage

Hiver :

$1/h_i$=0.17m^2.k /w $1/h_e$= 0.17 m^2.k/w

A.N: K= 1/ (0.17+0.236+0.17)

K_{hiver}= 1.73 w/m^2.k

Eté :

$1/h_i$= 0.08 m^2.k/w $1/h_e$= 0.04 m^2.k/w

A.N : K= 1/(0.08+0.236+0.04)

Kété= 2.8 w/m^2.k

d. Toiture et térrasse :

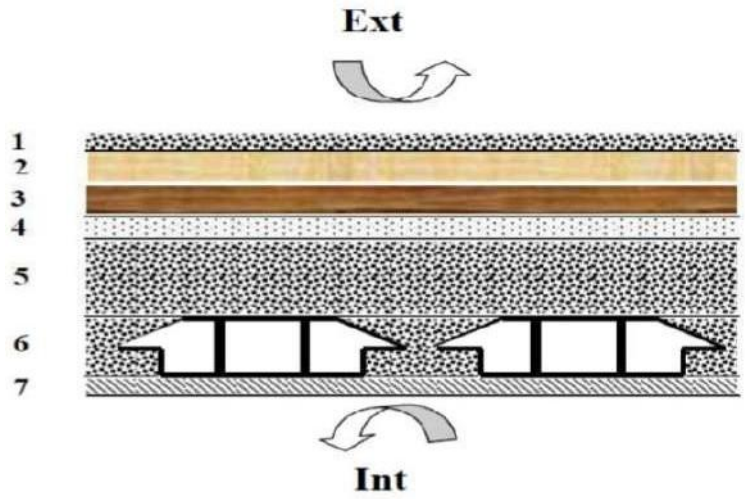


Figure II.4 : Vue en coupe d'une toiture terrasse

Référence	Toiture	e_i(m)	λ_i (w/m.k	R_i (m^2.k/w)
1	Gravillon	0.02	0.95	0.021
2	Carte bitumée	0.03	0.2	0.15
3	Liège	0.02	0.06	0.33
4	ciment	0.01	1.63	0.006
5	Béton	0.2	1.75	0.44
6	Hourdis	0.1	1.98	0.102
7	Enduit plâtre	0.02	0.35	0.057
				$\sum R_i$=1.106m^2.k/w

Tableau II.4 : Résistance des différentes couches de la toiture

Hiver :

$1/h_i$=0.17m^2.k /w $1/h_e$= 0.05m^2.k/w

A.N : K= 1/(0.17+0.106+0.05)

K_{hiver}= 0.75 w/m^2.k

Eté :

$1/h_i$= 0.16m^2.k/w $1/h_e$= 0.04 m^2.k/w

A.N : K= 1/(0.16+0.236+0.04)

$K_{été}$= 0.76 w/m^2.k

e.Portes et fenêtres :

Désignation		K (w/m^2.k)
Porte	En bois	3.50
	En métal	5.80
	30% vitrage	4.00
	30-60% vitrage	4.70
	En métal ou verre	5.80
	En verre glissante	4.50
Fenêtre	En verre	5.00

Tableau II.5 : Valeur de coefficient K pour les fenêtres et les portes

e.1Portes :

La surface : s=2.4*1=2.4m^2

Métal : K = 5,8 w /m^{2}k DTR C 3 2 tableau 3.3

Bois : opaque : K= 3,5 w /m^{2}k . 30% vitrage : K= 4 w /m^{2}k

30-60% vitrage : K= 4,5 /

e.2Fenêtre :

La surface : s=2*0.9=1.8m^2

Métal : K = 5,8 w /m^{2}k

Bois : K= 5 w /m^{2}k DTR C 3 2 tableau 3.2

K=4.7 w /m^{2}k : Portes avec une proportion de vitrage comprise entre 30% et 60%

Annexe Tableau II.5

Résistance minimale Rmin :

La résistance thermique d'une paroi exposée à l'extérieur doit être supérieure à une certaine valeur appelé résistance minimale R_{min} , qui assure une bonne isolation thermique de la paroi en limitant les échanges de la chaleur entre l'intérieur et l'extérieur et un confort aux occupants en limitant l'échange par rayonnement entre les occupants et les surfaces intérieurs des parois exposées à l'extérieur , elle est calculée par la formule suivante :

$$R_{min} = \frac{n(Ti-Te)}{hi*\Delta\theta max}$$

Avec :

- T_i : la température de l'air intérieur (°C).
- T_e : la température extérieur (°C).
- h_i : coefficient superficiel de la chaleur (m°C/W).
- n : Coefficient donné en fonction du positon de l'élément de construction. n=1 pour mur extérieur
  - ✓ n=0.9 pour terrasse et plancher sur sol.
  - ✓ n=0.75 pour plancher sur vide sanitaire ventilé.
  - ✓ n=0.6 pour plancher sur vide sanitaire non ventilé.
- $\Delta\theta_{max}$: La différence de température maximale entre l'air intérieur et la surface des parois (°C).
  - ✓ $\Delta\theta_{max}$=5°C pour les murs extérieur.
  - ✓ $\Delta\theta_{max}$=4.5°C pour les terrasses.

On doit vérifier : $R_{paroi} > R_{min}$ et $R_{paroi} = 1/k(m°C/W)$.

Application au projet :

- Mur extérieur :

Ti=21°C. Te=1°C n=1 et $\Delta\Theta_{max}$=5 °C

$1/h_i$=0,11 h_i=1/0.11 h_i= 9,09

Rmin =1(21-8)/9.09*5⇒ Rmin =0.440 (m^2. °C/W)

Rparoi =$\frac{1}{K}$ et K=1,3 ⇒Rparoi= $\frac{1}{1.3}$ Rparoi=0,769(m^2. °C/W)

On remarque que Rmin < Rparoi donc la structure est bonne.

Le tableau suivant montre la vérification de la condition (Rmin < Rparoi) pour chaque type de paroi extérieure de la construction.

Parois	Te (°C)	K(w/m^2k)	$\Delta\Theta_{max}$(C°)	n	P_{paroi}(m^2.C°/w)	R(m^2.C°/W)	$R_{min} > R_{paroi}$
Mur extérieur	1	1.3	5	1	0.769	0.440	Vérifier
Toiture	1	0.75	4.5	0.9	1.333	0.488	Vérifier

Tableau II.6 : Vérification de la condition (Rmin < Rparoi)

On a trouvé que la résistance minimale des parois de projet est vérifiée donc la construction est bonne.

Etude de la condensation :

La condensation est la transformation sous forme d'eau liquide de la vapeur d'eau contenue dans l'air ambiant et son apparition à la surface ou à l'intérieur d'une paroi déconstruction.

L'humidité qui apparaît parfois dans la surface à l'intérieure même de la paroi de la construction est souvent l'origine de désordre grave, il peut s'agir de condensation

Superficielle qui provoque par exemple : le décollement du papier peint, la détérioration du peinture, la formation des moisissures, il peut s'agir également de condensation dans la masse même des matériaux qui leur fait perdre leur caractéristiques d'isolation thermique.

L'étude de ces phénomènes est complexe. Nous nous limiterons ici à une analyse qualitative et en nous intéressant uniquement au régime permanent, c'est-à-dire que nous

supposons que les états des ambiances (température et degré hygrométrique de l'air) intérieurs et extérieurs ne varient pas.

Condensation superficielle :

En hiver les faces intérieurs des parois donnant sur l'extérieur sont à une température θi inferieur à la température Ti de l'ambiance intérieure :

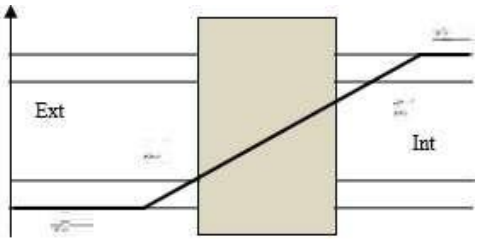


Figure II.8 : Déférents températures de la condensation superficielle

$\Theta_i = T_i - 1/h_i (T_i - T_e)K$ (°C)

- Ti : la température intérieure du local (°C)
- Te : la température extérieur (°C).
- hi : le coefficient d'échange superficiel de la surface intérieure (m^2. °C/w)
- K : Le coefficient de transmission surfacique de la paroi w /m^2k

Des condensations se manifesteront sur la face intérieure des parois si la température superficielle est inférieure au point de rosé de l'ambiance intérieure $\Theta_i > Tr$

II.3.1Application au projet :

1. Contact avec l'extérieur :
    a. On a Ti=21 °C
    b. Te= 1°C
    c. Ti=21 °C , φ= 50% ⇒ Après le diagramme psychrométrique Tr=10,15°C
    d. Θi=21-0,11(21-1)1,3 ⇒ Θi =18.14°C
    e. Θi=18.14°C > Tr=10,15°C
2. Contact avec toiture :

    On a Ti=21 °CTe= 1°C

    Et

    Ti = 21 °C , φ= 50% ⇒ Après le diagramme psychrométrique Tr =10,15°C

    Θi=21-0.17(21-1)0.75⇒Θi=18.45°C

    Θi =18.45°C > Tr=10,15°C.

On a trouvé que la température superficielle intérieure est supérieure à la température de rosée ce qui signifie qu'il n'y a pas de condensation superficielle.

Condensation dans la masse :

Ce type de condensation se forme sous l'effet de différence de température et de pression partielle à l'intérieur des parois, ainsi s'établit un flux de vapeur d'eau de l'ambiance. Le risque de condensation dans la masse s'établit graphiquement par le diagramme de Glaser. Cette détermination est basée sur l'étude de variation de la pression de saturation comparée à la pression partielle de la vapeur d'eau à travers la paroi.

- Détermination du risque de condensation dans une paroi «diagramme de Glaser »

Cette détermination est basée sur l'étude de la variation de la pression de saturation comparée à celle de la pression partielle de la vapeur d'eau à la paroi. Se faire graphiquement et est nommée habituellement le tracé du diagramme de Glaser

Le diagramme de l'air humide nous à montrer que pour une ambiance donnée (température et humidité) il y aura condensation si la température de l'ambiance (ou localement) si la température de surface d'une paroi en contact avec l'ambiance s'abaisse en dessous de la température de rosée.

Cette condition se traduit également en pression partielle de la vapeur d'eau qui reste inférieure à la pression de saturation. C'est cette dernière notion qui est utilisé pour évaluer les risques de condensation dans la masse des parois.

Application au projet :

1. Contact avec l'extérieur :
   a. $T_j = Tj-1 - K(ej/\lambda j)\,(Ti-Te)$ (°C)
   b. $T1=18,14 - 1,3(\frac{0.005}{0.35})(21-1)$ T1=17.76°C
   c. $T2= 17.76 - 1,3(\frac{0.015}{1.4})\,(21-1)$ T2=17.48°C
   d. $T3= 17.48 - 1,3(\frac{0.1}{0.48})\,(21-1)$ T3=12.06°C
   e. $T4= 12.06 - 1,3(\frac{0.1}{0.625})\,(21-1)$ T4=7.9°C
   f. $T5= 7.9 - 1,3(\frac{0.1}{0.48})\,(21-1)$ T5=2.48°C
   g. $T6= 2.48 - 1,3(\frac{0.0015}{1.4})\,(21-1)$ T6=2.45°C

2. Contact avec toiture :

   a. $Tj = Tj-1 - K\,(ej/\lambda j)\,(Ti-Te)$ (°C)

   b. $T1 = 18{,}45 - 0.75\,(\frac{0.02}{0.95})(21-1)$ T1=18.13°C

   c. $T2 = 18.13 - 0.75(\frac{0.03}{0.2})\,(21-1)$ T2=15.88°C

   d. $T3 = 15.88 - 0.75\,(\frac{0.02}{0.06})\,(21-1)$ T3=10.88°C

   e. $T4 = 10.88 - 0.75\,(\frac{0.01}{1.63})\,(21-1)$ T4=10.79°C

   f. $T5 = 10.79 - 0.75\,(\frac{0.2}{1.75})\,(21-1)$ T5=10.68°C

   g. $T6 = 10.68 - 0.75\,(\frac{0.1}{1.98})\,(21-1)$ T6 = 9.93°C

   h. $T7 = 9.93 - 0.75\,(\frac{0.02}{0.35})\,(21-1)$ T7= 9.08°C

Détermination des pressions de saturation :

On utilisant le diagramme de l'air humide ou la Norme NF EN ISO 13788pour définir les pressions de saturation qui correspondent à chaque température.

$P_{saturation} = 610{,}5 \exp\left(\frac{17.269T-4717.03}{T-35.85}\right)$ pour $T \geq 273{,}15$ K

$P_{saturation} = 610{,}5 \exp\left(\frac{21.875T-5975.16}{T-7.65}\right)$ pour T < 273,15 K (Norme NF EN ISO 13788)

✓ Pour mur extérieur :

T(°C)	21	18.14	17.76	17.48	12.06	7.9	2.48	2.45	1
$P_{saturation}$	2.49	2.13	2.08	2.04	1.44	1.09	0.935	0.885	0.67

Tableau II 1 : Pressions saturation au niveau des interfaces

✓ Pour toiture :

T(°C)	21	8.45	8.13	5.88	0.88	0.79	0.68	0.93	1
$P_{saturation}$	0.49	0.12	0.9	0.80	0.30	0.29	0.27	0.21	0.67

Tableau II 2 : Pressions saturation au niveau des interfaces

Détermination des pressions partielles :

✓ **Pour mur extérieur :**

$\Phi = Pv/Ps \Rightarrow Pv = \varphi . Ps$ (kpa)

Pvi=φ. Psi φ= 50% Pvi= 0,5.2, 49⇒Pvi=1,245kpa.

Pve=φ. Pseφ= 80% Pve= 0,8.0.67⇒Pve=0.536kpa.

$\Pi=2.10^{-7}(T^{0.81}/P_0)$

Référence	Mur extérieur	e(m)	Π ($\frac{g}{kpa\ .m.h}$)	$\frac{e}{\Pi}(\frac{kpa\ .m.h}{g})$
1	Enduit plâtre	0.005	0.074	0.067
2	Enduit ciment	0.015	0.073	0.205
3	Brique creuse	0.1	0.054	1.851
4	ame d'air	0.1	0.038	2.631
5	Brique creuse	0.1	0.015	6.667
6	Enduit ciment	0.15	0.014	10.71
				$\Sigma\frac{e}{\Pi}$=22.131

Tableau II.8 : **Résistance de chaque couche**

$P_{vn}= P_{ve}+(e_n/ \Pi_n).(P_{Vi}-P_{Ve})/\Sigma e_n/ \Pi_n$ **(kpa)**

$(P_{vi}-P_{ve})/\Sigma e_n/\Pi_n=\Pi 1\ \frac{1.245-0.536}{22.131}=0.032$

$P_{v1}=P_{ve}+(e_1/\Pi_1)0.032=0.538$

$P_{v2}=p_{ve}+ (e_1/ \Pi_1+e_2/ \Pi_2).0.032=0.544$

$P_{v3}=p_{ve}+ (e_1/ \Pi_1+e_2/ \Pi_2+e_3/ \Pi_3).0.032=0.603$

$P_{v4}=p_{ve}+ (e_1/ \Pi_1+e_2/ \Pi_2+e_3/ \Pi_3+e_4/ \Pi_4).0.032=0.688$

$Pv5=p_{ve}+ (e_1/ \Pi_1+e_2/ \Pi_2+e3/ \Pi_3+e_4/ \Pi_4+e5/ \Pi_5).0.032= 0.752$

$Pv6=p_{ve}+(e1/\Pi_1+e_2/\Pi_2+e_3/\Pi_3+e_4/\Pi_4+e_5/\Pi_5+e_6/\Pi_6)\ .0.032 = 0.540$

e (m)	0.005	0.015	0.1	0.1	0.1	0.15
$P_{saturation\ (kpa)}$	2.08	2.04	1.44	1.09	0.935	0.885
$P_{partielle\ (kpa)}$	0.538	0.544	0.603	0.688	0.752	0.540

Tableau II.9 : Comparaison entre pression de saturation et pression partielle.

Diagramme de GLASER (mur extérieur) :

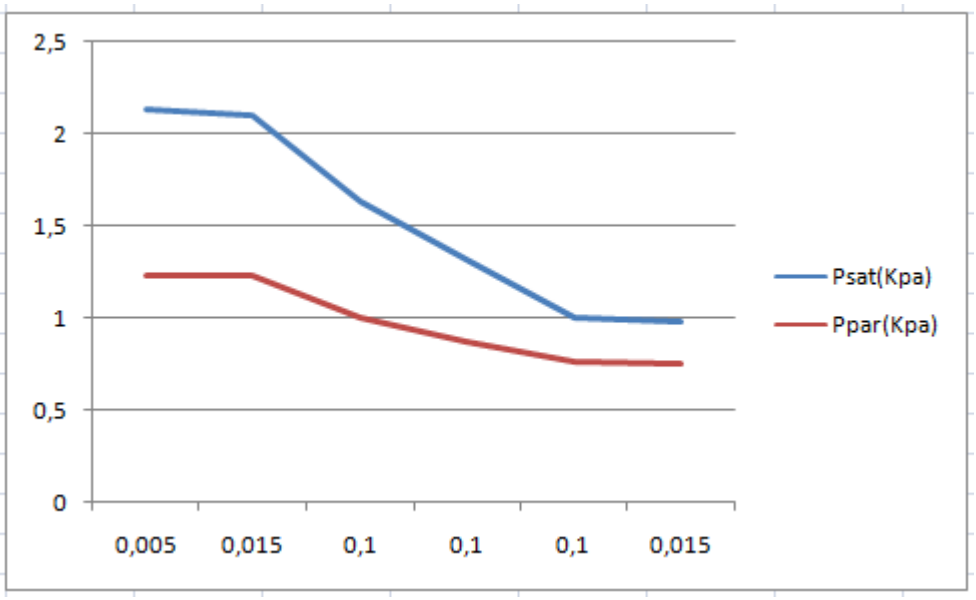


Figure (II-7) : Diagramme de GLASER pour mur extérieur à ti=21(°C)

✓ **Pour toiture :**

Φ= Pv/ Ps ⇒Pv= φ. Ps (kpa)

Pvi=φ. Psi φ= 50% Pvi= 0,5.2,49⇒Pvi=1,245kpa.

Pve=φ. Pseφ= 80% Pve= 0,8.0.67⇒Pve=0.536kpa.

$\Pi=2.10^{-7}(T^{0.81}/P_0)$

Référence	toiture	e(m)	$\Pi\ (\frac{g}{kpa\ .m.h})$	$\frac{e}{\Pi}(\frac{kpa\ .m.h}{g})$
1	Gravillon	0.02	0.075	0.266
2	Carte bitumée	0.03	0.067	0.447
3	Liège	0.02	0.0497	0.402
4	Chape en ciment	0.01	0.0494	0.202
5	Béton	0.2	0.0490	4.081
6	Hourdis	0.1	0.046	2.173
7	Enduit plâtre	0.02	0.042	0.476
				$\sum\frac{e}{\Pi}$=8.047

Tableau II.10 : Résistance de chaque couche

$P_{vn}= P_{ve}+(e_n/ \Pi_n).(P_{Vi}-P_{Ve})/\Sigma e_n/ \Pi_n$ (kpa)

$(P_{vi}-P_{ve})/\Sigma e_n/\Pi_n=\Pi 1 \frac{1.245-0.536}{8.047}=0.0088$

$P_{v1}=P_{ve}+(e_1/\Pi_1)0.0088=0.075$

$P_{v2}=p_{ve}+ (e_1/ \Pi_1+e_2/ \Pi_2).0.0088=0.067$

$P_{v3}=p_{ve}+ (e_1/ \Pi_1+e_2/ \Pi_2+e_3/ \Pi_3).0.0088=0.0.0497$

$P_{v4}=p_{ve}+ (e_1/ \Pi_1+e_2/ \Pi_2+e_3/ \Pi_3+e_4/ \Pi_4).0.0088=0.0494$

$Pv5=p_{ve}+ (e_1/ \Pi_1+e_2/ \Pi_2+e3/ \Pi_3+e_4/ \Pi_4+e5/ \Pi_5).0.0088=0.049$

$Pv6=p_{ve}+(e1/\Pi_1+e_2/\Pi_2+e_3/\Pi_3+e_4/\Pi_4+e_5/\Pi_5+e_6/\Pi_6).0.0088=0.0.046$

$Pv7=p_{ve}+ (e1/\Pi_1+e_2/\Pi_2+e_3/\Pi_3+e_4/\Pi_4+e_5/\Pi_5+e_6/\Pi_6 + e_7/\Pi_7).0.0088=0.042$

e(m)	0.02	0.03	0.02	0.01	0.2	0.1	0.02
$P_{partielle}$	0.075	0.067	0.0497	0.0494	0.0490	0.046	0.042
$P_{saturation\ (kpa)}$	0.12	0.9	0.8	0.3	0.29	0.27	0.21

Tableau II.11 : Comparaison entre pression de saturation et pression partielle.

Diagramme de GLASER (toiture) :

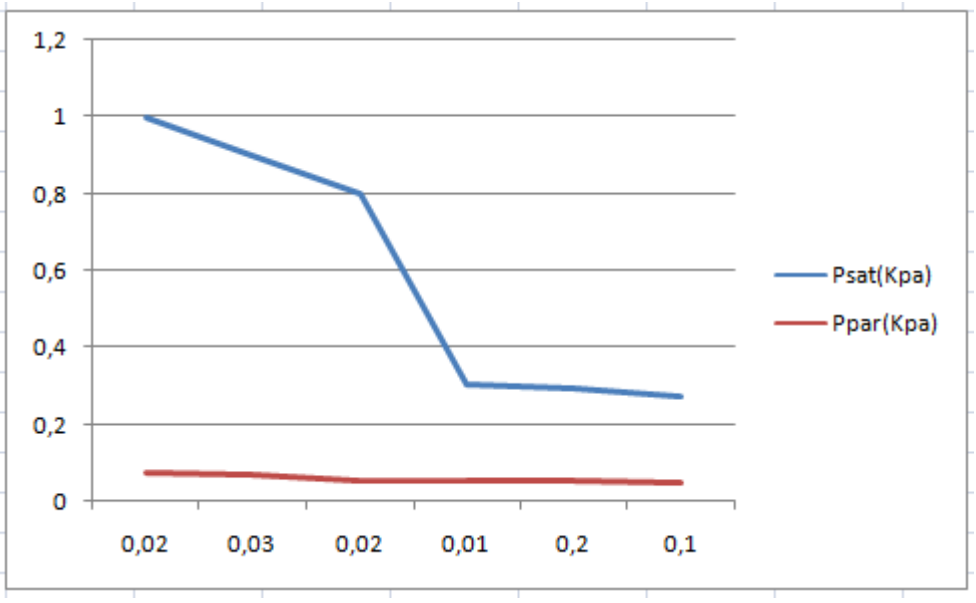


Figure (II-7) : Diagramme de GLASER pour toiture à ti=21(°C).

CHAPITRE III : BILAN THERMIQUE

III.1 Introduction :

Pour réaliser une installation de traitement d'air dans un local, il est nécessaire d'établir un bilan thermique qui servira de base de calcul à toute l'installation. Le bilan permet de distinguer les apports et les déperditions thermiques pour un local, il a une influence directe sur le dimensionnement des réseaux d'apport et d'évacuation de l'air ; il est donc nécessaire de connaître avec précision les facteurs qui auront une influence sur lui avant de l'établir.

On en distingue trois facteurs :

- Facteur géométrique : tel que les dimensions du local (superficie, volume).
- Facteur géographique : tel que la latitude, l'orientation du local et l'altitude.
- Facteur thermique :
  - ✓ Dû aux occupants : leur nombre, leur activité et durée de l'occupation.
  - ✓ Eclairage : puissance et type d'éclairage.
  - ✓ Machine : moteur, ménagères,...
  - ✓ Matériaux de construction.

III.2 Méthode de calcul du bilan thermique en période hivernale : [1]

On établit un calcul qui nous permet de déterminer la puissance calorifique à mettre en œuvre pour maintenir la température stable pour cela on a choisi le document technique réglementaire (D.T.R) qui nous permettra d'effectuer les calculs suivants les normes et avec une grande précision.

III.2.1 Présentation de DTR :

III.2.1.1 Objet de DTR :

Le document technique règlement (DTR) a pour objet fixé :

• Pour l'été :

- ✓ Détermination des apports calorifiques des bâtiments.
- ✓ Vérification de la conformité à la DTR des bâtiments.

• Pour l'hiver :

- ✓ Détermination des déperditions calorifiques des bâtiments.
- ✓ Vérification de la conformité à la DTR des bâtiments.

III.2.1.2 Domaine d'application :

Les méthodes de détermination des apports calorifiques du DTR s'appliquent aux locaux :

- ✓ à usage d'habitation.
- ✓ d'hébergement (chambres collectives, dortoirs, salle de repos,…).
- ✓ à usage de bureaux.
- ✓ Enseignement (classes, salles d'études, …),
- ✓ Salle réunion,
- ✓ Point de vente (boutique,…),
- ✓ D'accueil (bibliothèques,…),
- ✓ Salle restauration (café,…),
- ✓ Usage artisanal (salon de coiffure,…).

III.2.1.3 Déperditions par transmission :

On distingue deux types de déperdition thermique :

- ✓ Déperdition par transmission à travers l'enveloppe de l'immeuble (murs, portes, toit, fenêtres...).
- ✓ Déperditions par renouvellement d'air (fuite d'air).

A.1 Calcul déperditions de base par transmission :

Pour le calcul de ces déperditions nous avons la formule suivante :

$$D_T = Ds + D_{li} + D_{sol} + D_{lnc} \quad \text{.....(III.1)}$$

Sachons que :

DT : Déperditions par transmission

D_S : Déperditions surfacique à travers les parties courantes des parois en contact avec l'extérieur.

D_{li} : Déperditions à travers les liaisons.

D_{sol} : Déperditions à travers les parois en contact avec le sol.

D_{lnc} : Déperditions à travers les parois en contact avec les locaux non chauffés.

Déperditions surfaciques par transmission à travers les parois :

Les déperditions surfaciques par transmission à travers une paroi séparant deux ambiances différentes sont données par la formule suivante :

$$D_S = K \times A \times (Ti - Te) \quad \text{.....(III.2)}$$

A : surface de l'élément de construction (m^2).

K : coefficient global de transmission de la chaleur (W/m^2 °C).

Te : température extérieure (°C).

Ti : température.

Déperditions à travers les ponts thermiques :

Les déperditions à travers les liaisons, ou comme on les appelle aussi déperditions à travers les ponts thermiques, sont donnés par la formule suivante :

Dli = Ki × A × ΔT = Ki × A× (Ti-Te) ..... **(III.3)**

Pour simplifier les calculs on prend :

Dli = 0.2 × Ds

Déperditions par transmission à travers les parois en contact avec le sol :

Dans ce type de déperdition on distingue trois types de parois, les plancher bas enterrés, les murs enterrent et les planchers hauts enterrent. Pour ce qui concerne l'immeuble étudié, on trouve deux parmi les trois types de parois, le plancher bas et mur enterré.

Les déperditions Dsolpour un plancher bas ou un mur enté, sont données par la formule suivante :

D_{sol} = Ks ×A ×ΔT ..... **(III.4)**

Déperditions à travers les parois en contact avec des locaux non chauffé :

Déperditions à travers les parois en contact avec des locaux non chauffé :

Les déperditions à travers les parois en contact avec un local non chauffé ou des locaux non chauffés (Dlnc), sont données par la formule suivante :

Dlnc = T × [Σ (K × A × ΔT) + 0.2Σ (K × L × ΔT)]..... **(III.5)**

On constate que ces déperditions (Dlnc) sont pondérées par un coefficient Tau, dit « coefficient de réduction de température ». La valeur de Tau est comprise entre 0 et 1, ce dernier est donné par la formule suivante :

Tau= $\frac{ti-tn}{ti-te} = \frac{de}{de-ac}$ **.....(III.6)**

Avec :

ti : température intérieure. (°C)

tn : température de l'espace non chauffe. (°C)

te : température extérieure. (°C)

ac: apports de chaleur des divers locaux chauffés vers le local non chauffé. (W. °C-1)

de : déperditions du local non chauffe vers l'extérieur. (W. °C-1)

- **Calcul les températures des locaux non chauffées :**

tn=ti [(t_i-t_e) ($\frac{de}{de+ac}$**)]**..... **(III.7)**

B. Déperditions par renouvellement d'air :

Les déperditions par renouvellement d'air tiennent compte :

- Déperditions dues au fonctionnement des dispositifs de ventilation ; on associe à ces déperditions le débit spécifique de ventilation.
- Déperditions supplémentaires par infiltrations dues à l'effet de vent.

Les déperditions par renouvellement d'air de l'immeuble ont pour expression

$Dr=0.34\ (Q_v+Qs)$. .....**(III.8)**

0.34 : la chaleur volumique d'air.

Q_v : le débit volumique de ventilateur.

Q_s: le débit supplémentaire par infiltration dans un ventilateur.

Q_v= MAX [(0.6×Vh), Q_{vref}].

V_h : volume habitable.

Q_{vref} : le débit extrait de référence.

$Q_{vref} = \frac{5Qvmin - Qvmax}{6}$

$Qs = Pp \times e_v$

$Pp = P0 \times A$

e_v : coefficient d'exposition au vent effectue à la paroi.**Annexe Tableau A.29.**

Pp : infiltration dues à l'air de la paroi.

P0 : infiltration surfacique a l'air de l'ouvrant.

$Q_{vmin\ :\ Annexe}$ **Tableau A.26.**

Q_{vmax} :**Annexe Tableau A.27.**

C. Vérification réglementaire :

$D_T \leq 1.05 Dréf$ .....**(III.9)**

Dréf : déperdition de référence.

D_T: déperdition par transmission

Dréf = aS1+bS2+cS3+dS4+eS5..... **(III.10)**

Les **S_u**représentent les surfaces des parois en contact avec l'extérieur. Elles concernent respectivement :

S1 : la toiture.

S2 : le plancher

S3 : les murs

S4 : les ports

S5 : les fenêtres

Zone	Immeuble collectif				
B	a	b	c	d	e
	9	2.4	1.2	3.5	4.5

Tableau III.1 : Coefficient a, b, c, d, e .Annexe Tableau A.21.

Méthode de calcul du bilan thermique en période estival : [1]

Calcul des apports thermiques :

Les apports calorifiques (appelés aussi gains) d'un local sont égaux à la somme des apports de chaleur sensible et latente, provenant d'une source intérieure ou extérieure du local, pour des conditions extérieures et intérieures déterminées.

Principe et méthode de calcul des apports thermiques :

Les apports calorifiques doivent être déterminés selon les étapes suivantes :

- ✓ Définition des zones (ou volumes) thermiques,
- ✓ Détermination de l'intervalle de temps critique,
- ✓ Calcul Les apports calorifiques pour chaque volume thermiques,
- ✓ Calcul la puissance frigorifique.

Remarque :

Les calculs doivent être menés pour le mois de juillet.

Apports calorifiques pour chaque volume thermiques :

Les apports calorifiques sensibles As et latents Al sont donnés par :

$$\mathbf{AS = APO(t) + AV(t) + AI_S + AINF_S(t)\ (W)} \quad \textbf{(III.11)}$$

$$\mathbf{Al = AI_l + AINF_l(t)\ (W).} \quad \textbf{(III.12)}$$

Où :

APO (t) : apports par les parois opaques (W).

AV (t) : apports à travers les parois vitrées (W).

AIs et **AIl** : parties sensibles et latentes des apports internes (W).

AINF(t)s et AINF(t)l : parties sensibles et latentes des apports dus aux infiltrations d'air (W).

Apports à travers les parois opaques :

Les apports de chaleur à travers une paroi opaque à une instante t, APO (t), sont donnes par la formule suivante :

$$\mathbf{APO(t)=APO(t)_{ext}+APO(t)_{int}+APO_{sol}} \quad \textbf{(III.13)}$$

APO $(t)_{ext}$: apports par les parois extérieur (W).

APO $(t)_{int}$: apports par les parois intérieur (W).

APO_{ens} : apports par les parois en contact avec le sol (W)

Apports à travers les parois opaques :

Les apports de chaleur à travers une paroi opaque à une instante t, APO (t), sont donnes par la formule suivante :

$APO(t)=APO(t)_{ext}+APO(t)_{int}+APO_{sol}$ ..... **(III.14)**

$APO\ (t)_{ext}$: apports par les parois extérieur (W).

$APO\ (t)_{int}$: apports par les parois intérieur (W).

APO_{ens} : apports par les parois en contact avec le sol (W).

A. Les murs extérieurs :

$APO\ (t) = 1.2 \times K_{éte} \times S_{int} \times \Delta te(t)$ .....**(III.15)**

1.2 : coefficient majoration tenant compte des apports latéraux linéiques (à travers les ponts thermiques).

$K_{éte}$: coefficient de transmission en partie courante de la paroi considéré pour l'été (W/m².C°). **Annexe Tableau A.1.**

S_{in} : surface intérieure totale de la paroi considérée (m²).

Δte(t) : différence équivalente de température a l'instant t. (°C).

$\Delta te(t)= \Delta tes(t) + C\ \Delta te(t) + \frac{\alpha}{0.9}(\Delta tem(t)- \Delta tes(t)) \times (I_{tb} / I_{tb}(40))$…..... **(III.16)**

Paroi à l'ombre 24 h / 24 :

$\Delta te(t) = \Delta tes(t) + C\ \Delta te$.....**(III.17)**

Δtes (t) : différence de température équivalente à l'heure t considérée. **Annexe Tableau A.8.**

CΔte (t) : est un facteur de correction du, d'une part.

α : facteur d'absorption de la paroi.

Δtem (t) : différence de température équivalente de a l'heure t considérée à l'ombre. **Annexe Tableau A.8.**

B. Murs intérieurs :

APO = Kéte × Sint ×ΔT ..... **(III.18)**

Δ**T** : différence de température entre les deux locales.

Les apports de chaleur à un instant t, APO(t) traversant une paroi opaque en contact avec un local non conditionnée sont donnés par la formule suivante :

APO = Kéte × Sint ×ΔtInc(t) ..... **(III.19)**

Δ**tInc(t)** : 2cart de température entre l'espace non conditionnée et le local considère (°C)

$\Delta tInc(t) = [(TS_e(t) - C_{inc}) - TS_{b,i}]$ .....**(III.20)**

$TS_e\ (t)$: température extérieur sèche à l' instant considérée. (°C)

$\mathbf{C_{inc}}$: coefficient correcteur.

$\mathbf{TS_{b,i}}$: température intérieur du local conditionnée. (°C)

Remarque :

Dans le cas des valeurs déterminer dans les parois intérieurs sont négatifs on n'en tendra pas compte dans les calculs

C. Apports à travers les parois en contact avec le sol :

$$\mathbf{APO = KétéS_{app}\,(TS_m - TS_{i,b})} \quad \textbf{(III.21)}$$

Kéte : Coefficient de transmission de la paroi calculé comme si la paroi été en contact avec L'extérieur. (W/m2°C)

$\mathbf{S_{app}}$: Surface de la zone d'apport. (m2)

$\mathbf{T_{Sm}}$: Température du local conditionnée. (°C).

$\mathbf{T_{Si,\,b}}$: Température moyenne sèche de l'air extérieur. (°C).

Apports à travers les parois vitrées :

Apports à travers les parois vitrées AV (t) est donnes par la formule suivante :

$$\mathbf{AV\,(t) = AVT\,(t) + AVE\,(t)} \quad \textbf{(III.22)}$$

AVT (t) : Apports dus au gradient de température à travers les parois vitrées (W).

AVE (t) : Apports dus au rayonnement solaire à travers les parois vitrées (W).

A. Apports dus au gradient de température à travers les parois vitrées :

Les apports dus au gradient de température AVT (t) à travers les parois vitrées extérieures sont donnés par la formule suivante :

$$\mathbf{AVT\,(t) = 1.2 \times Kété \times S_{ouv} \times (TSe(t) - TS_{bi})} \quad \textbf{(III.23)}$$

1.2 : coefficient majoration tenant compte des apports latéraux linéiques (à travers les ponts thermiques).

Kéte : le coefficient de transmission en partie courante de la paroi considérée pour l'été (W/m².C°). Souv : la surface de l'ouverture dans les parois opaques (m²). TSe : la température extérieure sèche a l'instant t (°C).

TSbi : la température intérieure de base (°C).

B. Apports dus au rayonnement solaire à travers les parois vitrées :

Les apports dus au rayonnement solaire AVE (t) à travers les parois vitrées extérieures sont donnés par la formule suivante :

$$\mathbf{AVE\,(t) = (SV_{ens} \times It + (SV - SVomb) \times I_d) \times FS \times N_{pvi}(t)} \quad \textbf{(III.24)}$$

$\mathbf{SV_{ens}}$: (m²) la surface vitrée ensoleillée.

$\mathbf{SV_{omb}}$: (en m2) la surface vitrée à l'ombre.

It : le rayonnement total maximal réel (W/m²).**Annexe Tableau A.9.**

Id : le rayonnement diffus maximal réel (W/m²). **Annexe Tableau A.9.**

$N_{pvi}(t)$: le coefficient d'amortissement relatif aux apports par ensoleillement à travers les parois vitrées a l'heure t considérée. **Annexe Tableau A.5.**

FS : le facteur solaire du vitrage. **Annexe Tableau A.4.**

Apports de chaleur interne :

On désigne par apports de chaleur internes, ou gains internes, les quantités de chaleur dégagées sous forme latente ou sensible à l'intérieure des locaux conditionnés.

• Calcul des apports internes :

A. Apports dus aux occupants :

Les gains dus aux occupants sont une source de chaleur sensible et latente. Leur calcul doit tenir compte des personnes susceptibles de fréquenter les locaux à climatiser. Les gains dus aux occupants sont données par la formule suivante :

$$\mathbf{AI\ (t)= A_{Is}(t)+A_{Il}\ (t) = \Sigma\ (CS\times A_S\times N) + \Sigma\ (CS\times A_l)} \quad \textbf{(III.25)}$$

A_S : partie sensible de l'apport interne (W),

A_l : partie latente de l'apport interne (W),

CS : coefficient de simultanéité relatif, **Annexe Tableau A.18.**

N : coefficient d'amortissement relatif.

B. Apports dus à l'éclairage :

Les appareils d'éclairage constituent une source de chaleur sensible. Si l'on connaît la puissance installée pour l'éclairage, les gains dus à celui-ci sont donnés par la formule suivante :

$$\mathbf{AL= \Sigma\ (Wn\times C_{me}\times C_{er})} \quad \textbf{(III.26)}$$

Wn : la puissance nominale de l'ampoule ou tub fluorescent (W).

C_{me} : coefficient de majoration :

- ✓ 1.2 pour les lampes à incandescence.
- ✓ 1.25 pour les tubes fluorescents.

C_{er}: le pourcentage de chaleur résiduelle : C_{cr} dans notre cas est égal à 1.

Si l'on ne connaît pas la puissance installée pour l'éclairage, on calculera les gains dus à celui-ci et prend en considération la surface de chaque local en utilisant le tableau suivant :

C. Les Apports dus machines électriques :

Les apports dus aux machines électriques, on utilisera soit :

- ✓ Les indications données par le fabricant ;

- ✓ Donnée par les tableaux **A19.A20.A22(Annexes).**

Apports de chaleur par introduction d'air extérieur :

Les apports de chaleur dus à l'introduction d'air extérieur sont une source de chaleur latente sensible. On distingue :

Les apports dus aux infiltrations qui interviennent directement dans le bilan du local ; ces apports sont à associer au débit d'infiltrations $\mathbf{Qv_{inf}}$.

Les apports dus à l'introduction d'air neuf qui interviennent dans le bilan calorifique total ; ces apports sont à associer au débit d'air neuf $\mathbf{Qv_{an}}$.

Les apports sensibles dus au renouvellement de l'air **ARENs**, et dus aux infiltrations de l'air **ARENs**, et dus aux infiltrations.

AINFs sont donnés par les formules suivantes :

$$\mathbf{ARENS=0.32 \times qv_{an} \times (TSe\ (t) - TS_{bi})} \quad \textbf{(III.27)}$$

$$\mathbf{AINFS=0.32 \times qv_{an} \times (TSe\ (t) - TS_{bi})} \quad \textbf{(III.28)}$$

0.32 (J/m3. °C) : le produit de la chaleur spécifique de l'air (1004 J/Kg. °C) par la masse volumique de l'air (1.15 Kg/m3) et par facteur de conversion (1/3600),

$\mathbf{qv_{an}}$: le débit d'air neuf (m3/h),

$\mathbf{qv_{inf}}$: le débit dû aux infiltrations (m3/h),

TSe (t) : la température sèche de l'air extérieure à l'instant t (°C),

$\mathbf{TS_{bi}}$: la température sèche de l'air intérieure (°C).

Les apports latents dus au renouvellement de l'air ARENS, et dus aux infiltrations AINFS sont donnés par les formules suivantes :

$$\mathbf{ARENS\ (t) = 0.979 \times qvan \times Max\ ((HS_{b,e} - HS_{b,i})\ ;\ 0)\ldots} \quad \textbf{(III.29)}$$

$$\mathbf{AINFS(t) = 0.979 \times qvinf \times Max\ ((HS_{b,e} - HS_{b,i})\ ;\ 0)} \quad \textbf{(III.30)}$$

0.797 (J.kgair /gvap.m3 air) : le produit de la masse volumique moyenne de l'air (1.15 Kg/m3) par la chaleur de vaporisation de l'eau (2498J/g) et par facteur de conversion (1/3600),

$\mathbf{qv_{an}}$: le débit d'air neuf (m3/h),

$\mathbf{qv_{inf}}$: le débit dû aux infiltrations (m3/h),

$\mathbf{HS_{b,e}(t)}$: l'humidité spécifique de base de l'air extérieur (°C),

$\mathbf{HS_{b,i}}$: l'humidité spécifique de base de l'air intérieur (°C).

- ✓ Le débit d'air neuf : Le débit d'air neuf d'un local est données par la formule suivante selon le DTR C 3-2, fascicule n°1 :

$$\mathbf{qvan=0.6 \times Vh} \quad \textbf{(III.31)}$$

- ✓ Le débit d'air dû aux infiltrations :

Le débit d'air neuf d'un local est donnés par la formule suivante selon le DTR C 3-2, fascicule n°1 :

q_{vinf}= ($qvo_{inf,\ i}$×$S_{ouv,i}$)… ..... (III.32)

$qvo_{inf,i}$, (m3 /h) : le débit d'infiltration correspondant à l'ouvrant i considéré ; les valeurs de **$qvo_{inf,I}$**doivent être fournies soit par le fabricant, soit par l'avis technique ; à défaut, on III.3 utilisera les valeurs du tableau.

Vérifications réglementaires :

La vérification réglementaire des locaux à usage de bureaux doit s'effectuer selon les étapes Suivantes :

- ✓ Des apports par les parois opaques
- ✓ Des apports par les parois vitrées
- ✓ Calcul des apports calorifiques de référence
- ✓ Vérification de la conformité à réglementation thermique d'été des locaux.

La somme des apports calorifiques par les parois vitrées et les parois opaques doit vérifier au mois de juillet à 15 h, pour cela il y la relation suivante :

APO (15h) +AV (15h)≤ 1.05×Aref (15h) ..... (III.33)

Les apports calorifiques de références Aréf : sont données par :

Aréf = $Aréf_{,\ ph}$ + $Aréf_{,pv}$ +$Aréf_{,pvi}$ (W) ..... **(III.34)**

Ou :

$Aréf_{,\ ph}$: apports calorifiques de références à travers les parois opaques horizontales(W).

$Aréf_{,pv}$: apports calorifiques de références à travers les parois opaques verticales (W).

$Aréf_{,pvi}$: apports calorifiques de références à travers les parois vitrées (W).

- ➢ **Apports de références des parois opaques horizontales :**

Aréf, ph = ∑ (a × Sint ×$\Delta TS_{réf,ph}$) (W) ..... **(III.35)**

a : coefficient lié à la nature de la construction et fonction de la zone climatique

$\Delta TSréf_{,ph}$:la différence de température de référence.

- ➢ **Apports de référence des parois opaques verticales :**

Les apports calorifiques de référence des parois opaques verticales

$Aréf_{,PV}$ sont calculés par la formule suivante :

$Aréf_{,PV}$ = ∑ (c × Sint × $\Delta TS_{réf,PV}$) (W)….....(III.36)

c : coefficient lié à la nature de la construction et fonction de la zone climatique (W/m^2. °C)

Annexe Tableau A.6.b.

Sint : désigne la surface de la paroi verticale comptée de l'intérieur ;

$TS_{réf,PV}$: différence de température de référence pour la paroi opaque verticale. **Annexe Tableau A.7.**

- ✓ **Apports de référence des parois vitrées :**

Les apports de référence pour les parois vitrées sont donnés par la somme des apports déréférence de chaque paroi vitrée.

Les apports de référence $A_{réf, PVI}$ pour une paroi vitrée en contact avec l'extérieur sont donnés par :

$A_{réf, PVI} = AVE_{réf} + AVT_{réf}$ (W) .....(III.37)

Où :

$AVE_{réf}$: les apports de référence dus à l'ensoleillement,

$AVT_{réf}$: les apports de référence dus au gradient de température.

Les apports de référence dus à l'ensoleillement à travers une paroi vitrée AVEréf sont donnés par :

$AVE_{réf} = [SV_{ens} \times I\ t + (SV - SV_{ens}.) \times Id]\ FS_{réf} \times NPVI_{réf}$ ..... (III.38)

Où :

SV : la surface totale vitrée,

SV_{ens} : la surface vitrée ensoleillée à 15 h TSV,

It : le rayonnement total maximal réel pour l'orientation et la latitude considérées, **Annexe Tableau A.9.**

Id : le rayonnement diffus maximal réel, **Annexe Tableau A.9.**

$FS_{réf}$: est le facteur solaire de référence,

- ✓ 0,15 pour les locaux à usage d'habitation et d'hébergement,
- ✓ 0,38 pour les locaux à usage de bureaux.

$NPVI_{réf}$: coefficient d'amortissement relatif aux gains de référence des parois vitrées pour l'orientation considérée ; les valeurs de $N_{PVI, réf}$ sont données par le.

Les apports de référence dus au gradient de température à travers une paroi vitrée $AVT_{réf}$ sont donnés par :

$AVT_{réf} = e' \times Souv \times \Delta TS_{réf,PVI}$ ..... (III.39)

Où :

e': est un coefficient relatif à la nature des locaux ; la valeur de e' (W/m2. °C) est prise égale:

- ✓ 4,2 pour les locaux à usage d'habitation et d'hébergement,
- ✓ 5,4 pour les locaux à usage de bureaux ;

S_{ouv} : la surface d'ouverture dans le mur ;

$\Delta TS_{réf,PVI}$: la différence de température de référence des parois vitrées. **Annexe Tableau A.13.**

Calcul des températures des locaux non chauffées :

Exemple de calcule de T_n

Parking :

Ks_{ol}=1.73>1.2 donc parking est non isolée

S = (5.6×4.08) + (3.6×4.08) + (4.6×4.08) + (4.6×4.08) + (4.1×4.08)=104.4 m^2

S_V = (5.6×4.08×0.335) + (3.6×4.08×0.335) + (4.6×4.08×0.335) + (4.6×4.08×0.335) + (4.1×4.08×0.335) =34.97

$R=S/S_V$

R=2.98

R>0.2

Donc : T_{au}=0.6

$T_n= T_i- T_{au} (T_i- T_e)$

T_n= 21-0.6 (21-1) =9 °C

Etage	local	T_n
Sous-sol	local onduleur	10
	archive des dossiers fiscaux	10
	magazines imprimes	10
	magazines entretiens	10
	magazine	10
	garages du véhicule blindes	9
	parking	9
RDC	Sanitaire F	12
	Sanitaire H	12
Etage 01	Sanitaire F	12
	Sanitaire H	12
	salle d'archives1	4
	salle d'archives2	4
Etage 02	Sanitaire F	12
	Sanitaire H	12
	Salle d'archives	4
Etage 03	Wc+SDB	8
	WC+SDB	8

Tableau III.2 : Températures des locaux non chauffées en différents étages

D_T = Ds+Dli+Dsol+Dlnc

- **Déperdition surfacique par transmission à travers les parois en contact avec l'extérieur Poste de sécurité (R01) :**

Ds=K×S × (Ti-Te)

Mur1 : Ds = 1.3×10.63× (21-1) =276.38 w

Mur1: Ds = 1.3×4.89× (21-1) =127.24 w

Mur2: Ds = 1.3×2.4× (21-1) = 62.4 w

Mur3: Ds = 2.13×16.03× (0) = 0 w

Mur4: Ds = 2.13×9.24× (0) = 0 w

Plancher : Ds = 7.63×0.43× (0) =0 w

Fenêtres : Ds = 5.8×1.8× (21-1) =208.8 w

Fenêtres : Ds = 5.8×1.42 (21-1) = 164.62w

Fenêtres : Ds = 5.8×1.42× (21-1) = 164.62w

Fenêtres : Ds = 5.8×1.42× (21-1) = 164.62w

Portes : Bois : Ds = 3.5×7.04× (0) = 0 w

- **Déperdition à travers les parois en contact avec le sol :**

Dsol = 1.73×7.63×11= 145.19W

Dsol+ Ds =1313.87w

- **Déperdition à travers les liaisons :**

Dli = 0.2× Ds

Dli = 0.2×1313.87 =262.77 w

Dli = 273.33w

- **Bureau d'ordre (R02) :**

Ds=K×S × (Ti-Te)

Mur1: Ds = 1.3×11.08 × (21-1) =288.08 w

Mur2: Ds = 1.3×10.97× (0) = 0 w

Mur3: Ds = 1.2×16.03× (0) = 0 w

Mur4: Ds = 1.3×9.24× (0) = 0 w

Plancher : Ds = 10.73×0.43× (0) =0 w

Fenêtres : Ds = 5.8×1.83× (21-1) =208.08 w

Fenêtres : Ds = 5.8×1.83× (21-1) = 208.08w

Portes : Bois : Ds = 3.5×7.04× (0) = 0 w

- **Déperdition à travers les parois en contact avec le sol :**

Dsol = 1.73×10.73×11 = 204.19 W

Dsol+ Ds = 908.43 w

- **Déperdition à travers les liaisons :**

Dli = 0.2× Ds

Dli = 0.2×908.43=181.68 w

Dli = 181.68w

- **Service fiscalité des revenus est des patrimoines (R03) :**

Ds=K×S × (Ti-Te)

Mur1: Ds = 1.3×14.65× (21-1) =380.95 w

Mur2: Ds = 1.3×3.67× (21-1) = 95.47 w

Mur3: Ds = 1.2×13.7× (21-1) = 356.83 w

Mur4: Ds = 2.13×4.48× (0) = 0 w

Mur5: Ds = 2.13×18.8× (0) = 0 w

Plancher : Ds = 25.97×0.43× (0) =0 w

Fenêtres : Ds = 5.8×1.2× (21-1) =139.2w

Fenêtres : Ds = 5.8×2.1× (21-1) = 243.6w

Fenêtres : Ds = 5.8×1.125× (21-1) =130.5 w

Fenêtres : Ds = 5.8×2.1× (21-1) =243.6 w

Portes : Bois : Ds = 3.5×2.73× (0) = 0 w

- **Déperdition à travers les parois en contact avec le sol :**

Dsol = 1.73×25.97×11 =494.20 W

Dsol+ Ds = 2084.35w

- **Déperdition à travers les liaisons :**

Dli = 0.2× Ds

Dli = 0.2×2084.35=416.87 w

Dli = 416.87w

- **Service fiscalité des immobilière (R04) :**

Ds=K×S × (Ti-Te)

Mur1: Ds = 2.13×3.55× (0) = 0w

Mur2: Ds = 2.13×17.95× (0) =0 w

Mur3: Ds = 2.13×3.67× (0) = 0w

Mur4: Ds = 1.3×11.53× (21-1) =299.89 w

Mur5: Ds = 2.13×3.67× (0) =0 w

Mur6: Ds = 2.13×17.95× (0) = 0w

Mur7: Ds = 2.13×4.48× (0) = 0w

Mur8 : Ds = 2.13×16.03× (0) = 0

Plancher : Ds = 26.58×0.43× (0) =0 w

Fenêtres : Ds = 5.8×4.5× (21-1) =522 w

Portes : Bois : Ds = 3.5×1.72× (0) = 0 w

- **Déperdition à travers les parois en contact avec le sol :**

Dsol = 1.73×26.58×11 =505.81 W

Dsol+ Ds = 1327.7w

- **Déperdition à travers les liaisons :**

Dli = 0.2× Ds

Dli = 0.2×1327.7=265.54w

- **Service fiscalité de l'activité commerciale artisanale et agricole (R06) :**

Ds=K×S × (Ti-Te)

Mur1: Ds = 2.13×23.09× (0) = 0w

Mur2: Ds = 1.3×15.25× (21-1) =396.63w

Mur3: Ds = 1.3×3.79× (21-1) = 98.65w

Mur4: Ds = 1.3×17.95× (21-1) = 466.95w

Mur5: Ds = 2.13×13.99× (0) =0 w

Plancher : Ds = 25.97×0.43× (0) =0 w

Fenêtres : Ds = 5.8×2.1× (21-1) =243.6w

Fenêtres : Ds = 5.8×1.125× (21-1) =130.5w

Portes : Bois : Ds = 2.73×1.72× (0) = 0 w

- **Déperdition à travers les parois en contact avec le sol :**

Dsol = 1.73×25.97×11= 494.20W

Dsol+ Ds = 1930.61w

- **Déperdition à travers les liaisons :**

Dli = 0.2× Ds

Dli = 0.2×1930.61=386.12 w

- **Services de comptabilité (R10) :**

Ds=K×S × (Ti-Te)

Mur1: Ds = 2.13×20.11× (0) = 0w

Mur2: Ds = 1.3×18.76× (21-1) =487.96w

Mur3: Ds = 1.3×17.89× (21-1) = 465.34w

Mur4: Ds = 2.13×17.89× (0) =0 w

Mur5: Ds = 2.13×18.76× (0) =0 w

Plancher : Ds = 30.76×0.43× (0) =0 w

Fenêtres : Ds = 5.8×3.15× (21-1) =365.4w

Fenêtres : Ds = 5.8×1.8× (21-1) =208.8w

Portes : Bois : Ds = 2.73×2.73× (0) = 0 w

- **Déperdition à travers les parois en contact avec le sol :**

Dsol = 1.73×30.76×12= 638.57W

Dsol+ Ds =2166.07w

- **Déperdition à travers les liaisons :**

Dli = 0.2× Ds

Dli = 0.2×2166.07=433.21 w

- **F_ pouvoir (R11) :**

Ds=K×S × (Ti-Te)

Mur1: Ds = 2.13×10.92× (0) = 0w

Mur2: Ds = 2.13×18.76× (0) =0w

Mur3: Ds = 1.3×10.84× (21-1) =282.04 w

Mur4: Ds = 2.13×18.76× (0) =0 w

Plancher: Ds = 15.5×0.43× (0) =0 w

Fenêtres : Ds = 5.8×1.8× (21-1) =208.8w

Portes : Bois : Ds = 1.72×2.73× (0) = 0 w

- **Déperdition à travers les parois en contact avec le sol :**

Dsol = 1.73×15.5×12 = 321.78W

Dsol+ Ds =812.98 w

- **Déperdition à travers les liaisons :**

Dli = 0.2× Ds

Dli = 0.2×812.98=162.59 w

- **Service de relance et de poursuites (R12) :**

Ds=K×S × (Ti-Te)

Mur1: Ds = 2.13×18.36× (0) = 0w

Mur2: Ds = 2.13×3.39× (0) = 0w

Mur 3: Ds = 2.13×18.76× (0) = 0w

Mur 4: Ds = 1.3×12.06× (21-1) =313.63 w

Mur 5: Ds = 1.3×1.63× (21-1) =42.43 w

Mur 6: Ds = 1.3×11.15× (21-1) =289.9 w

Mur 7: Ds = 1.3×1.63× (21-1) =42.38 w

Mur 8: Ds = 1.3×1.63× (21-1) =42.38 w

Mur 9: Ds = 1.3×3.56× (21-1) =92.56 w

Plancher : Ds = 29.1×0.43× (0) =0 w

Fenêtres : Ds = 5.8×1.2× (21-1) =139.2w

Fenêtres : Ds = 5.8×2.1× (21-1) =243.6w

Fenêtres : Ds = 5.8×1.05× (21-1) =121.8w

Fenêtres : Ds = 5.8×1.125× (21-1) =78.75w

Fenêtres : Ds = 5.8×2.62× (21-1) =303.92w

Portes : Bois : Ds = 1.72×2.73× (0) = 0 w

- **Déperdition à travers les parois en contact avec le sol :**

Dsol = 1.73×29.1×12 =604.11 W

Dsol+ Ds =2175.44 w

- **Déperdition à travers les liaisons :**

Dli = 0.2× Ds

Dli = 0.2×2175.44=435.088 w

- **Secrétariat (R13) :**

Ds=K×S × (Ti-Te)

Mur1: Ds = 2.13×14.68× (0) = 0w

Mur2: Ds = 2.13×4.89× (0) = 0w

Mur 3: Ds = 2.13×11.53× (0) = 0w

Mur 4: Ds = 2.13×23.74× (0) =0w

Mur 5: Ds = 1.3×8.08× (21-1) =210.08 w

Mur 6: Ds = 1.3×1.63× (21-1) =42.38 w

Plancher: Ds =18.06 ×0.43× (0) =0 w

Fenêtres : Ds = 5.8×2.1× (21-1) =243.6w

Fenêtres : Ds = 5.8×1.05× (21-1) =121.8w

Portes : Bois : Ds = 1.72×2.73× (0) = 0 w

- **Déperdition à travers les parois en contact avec le sol :**

Dsol = 1.73×18.06×12=374.92 W

Dsol+ Ds =756.23 w

- **Déperdition à travers les liaisons :**

Dli = 0.2× Ds

Dli = 0.2×756.23=151.24 w

- **Receveur (R14) :**

Ds=K×S × (Ti-Te)

Mur1: Ds = 2.13×14.68× (0) = 0w

Mur02: Ds = 2.13×2.44× (0) = 0w

Mur 03: Ds = 2.13×15.62× (0) = 0w

Mur 04: Ds = 2.13×4.89× (0) =0w

Mur 05: Ds = 2.13×14.68× (21-1) =0 w

Mur06: Ds = 1.3×1.63× (21-1) =42.43w

Mur07: Ds = 1.3×10.89× (21-1) =283.09w

Plancher : Ds =24.48 ×0.43× (0) =0 w

Fenêtres : Ds = 5.8×1.2× (21-1) =139.2w

Fenêtres : Ds = 5.8×2.1× (21-1) =243.6w

Fenêtres : Ds = 5.8×0.9× (21-1) =104.4w

Portes : Bois : Ds = 1.72×2.73× (0) = 0 w

- **Déperdition à travers les parois en contact avec le sol :**

Dsol = 1.73×24.48×12 = 508.20W

Dsol+ Ds =1320.75w

- **Déperdition à travers les liaisons :**

Dli = 0.2× Ds

Dli = 0.2×1320.75=264.15 w

- **Accueil assis (R15) :**

Ds=K×S × (Ti-Te)

Mur1: Ds = 1.3×11.23× (21-1) = 292.188w

Mur02: Ds = 2.13×16.85× (0) =0 w

Mur 03: Ds = 2.13×14.68× (0) = 0w

Mur 04: Ds = 1.3×11.32× (21-1) =294.45w

Mur 05: Ds = 1.3×1.63× (21-1) =42.43 w

Fenêtres : Ds = 5.8×2.1× (21-1) =243.6w

Fenêtres : Ds = 5.8×1.05× (21-1) =121.8w

Fenêtres : Ds = 5.8×1.8× (21-1) =208.8w

Fenêtres : Ds = 5.8×1.32× (21-1) =153.12w

Fenêtres : Ds = 5.8×0.9× (21-1) =104.4w

Portes : Bois : Ds = 1.72×1.72× (0) = 0 w

- **Déperdition à travers les parois en contact avec le sol :**

Dsol = 1.73×19.33×12 = 401.29W

Dsol+ Ds =1841.94w

- **Déperdition à travers les liaisons :**

Dli = 0.2× Ds

Dli = 0.2×1841.94=368.38 w

- **Déperdition par renouvellement d'air** :

$D_r = 0.34\times (Qv+Qs) \times \Delta T$

$D_{rv} = 0.34\times Qv \times \Delta T$

$D_{rs} = 0.34\times Qs \times \Delta T$

$Q_v = Max [(0.6\times Vh) ; Qréf]$

$0.6\times Vh=537.1$

$\mathbf{Q_{réf}}= \frac{(5\times QVmin + QVmax)}{6}=208.33$

$Q_s=\Sigma (P_{pi}\times_{evi})$

$P_{pi}=\Sigma (P0j\times Aj)$

$P_{0\ porte} = 1.2$; $P_{0fenétre} = 4$

$P_{pi}= (51.35\times4+22.51\times1.2) =232.41w$

$Q_s=232.41\times3.51$, Qs=815.76 w

$D_r =0.34 (537.1+815.76)\times (21-1)$, Dr =9199.44 w

- **Déperditions à travers les parois en contact avec des locaux non chauffé en sous-sol Parking:**

$\mathbf{D_{lnc} = T_{au} \times [\Sigma (K \times A \times \Delta T) + 0.2\Sigma (K \times L \times \Delta T)]}$

$\mathbf{D_{lnc}}=0.6\times$ **[(**$5.6\times4.08\times1.3)+(3.1\times4.08\times1.3)+(3.6\times4.08\times1.3)+(4.6\times4.08\times1.3)+(4.1\times4.08\times1.3)$ $+(4.6\times4.08\times1.3)\times(9-1)+0.2(1.73\times4.08\times6)\times(9-1)$ **]**

$\mathbf{D_{lnc}}$=692.11w

Application au projet : Sous-sol

local	Déperdition des locaux non chauffées D_{lnc} (w)
Local onduleur	83.11
Archive des dossiers fiscaux	338.59
Magazines imprimes	338.59
Magazines entretiens	338.59
Magazine	153.96
Garages des véhicules blindes	319.06
Parking	692.11
Somme totale de déperditions	**2285.35**

Tableau III .3 : Déperditions thermiques à travers les différentes parois

Parois	Types	Surface (m^2)	K ($W/m^2°C$)	ΔT (°C)	Déperditions (w)
Murs	MDC	232.7	1.3	20	6050.2
Fenêtre	Métal	1.8(6)	5.8	20	1252.8
	Métal	1.42 (3)	5.8	20	494.16
	Métal	1.2(4)	5.8	20	556.8
	Métal	2.1(7)	5.8	20	1705.2
	Métal	0.9(2)	5.8	20	208.8
	Métal	1.125(3)	5.8	20	391.5
	Métal	1.05(2)	5.8	20	243.6
	Métal	3.15	5.8	20	365.4
	Métal	2.6	5.8	20	301.6
	Métal	4.65	5.8	20	539.4
Sol		137.23	1.73	12	2848.89
Sol		105.88	1.73	11	2014.89
Somme des déperditions surfaciques par transmission **DT(W)**					16973.24
Déperditions à travers les liaisons **Dli (W)**					3394.64
Déperditions par renouvèlement d'air **DR (W)**					6864.31
Déperditions à travers des locaux non chauffé**Dlnc (W)**					127.75
Somme totale des déperditions **Dtot (W)**					**27359.94**

Tableau III.4 : Déperditions thermiques à travers les différentes parois du RCD

Parois	Types	Surface (m^2)	K ($W/m^2°C$)	ΔT (°C)	Déperditions (w)
Murs	MDC	10.08(2)	2.13	15	644.11
	MDC	14.68	2.13	16	500.29
	MDC	228.93	1.3	20	5952.32
Fenêtre	Métal	$1.125^{(2)}$	5.8	20	261
	Métal	1.4	5.8	20	162.4
	Métal	$1.05^{(5)}$	5.8	20	105
	Métal	$1.2^{(3)}$	5.8	20	417.6
	Métal	$2.1^{(6)}$	5.8	20	1461.6
	Métal	$0.9^{(2)}$	5.8	20	208.8
	Métal	4.5	5.8	20	522
	Métal	$1.8^{(5)}$	5.8	20	1044
	Métal	2.6	5.8	20	301.6
	Métal	3.15	5.8	20	365.4
	Métal	$1.35^{(4)}$	5.8	20	626.4
	Métal	1.65	5.8	20	191.4
Plancher		46.98	1.73	20	1625.5
Somme des déperditions surfaciques par transmission **DT (W)**					13745.02
Déperditions à travers les liaisons **Dli (W)**					2749.005
Déperditions par renouvèlement d'air **DR (W)**					9611.90
Déperditions à travers des locaux non chauffé **Dlnc (W)**					296.55
Somme totale des déperditions **Dtot (W)**					**26402.47**

Tableau III.5 : Déperditions thermiques à travers les différentes parois de l'E01

Parois	Types	surface (m^2)	K ($W/m^2°C$)	ΔT (°C)	Déperditions (w)
Murs	MDC	181.79	1.3	20	4726.54
	MDC	8.5	2.13	15	362.1
Fenêtre	Métal	3.15	5.8	20	365.4
	Métal	2.6	5.8	20	301.6
	Métal	$2.1_{(6)}$	5.8	20	1461.6
	Métal	$1.125_{(5)}$	5.8	20	652.5
	Métal	$1.2_{(11)}$	5.8	20	1531.2
	Métal	$1.05_{(2)}$	5.8	20	243.6
	Métal	$0.9_{(2)}$	5.8	20	208.8
Somme des déperditions surfaciques par transmission **DT (W)**					9826.34
Déperditions à travers les liaisons **Dli (W)**					1965.26
Déperditions par renouvèlement d'air **DR(W)**					9131.9444
Déperditions à travers des locaux non chauffé **Dlnc (W)**					212.15
Somme totale des déperditions **Dtot (W)**					**21135.69**

Tableau III.6 : Déperditions thermiques à travers les différentes parois de l'E02

Parois	Types	Surface (m2)	K ($W/m^2°C$)	ΔT (°C)	Déperditions (w)
Murs	MDC	173.28	1.3	20	4505.42
	MDC	21.76	2.13	16	741.58
Fenêtre	Métal	$2.4_{(4)}$	5.8	20	1113.6
	Métal	$0.9_{(2)}$	5.8	20	208.8
	Métal	$1.8_{(5)}$	5.8	20	1044
Portes	bois	$1.72_{(2)}$	3.5	20	240.8
Terrasses		167.67	1	20	3353.4
Somme des déperditions surfaciques par transmission DT **(W)**					11207.6
Déperditions à travers les liaisons $\mathbf{D_{li}}$ **(W)**					2241.52
Déperditions par renouvèlement d'air $\mathbf{D_R}$ **(W)**					5399.82
Déperditions à travers des locaux nonchauffé$\mathbf{D_{lnc}}$ **(W)**					154.63
Somme totale des déperditions$\mathbf{D_{tot}}$**(W)**					**19003.57**

Tableau III.7 : Déperditions thermiques à travers les différentes parois de l'E03

Niveaux	Déperdition total (w)
Sous-sol	2285.35
RDC	27359.94
1er étage	26402.47
2ème étage	21135.69
3ème étage	19003.57
∑ Dtot (W)	**96187.02**

Tableau III.8: Déperditions thermiques total

Vérification réglementaire :

Les déperditions par transmission DT de l'immeuble doivent vérifier la relation suivante :

DT ≤ 1.05 Dréf ..... (III.40)

DT : Les déperditions par transmission de l'immeuble (W/°C) Dréf : Les déperditions de référence. (W/°C)

Dréf = a ×S1+ b × S2+ c × S3 + d × S4 + e × S5 .....(III.41)

Les Si (en m2) représentent les surfaces des parois à travers lesquelles il y a des déperditions. Elles concernent respectivement :

- ✓ S1 : la toiture
- ✓ . S2 : le plancher bas y compris les planchers bas donnant sur des locaux non chauffés.
- ✓ S3 : les murs.
- ✓ S4 : les portes.
- ✓ S5 : les fenêtres

Les coefficients a, b, c, d, e (en W/m^2. °C) sont donnés dans le tableau suivant :

Zone	Immeuble collectif				
B	a	b	c	d	e
	9	2.4	1.2	3.5	4.5

Tableau III.9 : Coefficient a, b, c, d, e

Example de calcule: RDC

$D_{réf}$ = a ×S1 ×ΔT + b × S2 ×ΔT + c × S3× ΔT + d × S4 ×ΔT + e × S5 ×ΔT

$D_{réf}$= [0.9×243.11× (21-21)]+[2.4×137.23× (21-10)+2.4×105.88×(21-9)]+ [232.7×1.2(21-1) +22.56×4×3.5(21-21) +51.35×4.5×(21-1)

Dréf=16878.51w

1.05 × $D_{réf}$=17722.44w

16973.24w <17722.44 w

DT< 1.05 × $D_{réf}$ donc la condition est vérifiée.

Bilan estivale :[2]

Exemple de calcule :

- **RCD Les apports calorifiques sensibles As et les latents Al :**

As = APO (t) + AV (t) + AIs + AINFs ..... **(III.42)**

Al = AIl +AINFl

Apports à travers les parois opaques :

APO (t) = 1.2×Kéte× Sint×ΔT_e(t) .....**(III.43)**

$\Delta t_e(t) = \Delta t_{es}(t) + C_{\Delta te}(t) + \frac{\propto}{0.9} + (\Delta t_{em}(t) - \Delta t_{es}(t)) \times (\frac{Itb}{Itb\,(40)})$

Orientation	M_{surf} (Kg/m^2)	8	9	10	11	12	13	14	15	16
NE	**300**	-1.1	2.8	13.3	12.2	11.1	8.3	5.5	6.1	6.7
E	**300**	0	11.7	16.7	17.2	17.2	10.06	7.8	7.2	7.8
SE	**300**	0	7.2	11.1	13.3	15.6	14.4	13.9	11.7	10
S	**300**	-2.2	-1.7	-1.1	3.9	6.7	11.1	13.3	13.9	14.4
SO	**300**	0	0	0	1.1	4.4	6.7	13.3	17.8	19.4
O	**300**	0	0	0	1.1	2.2	3.9	5.5	10.6	14.4
NO	**300**	-2.2	-1.7	-1.1	0	1.1	3.3	4.4	5.5	6.7
N	**300**	-2.2	-1.7	-1.1	-0.5	0	1.7	3.3	4.4	5.5

Tableaux III.10 : Valeur Δtes(t)

ΔTS_{max}	8	9	10	11	12	13	14	15	16
13	6.2	7.5	5.3	4.8	4.3	3.9	3.4	2.8	2.3

Tableaux III.11 : Valeur $C_{\Delta Te}$

Remarque :

$\frac{Itb}{Itb(40)} = \frac{171.12}{47} = 3.64$

Murs extérieurs :

Mur sud :

ΔTe(8) = -2.2+6.2+ $\frac{0.5}{0.9}$ (-2.2-(-2.2)) 3.64= 4

ΔTe(9)= -1.7+5.7+ $\frac{0.5}{0.9}$ (-1.7-(-1.7)) 3.64= 4

ΔTe(10)= -1.1+5.3+ $\frac{0.5}{0.9}$ (-1.1-(-1.1)) 3.64= 4.2

ΔTe(11)= 3.9+4.8+ $\frac{0.5}{0.9}$(0.5-3.9) 3.64= 1.89

ΔTe(12)= 6.7+4.3+ $\frac{0.5}{0.9}$(0-6.7) 3.64= -2.41

ΔTe(13)= 11.1+3.9+ $\frac{0.5}{0.9}$ (1.7-11.1) 3.64= -3.64

ΔTe(14)= 13.3+3.4+ $\frac{0.5}{0.9}$ (3.3-13.3) 3.64= -3.32

ΔTe(15)= 13.9+2.8+ $\frac{0.5}{0.9}$ (4.4-13.9) 3.64= -2.319

ΔTe(15)=14.4+2.3+ $\frac{0.5}{0.9}$ (5.5-14.4) 3.64= -1.318

D'parée les calculs ΔTe(t) max = ΔTe(10) = 4.2 °C

APO (t) = APO (10) = 1.2×1.45×36.96×4.2 = 270.10w

Murs intérieurs :

APO = $K_{éte}$ × S_{int} ×ΔT.....(III.44)

Dans notre cas les murs intérieurs sont en contact avec un espace non conditionnée donc

APO=$K_{éte}$ × S_{int} ×ΔtInc(t).....(III.45)

ΔtInc(t) = [(TSe(t) - Cinc) - TSb,i]

ΔtInc(t) = [(36 – (0)) - 24] =12 °C

APO = 1.45×131.75×12 = 632.4 W

APO (Porte) = 3.5×21.95×12 = 105.36 W

Parois en contact avec le sol :

APO = Kéte × Sint × (TSm– TSi, b)..... **(III.46)**

APO = 2.04×234.11× (26.5-24) = 1193.96 W

Apports à travers les parois vitrées :

AV (t) = AVT (t) + AVE (t)….....(III.47)

Apports dus au gradient de température à travers les parois vitrées :

AVT (t) = 1.2×Kété × Souv × (TSe(t)-TSbi).....**(III.48)**

TSbi = TSe - (CTS ×Eb)

TSe (8) = 37-(0.77×15) = 25.45°C

TSe (9) = 37-(0.63×15) = 27.55 °C

TSe (10) = 37-(0.48×15) = 29.8°C

TSe (11) = 37-(0.35×15) = 31.75 °C

TSe (12) = 37-(0.21×15) = 33.85 °C

TSe (13) = 37-(0.067×15) = 35.99°C

TSe (14) = 37-(0×15) = 37°C

TSe (15) = 37-(0×15) = 37 °C

TSe (16) = 37-(0×15) = 37°C

AVT = 1.2×5.8×14.55× (36-24) =507.03 W

AVE (t) = (SV_{ens}×It+ (SV-SV_{ens}) ×Id) ×FS×N_{pvi}(t)..... **(III.49)**

It= (1.17×1×1.02×1.05) ×171.12

It= 212.31

Id= (1.17×1×1.02×1.05) ×47

Id= 58.31

AVE (15) = (9.63×212.31+ 4.98×58.31) ×0.38×0.65

AVE (15) = 557.86 W

AV =1064.89W

Apports internes :

Apports dus aux occupants :

AI (t)= AIs(t)+AIl (t) = ∑ (CS×AS×N) + ∑ (CS×Al) ..... (III.50)

AIs(t) =∑ (CS×AS×N) = 0.8*52*0.96*67= 2675.71W

AIl (t)=0.8*52*35=1456 W

AI(t) = AIs(t) + AIl(t) = 2675.71+1456=4131.71

Apports dus l'éclairage :

Désignation du local ou genre d'activité	**Intensité lumineuse recommandée (Lux)**	**Puissance dégagé des lampes ou des tubes (W/m^2)**	
		Lampes à incandescences	**Lampes fluorescentes**
Bureaux, salle de cours	250	55	16

Tableau III.12 : Gains due à l'éclairage

Apports dus machines électriques :

Les Apports dus machines électriques :

Les apports dus aux machines électriques, on utilisera soit :

- ✓ Les indications données par le fabricant ;
- ✓ Donnée par les tableaux A19, A20.A22**(Annexes).**

Apports des gains sensibles dus renouvellement d'air $AINF_s$:

$AREN_s(t)= 0.32×Qvan× (T_{se}(t)-Ts_{bi})$ .....(III.51)

$AINF_s(t)= 0.32×Qvinf× (T_{se}(t)-Ts_{bi})$ .....(III.52)

Qv_{an}= Max [(0.6×V h) ; $Qv_{réf}$]

Qvréf = $(\frac{5\times QVmin+Qvmax}{6})$ =208.33 m3 /h

Qvan = 0.6×234.1 = 573.1 m3 /h

ARENs = 0.32× 573.1 × (36-24) = 1156.92 W

Qv_{inf}= Qv_0 ×S_{ouv}

Qv_0 = 8.7

Qv_{inf}= 446.33m3 /h

AINFS = 0.32× 446.65×12=1715.36W

Apports des $AINF_l$:

$AINF_l$ = 0.797×Qvas× Max [((Hse(t)-Hsbi) ; 0)]

$AINF_l$ = 0.797×Qvinf× Max [((Hse(t)-Hsbi) ; 0)]

Hse(t)-Hsbi< 0 donc $AINF_l$= 0

A(t) total = 2872.056 W

Application au projet :

Parois	Types	S (m^2)	Orientation	$K_{ètè}$ ($W/m^2°C$)	$\Delta t_e(t)$ (°C)	ΔtInc (t) (°C)	Apports (W)
Murs	MDC	45.37	E	1.45	1.75	-	138.92
	MDC	61.59	N	1.45	7.8	-	835.89
	MDC	36.96	S	1.45	4.2	-	270.09
	MDC	-	O	1.45	négative	-	0
	MDC	131.75	-	2.18	-	12	3446.58
Porte Int		21.95	-	3.5	-	12	921.9
plancher		234.11	-	2.04		2.5	1193.96
Apports à travers les parois opaques **APO(t) (W)**							6798.34
Apports à travers les parois vitrées **AV (t) (W)**							2823.15
Apports internes **AI(t) (W)**							21085.47
Apports dus au renouvellement de l'air **ARENs (t)(W)**							1156.92
Apports dus aux infiltrations d'air **AINFs(t) (W)**							1715.16
Somme des apports total**AP(t) (W)**							**33579.04**

Tableau III.13 : Apports à travers les différentes parois du RDC

Parois	Types	S (m^2)	Orientation	$K_{ètè}$ ($W/m^2°C$)	$\Delta t_e(t)$ (°C)	ΔtInc (t) (°C)	Apports (W)
Murs	MDC	51.57	N	1.45	7.8	-	699.90
	MDC	40.99	E	1.45	1.75	-	124.81
	MDC	40.91	S	1.45	4.2	-	298.97
	MDC	-	O	1.45	négative	-	0
	MDC	168.09	-	2.18	12	-	4397.23
Porte Int	-	20.53	-	3.5	12	-	862.26
Apports à travers les parois opaques **APO(t) (W)**							6383.17
Apports à travers les parois vitrées **AV (t) (W)**							3584.62
Apports internes AI(t) (W)							18869.18
Apports dus au renouvellement de l'air **ARENs (t) (W)**							2837.27
Apports dus aux infiltrations d'air **AINFs(t) (W)**							1777.30
Somme des apports total**AP(t) (W)**							**31674.69**

Tableau III.14 : Apports à travers les différentes parois del'E01

Parois	Types	S (m^2)	Orientation	$K_{ètè}$ ($W/m^2°C$)	$\Delta t_e(t)$ (°C)	ΔtInc (t) (°C)	Apports (W)
Murs	MDC	38.79	N	1.45	7.8	-	526.45
	MDC	38.38	E	1.45	1.75	-	116.86
	MDC	51.67	S	1.45	4.2	-	377.60
	MDC		O	1.45	négative		0
	MDC	216.05	-	2.18	-	12	5651.86
Porte Int		27.22	-	3.5	-	12	1143.24
Apports à travers les parois opaques **APO(t) (W)**							78116.02
Apports à travers les parois vitrées **AV (t) (W)**							3094.93
Apports internes **AI(t) (W)**							24946.14
Apports dus au renouvellement de l'air **ARENs (t) (W)**							2412.12
Apports dus aux infiltrations d'air **AINFs(t) (W)**							1770.62
Somme des apports total**AP(t) (W)**							**110339.83**

Tableau III.15 : Apports à travers les différentes parois de l'E02

parois	Types	S (m^2)	Orientation	$K_{ètè}$ ($W/m^2°C$)	$\Delta t_e(t)$ (°C)	ΔtInc (t) (°C)	Apports (W)
Murs	MDC	37.17	N	1.45	7.8	-	504.47
	MDC	41.27	E	1.45	1.75	-	125.66
	MDC	63.57	S	1.45	4.2	-	464.56
	MDC	-	O	1.45	négative		0
	MDC	116.83	-	2.18	-	12	3056.27
	MDC	45.97	-	1.22	-	12	673
Terrasses		167.67	-	1.02		12	2052.28
Porte Int		15.78	-	3.5	-	12	662.76
Apports à travers les parois opaques **APO(t) (W)**							7539
Apports à travers les parois vitrées **AV (t) (W)**							1167.5
Apports internes **AI(t) (W)**							87892.49
Apports dus au renouvellement de l'air **ARENs (t) (W)**							1585.55
Apports dus aux infiltrations d'air **AINFs(t) (W)**							681.21
Somme des apports total**AP(t) (W)**							**98865.75**

Tableau III.16 : Apports à travers les différentes parois de l'E03

Niveaux	Apports total (w)
RDC	33579.04
1er étage	31674.69
2eme étage	110339.83
3ème étage	98865.75
∑ APtot (W)	**274459.31**

Tableau III.17 : Apports thermiques total

Vérifications réglementaires :

APO (15h) +AV (15h)≤ 1.05×Aréf (15h) ..... (III.53)

Les apports calorifiques de références $A_{réf}$ sont donnes par :

$A_{réf} = A_{réf, ph} + A_{réf,pv} + A_{réf,pvi}$ .....(III.54)

a = 2.7 planchers bas en contact avec un local non conditionnée

$A_{réf, ph1} = \sum (2.7 \times 243.11 \times 4) = 2625.588$ w

$A_{réf, PV} = 2300.76$ w

$A_{réf, PVI}$ = AVEréf + AVTréf

$A_{réf, PVI} = 3980.27 + 6090.98$ w

Aréf, PVI = 10071.25w

Aréf = 12717.49 W

$1.05 \times A_{réf} = 13353.37$W

APO (15h) +AV (15h) = 9621.49 w

9621.49 < 13353.37W

APO (15h) +AV (15h) ≤ $1.05 \times A_{réf}$ (15h) donc la condition est vérifiée.

CHAPITRE IV : CHOIX DE SYSTEME DE CLIMATISATION

Introduction :

Après l'évaluation des charges thermique de la construction, on a besoin de compenser celles- ci par l'utilisation d'un système de climatisation.

Système de climatisation : [6]

Un système de climatisation est définit comme un dispositif d'équipement qui permet de traiter l'ambiance d'un local toute l'année afin de procuré le bienêtre et le confort des occupants. Au sein d'un bâtiment un système de climatisation assure plusieurs fonctions que l'on peut regrouper sous l'appellation "maîtrise de la qualité des ambiances" celle-ci comprend la qualité hygrothermique, la qualité sonore et la qualité de l'air.

La maîtrise hygrothermique regroupe le chauffage, le rafraîchissement et le contrôle de l'humidité de l'air.

La maîtrise acoustique permet de supprimer les nuisances extérieures parla fermeture des ouvrants tout en respectant la nouvelle réglementation acoustique pour offrir à l'intérieur des locaux un niveau sonore plus faible que celui des autres appareils (ordinateur dans un bureau par exemple).

Enfin, la qualité de l'air sera obtenue grâce à la filtration de l'air (propriété de l'air) au renouvellement de l'air (évacuation des polluants et assainissements) et au contrôle de la circulation de l'air dans l'espace (homogénéisation de la qualité de l'air dans le local).

Confort thermique :

a) Confort et température :

Dans les conditions habituelles, l'homme assure le maintien de sa température corporelle autour de 36,7°C. Cette température est en permanence supérieure à la température d'ambiance, aussi un équilibre doit-il être trouvé afin d'assurer le bien-être de l'individu.

b) Confort et humidité :

L'humidité relative ambiante influe sur la capacité de notre corps à éliminer une chaleur excédentaire. L'inconfort n'apparaît que dans des situations extrêmes :

- ✓ Soit une humidité relative inférieure à 30%.
- ✓ Soit une humidité relative supérieure à 70%

c) Confort et vitesse de l'air :

La vitesse de l'air (plus précisément la vitesse relative de l'air par rapport à l'individu) est un paramètre à prendre en considération car elle influe sur les échanges de chaleur par convection et augmente l'évaporation à la surface de la peau.

d) Confort acoustique :

Pour imposer un niveau de confort, la première idée consiste à imposer un niveau de bruit maximal, un seuil en décibel à ne pas dépasser.

Classification des systèmes de climatisation :

Les systèmes de climatisation peuvent être divisés en trois catégories :

- **Système centralisé :**

L'air est traité au niveau d'une centrale de climatisation ; la distribution de l'air se fait par un réseau de gain liant la centrale à des bouches de soufflage situées à l'intérieur des locaux à Climatiser.

- **Système décentralisé :**

C'est le cas où chaque local est équipé par un appareil monobloc composé de deux parties ; une partie de traitement et une autre de production d'énergie, il peut être un climatiseur individuel de type Split système ou bien une armoire de climatiseur.

- **Système semi centralisé :**

Le but de ce système est de permettre une régulation, tout en conservant les avantages de la Centralisation.

Système proposé :

Le choix d'un système de climatisation dépend de plusieurs facteurs, donc pour effectuer un choix adéquat on doit réaliser un compromis entre ces divers facteurs :

- ✓ Les conditions climatiques de la région.
- ✓ Type d'habitat.
- ✓ Volume de l'habitation.
- ✓ Nombre de pièces à climatisé.
- ✓ Budget.

Pour notre projet, le choix était comme suit : **une installation en ventilo-convecteur.**

Ventilo-convecteurs :

Cet appareil est une de climatisation ou de chauffage destinée à souffler de l'air dans une pièce afin d'apporter la quantité nécessaire en calories ou frigories. Il pulse l'air au moyen d'un ventilateur et le réchauffe ou le rafraichi au travers de batteries thermiques.

Principe de fonctionnement :

Les ventilo-convecteurs sont des appareils individuels principalement utilisés dans le cas de construction de locaux multiples pour les conditions d'ambiance différentes, mais la production de l'eau chaude et de l'eau glacée reste centralisée.

Un ventilo-convecteur a pour but :

- Filtration de l'air repris et de l'air neuf admis dans l'appareil.
- Chauffage ou refroidissement de l'air mélangé.
- Soufflage dans le local de l'air mélangé (réchauffage ou refroidissement).

L'installation de ventilo-convecteur demande :

- Un ou plusieurs générateurs de chaleur produisant l'eau chaude, généralement des chaudières.
- Un groupe de préparation d'eau glacée.
- Un groupe réversible de préparation d'eau glacée et l'eau chaude.
- Un dispositif manuel ou automatique permettant d'alimenter alternativement les batteries des ventilo-convecteurs en eau chaude ou en glacée selon la saison.
- Un réseau de tuyauterie distribue de l'eau chaude ou glacée.

Avantage des ventilo-convecteurs :

- ✓ Les ventilo-convecteurs n'utilisent que les canalisations hydrauliques de faibles diamètres d'où l'absence d'encombrement.
- ✓ Grande facilité de pose et de raccordements électriques et hydrauliques.
- ✓ Fonctionnement extrêmement silencieux.
- ✓ Grande flexibilité d'adaptation aux types les plus divers d'immeubles.
- ✓ Entretient simple et peu coûteux.
- ✓ Grande autonomie de fonctionnement (possibilité d'un contrôle individuel, par local).

IV .6.3. Inconvénients des ventilo-convecteurs :

- ✓ Dans le cas d'une batterie unique il n'est guère possible de contrôler l'humidité relative de l'air intérieur.

- ✓ Le passage du froid au chaud (ou vice-versa) dans le cas d'une batterie unique n'est pas instantané et demande un certain temps nécessaire pour inverser le régime.
- ✓ Les prises d'air extérieures ne sont pas toujours faciles à exécuter.

Différents type de ventilo-convecteur :

Il existe plusieurs types :

- ✓ Les ventilo-convecteurs d'allège : qui sont installés contre une paroi extérieure généralement en allège de façon à admettre une certaine quantité d'air neuf extérieurs.
- ✓ Les ventilo-convecteurs plafonniers : sont installés en plafonds (faux plafonds) près d'une paroi extérieure.
- ✓ Des ventilo-convecteurs verticaux : qui sont incorporés dans un habillage prévu dans le local.

Classifications des ventilo-convecteurs :

- ✓ **Système à deux tubes :**

C'est le système le plus simple et le moins coûteux ; toutes les batteries des appareils sont alimentées en même temps en eau chaude ou en eau glacée, cependant ce système présente certains inconvénients tels que l'apparition des zones inconfortables en demi-saison d'où la nécessité de faire un zonage dans l'ensemble de l'immeuble bien que cette solution se traduit inévitablement par un coût élevé.

- ✓ **Système à trois tubes :**

Dans ce système les ventilo-convecteurs sont normalement alimentés en toute saison en air primaire chaud ou froid, en eau chaude et en eau glacée distribuées par l'ensemble de trois tuyaux qui comprend :

1. Distribution d'eau chaude.
2. Distribution d'eau froide.
3. Retour commun de l'eau chaude et l'eau froide.

- ✓ **Système à quatre tubes :**

Les ventilo-convecteurs sont alimentés en toutes saisons par un réseau de quatre tuyaux :

1. Une distribution de l'eau chaude.
2. Une distribution de l'eau glacée.
3. Un retour de l'eau chaude.
4. Un retour de l'eau glacée.

Ce système revient plus cher à l'installation mais présente l'avantage simplifié considérablement l'étude de la régulation de l'installation de climatisation, tout en permettant un degré de confort élevé dans tous les locaux à climatiser.

Puisque les considérations économiques sont loin d'être les seules à jouer un rôle décisif dès qu'il s'agit d'une installation destinée à assurer toute l'année le meilleur confort et vue les avantages et les inconvénients de chaque système, mon choix est porté sur le système à quatre tuyaux.

Climatisation par ventilo-convecteur :

a) Sélection d'un ventilo-convecteur :

La sélection d'un ventilo-convecteur est basée sur les paramètres suivants :

- ✓ La température de l'eau à l'entrée de la batterie d'échange.
- ✓ La température de l'eau à la sortie de la batterie d'échange.
- ✓ La température de l'air à la reprise "Ti".

IV.10/- Choix de l'appareillage : [6] [7]

Choix du Pompe à chaleur :

On choisit la pompe à chaleur carrier 30RQM-310



Figure IV. : Pompe à chaleur scroll air/eau

Caractéristique et avantage :

Les pompes à chaleur AquaSnap sont conçues pour respecter les exigences actuelles et futures de la directive européenne Écoconception et du règlement F-Gaz en matière d'efficacité énergétique et de réduction d'émissions de CO2.

Elles utilisent les meilleures technologies disponibles aujourd'hui :

- ✓ Faible charge de fluide frigorigène R-410A respectueux de la couche d'ozone.
- ✓ Compresseurs scroll - ventilateurs à vitesse variable Greenspeed (modèles 30RQP).
- ✓ Échangeurs à plaques brasées réduisant les pertes de charge.
- ✓ Régulation à microprocesseur auto-adaptatif avec intelligence Greenspeed.
- ✓ Régulation Touch Pilot avec écran tactile couleur et possibilités de connectivité web Economies d'énergie supplémentaires grâce la récupération partielle de chaleur Les deux versions d'AquaSnap peuvent être équipées d'un module hydraulique intégré, limitant l'installation à des opérations classiques telles que le raccordement électrique et hydraulique.

Recommandée par Carrier, l'AquaSnap peut être équipée d'une ou de deux pompes à vitesse variable Greenspeed pour réduire significativement les coûts d'énergie consommée par le pompage (plus des deux tiers) et pour assurer une régulation optimale du débit d'eau, tout en améliorant la fiabilité globale du système.

Fonctionnement très économique

Haute efficacité énergétique à pleine charge et à charge partielle

- ✓ valeurs Eurovent conformes à la norme EN 14511-3 :2013, EER jusqu'à 2,9 (version 30RQP).
- ✓ les gammes 30RQP et 30 RQM satisfont aux exigences de rendement minimum relatives au chauffage dans le programme d'écoconception de l'UE applicables à partir de septembre 2017.
- ✓ ensemble de compresseurs scroll équipés de moteurs à haut rendement capable d'adapter exactement leur capacité à la charge demandée.
- ✓ détendeur électronique permettant un fonctionnement à une pression de condensation plus faible et une meilleure utilisation de la surface d'échange de l'évaporateur (régulation de la surchauffe).
- ✓ échangeur thermique à air avec ventilateurs à vitesse variable Greenspeed (version 30RQP).

- ✓ échangeurs à plaques brasées à faible perte de charge (< 45 kPa conformes aux conditions Eurovent).

➢ Fonctions de régulation spécifique pour réduire la consommation d'énergie de l'unité lors des périodes occupées et inoccupées :

- ✓ horloge de programmation interne : permet de commander la mise en marche/arrêt et le fonctionnement de la pompe à chaleur sur un deuxième point de consigne
- ✓ décalage automatique du point de consigne en fonction de la température de l'air extérieur ou de la température ambiante (via une option).
- ✓ gestion de la haute pression flottante (HP).
- ✓ régulation des ventilateurs à vitesse variable
- ✓ limitation de la demande de refroidissement et de chauffage Voir le chapitre sur la régulation pour plus d'informations.
- ✓ Sur la pompe à chaleur version 30RQM/30RQP, l'algorithme spécifique de dégivrage sans inversion de cycle (Free Defrost) optimise la performance et le confort même pendant les périodes de dégivrage.

➢ Pompe à vitesse variable Greenspeed pour réduire la consommation d'énergie de 2/3 (option recommandée par Carrier) :

- ✓ élimination des pertes d'énergie causées par la vanne de régulation du débit d'eau grâce au réglage électronique du débit d'eau nominal.
- ✓ économies d'énergie au cours des périodes de veille ou de fonctionnement à charge partielle par la réduction automatique de la vitesse de la pompe. La consommation d'énergie du moteur de la pompe varie au cube de la vitesse, de telle sorte qu'une réduction de vitesse de seulement 40 % minimise la consommation d'énergie de 80%
- ✓ meilleure performance à charge partielle de l'unité (augmentation du SCOP et du SEER avec un débit d'eau variable selon la norme EN 14825) Voir le chapitre sur l'option hydraulique pour plus d'informations.

Économies d'énergie supplémentaires grâce à l'option de récupération partielle de chaleur, qui permet la production gratuite d'eau chaude. Coûts de maintenance réduits :

- ✓ diagnostic rapide des incidents possibles et de leur historique via la régulation.
- ✓ fluide frigorigène R-410A, un des fluides les plus utilisés.

- ✓ Faible niveau sonore.

Section de batterie équipée de ventilateurs à vitesse fixe (modèles 30RQM) :

- ✓ batteries de condensation en forme de V avec un angle ouvert, pour un débit d'air plus silencieux à travers la batterie.
- ✓ ventilateurs Flying Bird de 4e génération à faible niveau sonore, fabriqués en matériau composite (brevet Carrier) - installation rigide du ventilateur pour une réduction du bruit (brevet Carrier) Batterie avec ventilateurs Greenspeed à vitesse variable (modèles 30RQP recommandés par Carrier pour un fonctionnement encore plus silencieux) :
- ✓ signature acoustique exceptionnelle pendant le fonctionnement à charge partielle grâce à une variation régulière de la vitesse du ventilateur.
- ➢ Fonctions de régulation spécifiques destinées à réduire le niveau sonore pendant la nuit ou les périodes d'inoccupation :
- ✓ contrôle sonore de nuit avec limitation de la capacité et de la vitesse du ventilateur
- ✓ compresseurs scroll peu bruyants avec un faible niveau de vibration
- ✓ l'assemblage des compresseurs est installé sur un châssis indépendant et soutenu par des supports flexibles antivibratoires
- ✓ support flexible pour les tuyauteries d'aspiration et de refoulement, minimisant la transmission des vibrations (brevet Carrier)
- ✓ capotage acoustique du compresseur, réduisant les émissions sonores (option)

Installation facile et rapide

- ➢ Conception compacte :
- ✓ Les unités AquaSnap sont compactes et offrent un poids réduit facilitant l'installation.
- ➢ Module hydraulique intégré (option) :
- ✓ Pompe à eau basse ou haute pression (selon les besoins)
- ✓ Pompe simple ou double (selon les besoins) avec équilibrage du temps de fonctionnement et basculement automatique sur la pompe de secours en cas de panne.
- ✓ Filtre à eau protégeant la pompe à eau.

- ✓ Capteurs de pression pour l'affichage numérique direct du débit d'eau et des pressions d'eau - Isolation thermique et protection antigel jusqu'à -20 °C fournie par un réchauffeur (option).
- ✓ Vase d'expansion grande capacité (option).
- ➢ Module hydraulique intégré avec pompe à vitesse variable Greenspeed (option recommandée par Carrier).
- ✓ Réglage électronique facile et rapide du débit d'eau nominal à la mise en service de l'unité, éliminant ainsi le réglage de la vanne de régulation du débit d'eau.
- ✓ Régulation automatique de la vitesse de la pompe sur la base d'une vitesse constante, d'une différence de pression constante ou d'une différence de température constante.
- ➢ Raccordements électriques simplifiés :

✓ Un point d'alimentation unique sans neutre.

✓ Sectionneur général à fort pouvoir de coupure.

✓ Circuit de commande 24 V à partir d'un transformateur intégré.

➢ Mise en service rapide de l'unité - Essai en usine systématique avant expédition :

✓ Fonction Quick-test pour la vérification étape par étape des capteurs, des composants électriques et des moteurs.

Coûts d'installation réduits

- ➢ Pompe à vitesse variable Greenspeed en option avec le module hydraulique (option recommandée par Carrier) :

✓ Élimination du coût de la vanne de régulation du débit d'eau.

✓ La conception du système à débit primaire variable permet de réaliser des économies sur les coûts d'installation par rapport à l'approche traditionnelle des systèmes primaires constants associés à des circuits secondaires variables : élimination de la pompe de distribution secondaire, etc.

✓ Conception du système global avec des ventilo-convecteurs équipés de vannes à 2 voies au lieu de vannes à 3 voies

Responsabilité environnementale

- ➢ Fluide frigorigène R-410A respectueux de la couche d'ozone.
- ➢ Potentiel de réchauffement direct réduit (10 % de l'impact total de réchauffement) :

✓ Faible charge de fluide frigorigène R-410A

- ✓ Circuit frigorifique étanche avec un minimum de raccords brasés
- ✓ Personnel de maintenance Carrier qualifié pour assurer les opérations sur le fluide frigorigène - Site de fabrication ISO 14001.

➢ Potentiel de réchauffement indirect réduit (90% de l'impact total de réchauffement) :

- ✓ Consommation d'énergie réduite de l'unité (à pleine charge et à charge partielle).
- ✓ L'énergie consommée par la pompe peut être réduite de 2/3 grâce aux pompes à vitesse variable Greenspeed.

Fiabilité supérieure

➢ Concept innovant :

- ✓ Deux circuits indépendants de fluide frigorigène, le second prenant .automatiquement le relais si le premier tombe en panne, maintenant ainsi un refroidissement partiel en toutes circonstances.
- ✓ Tous les composants du compresseur sont facilement accessibles sur site, ce qui minimise les temps d'arrêt.
- ✓ Disposition en V des batteries pour les protéger contre la grêle.
- ✓ En option, traitement anticorrosion de la batterie pour une utilisation dans des environnements moyennement corrosifs.
- ✓ Contrôleur électronique de débit d'eau. Réglage automatique en fonction de la taille du refroidisseur et du type de fluide.

➢ Régulation auto-adaptative :

- ✓ L'algorithme de régulation empêche les cycles excessifs du compresseur et permet une réduction de la quantité d'eau dans la boucle (brevet Carrier).
- ✓ Réduction de puissance automatique du compresseur en cas de pression de condensation anormalement élevée.
- ✓ Réglage automatique de la vitesse du ventilateur en cas d'encrassement de la batterie (modèles 30RQP).
- ✓ Démarrage progressif du ventilateur pour augmenter la durée de vie de l'unité (modèles 30RQP).

➢ Tests d'endurance exceptionnels :

- ✓ Partenariats avec des laboratoires spécialisés et utilisation d'outils de simulation (calcul par éléments finis) pour la conception des composants critiques.

- ✓ Test de simulation de transport sur un circuit d'endurantce basé sur une norme militaire.

.IV.10.2 Choix des ventilo convecteurs :

Le ventilo-convecteur est un appareil terminal, peut être placé au sol, fixé au mur ou au plafond ou intégré dans le plafond, se compose pour l'essentiel d'un ou deux échangeurs de chaleur pour assurer le chauffage et le refroidissement, un bac de récupération des condensais,

Un ventilateur de type centrifuge ou à turbine tangentielle et un filtre. Pour notre projet on a choisi les ventilo convecteur CARRIER 42N.



Figure IV. : Ventilo convecteur Modèle CARRIER 42N

Etage	Type de ventilo convecteurs	Déperditions (K.W)	Apports (K.W)	Puissance calorifique (K.W)	puissance frigorifique (K.W)	Nombre des ventilo convecteurs
RDC	4 (42N-S15)	27.35	33.57	2.87	1.72	20
1ere Etage	4 (42N-S15)	26.40	31.67	2.77	1.62	20
2ème Etage	4 (42N-S15)	21.13	110.33	2.14	5.64	20
3ème Etage	4 (42N-S15)	19.003	98.86	1.92	5.05	20

Tableaux IV.1 : Type des ventilo – convecteurs des étages

VENTALTION

INTRODUCTION :[4]

La ventilation et la climatisation permettent d'obtenir le climat intérieur souhaité. Selon les exigences, une ou plusieurs des tâches suivantes doivent être accomplies : Alimentation en air extérieur Dans les pièces de séjour, l'air expiré enrichi en CO_2 par les personnes doit être renouvelé avec de l'air neuf. Évacuation des charges thermiques Afin de maîtriser la température ambiante, les charges thermiques du local (chauffage et refroidissement) doivent être éliminées. À cet effet, il convient d'alimenter le local en air chaud ou froid selon le cas. Évacuation des charges humides Afin de maîtriser l'humidité de l'air ambiant, le local doit être alimenté en air humidifié ou déshumidifié, selon qu'il s'y trouve des sources d'humidité ou de déshumidification. Maîtrise de la qualité de l'air Afin de maîtriser les concentrations autorisées en agents contaminants dans des locaux (en conformité avec la norme allemande MAK), l'air contaminé doit être remplacé par de l'air pur. On entend par agents contaminants toute substance ayant des conséquences nuisibles. Cependant, il ne s'agit pas uniquement de conséquences nuisibles à la santé, comme par exemple en cas de forte concentration de CO2 ; en effet, la poussière peut également devenir une substance nuisible, notamment lorsqu'elle est à l'origine de la mise au rebut de toute une production de puces électroniques, par exemple. Maîtrise d'une pression de sécurité dans un local Afin d'empêcher un échange non voulu de masses d'air avec l'environnement, un local doit être, selon le cas, maintenu en surpression (dans une salle blanche par exemple) ou bien en dépression (dans un laboratoire de sécurité par exemple). À cet effet, le taux de circulation des masses d'air alimentant le local ou évacuées de ce dernier doit être paramétré de façon plus ou moins grande.

On distingue deux types de ventilation qui sont :

1. Ventilation naturelle (libre).
2. Ventilation mécanique (forcée).

Ventilation naturelle :

On entend par ventilation naturelle, par opposition à la ventilation contrôlée réalisée par des ventilateurs mécaniques, le renouvellement de l'air généré par la force ascensionnelle naturelle de l'air lors de différences de température ou bien par l'effet du vent. Le calcul et la mesure de ce renouvellement d'air sont difficiles à effectuer. La plupart des méthodes de mesure consistent à mélanger à l'air ambiant des gaz comme le gaz carbonique (CO2), l'hélium (He) ou l'oxygène (O2) et ensuite à quantifier la diminution de leur concentration

avec le temps afin d'obtenir le taux de renouvellement d'air2. Il est impossible de récupérer de la chaleur.

On distingue quatre types de ventilation libre qui sont :

1. Ventilation par les inétanchéités
2. Ventilation par ouverture de la fenêtre
3. Ventilation par conduit vertical
4. Ventilation par dispositif sur la toiture

a) Avantage :

La ventilation entièrement naturelle ne demande aucune consommation électrique,

- ✓ le moteur du déplacement d'air étant la pression du vent et les différences de température. Elle est en ce sens économique et réduit l'impact du bâtiment sur l'environnement.
- ✓ En outre, les éléments de ventilation naturelle demandent généralement très peu d'entretien et ne comprennent pas de ventilateurs bruyants.

b) Inconvénients :

- ✓ L'air neuf n'est pas filtré et les grilles d'amenée d'air peuvent laisser filtrer les bruits extérieurs, ce qui peut être délicat en site urbain ou fortement pollué.
- ✓ Les grilles d'ouvertures peuvent engendrer un inconfort, par exemple en plein hiver, sauf si la grille d'ouverture est placée à une hauteur supérieure à 1,80 m par rapport au sol ou derrière un corps de chauffe.
- ✓ Les ouvertures entre locaux, favorisent le passage de bruits pouvant être très gênants. Un traitement acoustique des grilles doit alors être prévu. Mais en pratique, la présence d'absorbeur acoustique dans une ouverture augmente son épaisseur et sous-entend généralement que la grille doit être placée dans l'épaisseur du mur (et non dans le vitrage ou dans la porte).
- ✓ En fin, les ouvertures dans les façades ne sont pas toujours du goût des architectes

Ventilation mécanique (forcée) :

C'est plus souvent un système qui assure la ventilation en mettant le local en dépression ce qui provoque l'entrée d'air neuf.

L'air frais pénètre par les ouvrants, fenêtres, grilles …etc. et l'air vicié est extrait par un ventilateur d'extraction.

La ventilation mécanique assure :

- ✓ Le maintien d'un faible écart de température entre l'intérieur et l'extérieur.
- ✓ Le maintien du local en dépression tout en assurant sa ventilation ce qui évitera la propagation de l'air vicié dans les autres locaux.
- ✓ L'élimination des odeurs et les polluants de l'air dans le local.

Ce type de ventilation pourra avoir :

- ✓ Une ventilation par reprise seule.
- ✓ Une ventilation par soufflage seul.
- ✓ Une ventilation par couplage soufflage et reprise.

Le rejet de l'air vicié dans l'atmosphère se fait de deux manières :

- ✓ Horizontalement.
- ✓ Verticalement.

Au niveau du bruit, le rejet vertical est toujours préférable au rejet horizontal car les ondes sonores sont plus dispersées facilement dans l'air du local.

Selon le taux de renouvellement d'air et pour répondre aux besoins, un aérateur doit avoir un débit horaire égal (ou supérieur de référence) aux besoins en renouvellement horaire calculés pour un local donné.

a) Avantage :

- ✓ La ventilation par simple extraction d'air est simple, et peu coûteuse à
- ✓ l'exploitation
- ✓ Les débits d'air extraits sont contrôlés.
- ✓ La mise au point est facile et se limite au réglage des débits extraits au moyen des bouches.

b) Inconvenants :

- ✓ On rejette directement vers l'extérieur de l'air aux conditions extérieures, ce qui induit des pertes énergétiques importantes.
- ✓ L'air neuf n'est pas filtré et les grilles d'amenée d'air peuvent laisser filtrer les bruits extérieurs, ce qui peut être délicat en site urbain ou fortement pollué.
- ✓ Les grilles d'ouvertures peuvent engendrer un inconfort, par exemple en plein hiver, sauf si la grille d'ouverture est placée à une hauteur supérieure à 1,80 m par rapport au sol ou derrière un corps de chauffe.
- ✓ Enfin, les ouvertures dans les façades ne sont pas toujours du goût des architectes.

Application au projet :

Ventilation des sanitaires :

Ce type d'installation assure le renouvellement d'air et en même temps est chargé d'éliminer ou tout au moins de réduire le plus possible les odeurs plus ou moins nauséabondes qui se développent dans les sanitaires ;

Leur fonctionnement se fait tout en air neuf dans la plupart des cas ; Le désodorisation constitue bien entendu en aucun cas une fonction thermodynamique.

Appareille utilisé pour la ventilation des sanitaires et les cuisines :[5]

Pour assurer la ventilation par extraction des sanitaires plus ou moins grandes dimensions, on utilise ce qu'on appelle un ventilateur-extracteur de toiture, plus couramment dénommé

«Tourelle » (figure).



Figure V.1 : Tourelle

Ces tourelles placées à l'extérieur, en toiture même inclinée, sont destinées soit à limiter la pollution ambiante soit à évacuer d'importantes quantités de chaleur, Soit les deux à la fois.

L'introduction d'air a lieu en été par les portes et les fenêtres, ou mieux encore, surtout hiver, est assurée par une installation d'insufflation mécanique

Ces tourelles se composent :

- ✓ D’une carrosserie en tôle d'acier avec capot pare pluie anti-corrosif ou encore en matière plastique,
- ✓ D’un ventilateur centrifuge ou hélicoïde avec son moteur,

- ✓ D'un clapet de fermeture automatique dont l'ouverture est assurée par l'écoulementde l'air ou commandée par servomoteur

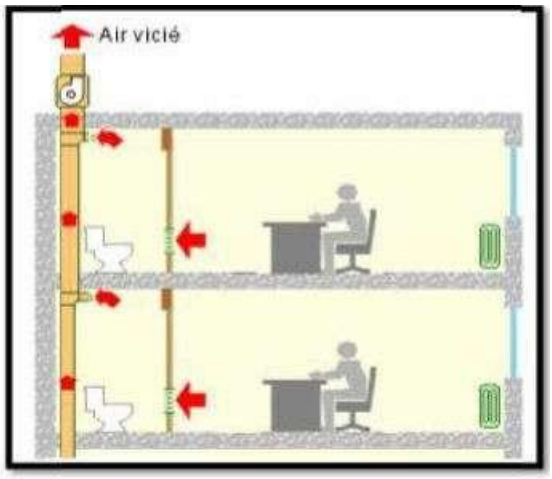


Figure V.2 : L'emplacement de la tourelle dans les sanitaires

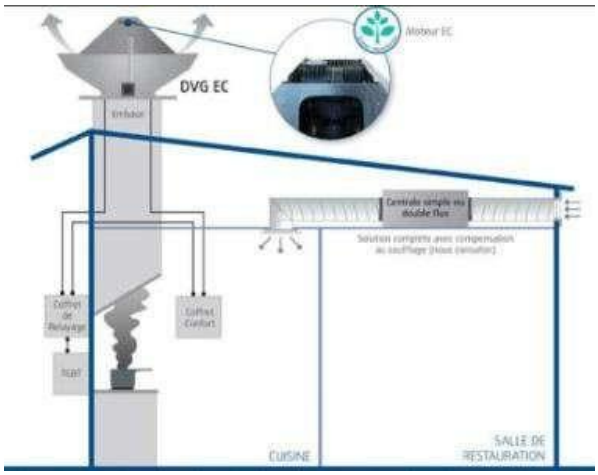


Figure V.3 : L'emplacement de la tourelle dans les cuisines

VI.3.1.2 Application au projet :

Pour l'entrée d'air neuf en générale, les portes et les fenêtres sont suffisamment une étanche pour passer assez d'air.

K= Vs/V

Vs : débit de ventilation des toilettes (m^3/h).

V : volume des toilettes (m^3).

K : taux de renouvellement (h^{-1}).

Le taux de renouvellement d'air normalisé est : K = 7h-1

Donc : Vs = K.V Le taux de renouvellement K est donné par le tableau si dessous

Pièces	Taux de renouvellement
Cuisine	6 à 10
Salle de bain	8 à 12
W C	8 à 10
Petits bureau	5 à 7

Tableau V.1 : Taux de renouvellement

V.3.1 Ventilation des sanitaires

A.2 Exemple de calcul :

Pour sanitaire RDC :

V= 31.41m3

K= 10 h^{-1}

Vs= K. V **A.N** : Vs = 31.41. 10 ⇒ Vs = 314.1 m3/h

étage	pièces	k (h-1)	v (m3)	Vexerait
RDC	sanitaire	10	31,41	314,16
	sanitaire	10	31,41	314,16
1erétage	sanitaire	10	31,41	314,16
	sanitaire	10	31,41	314,16
2emeétage	sanitaire	10	31,41	314,16
	sanitaire	10	31,41	314,16
3èmeétage	SDB+logia+wc	10	32,35	325,5
	SDB+logia+wc	10	47,73	477,3

Tableau V.2 : Débit d'air d'évacuation des sanitaires

V.3.1 Ventilation des cuisines :

Etage	pièces	k (h^{-1})	v (m3)	V extrait
3èmeétage	cuisine	10	48.96	489.6
	cuisine	10	88.65	886.5

Tableau V.3 : Débit d'air d'évacuation des cuisines

Etage	K(h^{-1})	V (m^3)	V extrait
RDC	**7**	955.16	6686.12
1^{ere} étage	**7**	1407.11	9849.77
2eme étage	**7**	1174.26	8219.82
3eme étage	**7**	688.17	4817.19

Tableau V.4 : Débit d'air d'évacuation des circulations

CHAPITRE VI : REGULATION

VI.1. INTRODUCTION :

Une installation de climatisation a pour but de maintenir constante la température dans une pièce ventilée à une valeur donnée, indépendamment de l'état de l'air extérieur et qui ce passe dans la pièce. On utilise donc des procédés pour réchauffer ou refroidir les différents éléments de l'installation devront être disposé et associés de façon qu'il en résulte des combinaisons utiles ce qui nécessite un système de régulation.

Boucle de régulation : [5]. [6]

Une boucle de régulation comprend :

a) Organe de détection :

Il a pour rôle de mesurer la valeur réelle de la grandeur à régler, il peut être un thermostat, un pressostat ou un hygrostat.

b) Régulateur :

C'est l'appareil qui a pour rôle de :

- ✓ Comparer la valeur mesurée par le détecteur avec la valeur désirée.
- ✓ Amplifier l'écart entre les deux valeurs.
- ✓ Transformer cet écart en signal ou en ordre de commande à l'organe de réglage.
- ✓ L'organe de commande qui peut être un servomoteur électrique, reçoit l'ordre du régulateur en actionnant de réglage.

c) L'organe de réglage :

Il a pour rôle d'ajuster la grandeur de réglage à la valeur nécessaire, en recevant l'ordre du régulateur sous forme de signal électrique. L'action de l'organe de réglage est purement mécanique.

Appareils de régulation utilisée dans les installations de climatisation : [5]. [6]

Organe de détection :

a) **thermostat :** C'est un organe de détection de température.

b) **Sonde :** Généralement identique à un thermostat mais se place à l'extérieur

c) **Hygrostat :** C'est un organe de détection d'humidité relative.

Les organes de détection doivent être simple et solide avec un fonctionnement précis et sur, et seront choisis en fonction des performances a assuré et leur degré de fiabilité.

Organe de réglage :

a) **Vannes :** elles servent à faire varier le débit d'un fluide par la modification de la section de passage ; cette variation entraîne une certaine variation résistance hydraulique de la vanne.

b) **Servomoteurs :** elles sont les organes de commande qui modulent la position des vannes ; ils sont de type électrique.

Choix du mode de régulation : [5]. [6]

Régulation Touch

Pilot La régulation Touch Pilot est dotée d'une technologie de communication de pointe sur Ethernet (IP) ainsi que d'une interface utilisateur intuitive et conviviale sur un écran tactile couleur 5 pouces.

- Configuration de la gestion de l'énergie :
- ✓ Horloge de programmation interne : régulation des périodes de mise en marche/arrêt et du fonctionnement de la pompe à chaleur sur un deuxième point de consigne
- ✓ Décalage du point de consigne en fonction de la température de l'air extérieur
- ✓ Commande maître/esclave de deux pompes à chaleur fonctionnant en parallèle avec équilibrage des temps de fonctionnement et basculement automatique en cas de défaut d'une unité
- Fonctionnalités avancées de communication :
  - ✓ Mode nuit : limitation de la puissance et de la vitesse du ventilateur pour un niveau sonore réduit
  - ✓ Avec module hydraulique :

Affichage de la pression de l'eau et calcul du débit d'eau

- ✓ Technologie de communication conviviale et rapide sur Ethernet (IP) vers un système de gestion centralisée du bâtiment.
- ✓ Accès à de nombreux paramètres de l'unité.
- Fonctionnalité de la maintenance :
- ✓ Rappel d'entretien obligatoire.
- ✓ Contrôle d'étanchéité F-Gaz.
- ✓ Rappel d'entretien périodique Alarme de maintenance configurable en jours, mois ou heures de fonctionnement.
- Interface utilisateur Touch Pilot 5 pouces :

- ✓ Interface écran tactile 5 pouces intuitive et conviviale - Les informations concises et précises sont disponibles dans les langues locales - Menu complet, personnalisé pour

différents utilisateurs (utilisateurs finaux, personnel de maintenance ou ingénieurs Carrier).



Figure VI.1. : Schéma de TOUCHEPILOT

VI.3.2Gestion à distance (standard)

Les unités dotées de la régulation Touch Pilot sont facilement accessibles sur Internet, à partir d'un PC ayant une connexion Ethernet. Ce moyen rend la commande à distance aussi rapide que facile et offre des avantages significatifs pour les opérations d'entretien.

L'AquaSnap est équipé d'un port série RS485 qui offre différentes possibilités de commande, de surveillance et de diagnostic à distance.

Carrier propose un choix étendu de produits spécialement conçus pour la régulation, la gestion et la supervision d'un système de climatisation. Consulter votre représentant Carrier pour plus d'informations.

L'AquaSnap communique également avec d'autres systèmes de gestion centralisée du bâtiment via des passerelles de communication en option.

Une borne de raccordement permet la commande à distance filaire de l'unité AquaSnap :

- ✓ marche/arrêt : l'ouverture de ce contact met l'unité à l'arrêt
- ✓ double point de consigne : la fermeture de ce contact active un second point de consigne (par exemple : état inoccupé).
- ✓ limite de la demande : la fermeture de ce contact limite à une valeur prédéfinie la puissance maximale de la pompe à chaleur.

  indication de fonctionnement : ce contact libre de potentiel indique que la pompe à chaleur fonctionne (production de froid).

- ✓ indication d'alarme : ce contact libre de potentiel indique la présence d'une défaillance majeure qui a conduit à l'arrêt d'un ou de plusieurs circuits frigorifiques.

Module de gestion d'énergie (option) :

Le module de gestion d'énergie offre des possibilités étendues de commande à distance :

- ✓ température ambiante : permet la réinitialisation du point de consigne en fonction de la température de l'air intérieur du bâtiment (avec thermostat Carrier) ;
- ✓ décalage du point de consigne :

Assure le décalage du point de consigne froid en fonction d'un signal 4-20 mA ;

- ✓ demande limite : permet de limiter la puissance maximale de la pompe à chaleur sur la base d'un signal 4-20 mA ;
- ✓ demande limite 1 et 2 : la fermeture de ces contacts limite la puissance ou le courant maximum à deux valeurs prédéfinies ;
- ✓ sécurité utilisateur : ce contact peut être utilisé pour toute boucle de sécurité de l'utilisateur, son ouverture générant une alarme spécifique ;
- ✓ fin du stockage de glace : lorsque le stockage de glace est terminé, cette entrée permet le retour à la deuxième consigne (mode inoccupé) ;
- ✓ ignorer la programmation horaire :

La fermeture de ce contact annule les effets de la programmation horaire ;

- ✓ hors service : ce signal indique que la pompe à chaleur est complètement hors service
- ✓ puissance de l'unité : cette sortie analogique (0-10 V) donne une indication immédiate de la capacité de l'unité ;
- ✓ indication d'alerte : ce contact sec indique la nécessité de procéder à une opération de maintenance ou la présence d'une défaillance mineure ;
- ✓ commande de la chaudière : Cette sortie Marche/arrêt contrôle une chaudière indépendante pour fournir de l'eau chaude ;
- ✓ commande du réchauffeur électrique : cette sortie marche/arrêt commande jusqu'à 4 étages de puissance du réchauffeur électrique pour fournir une puissance calorifique supplémentaire pendant la saison froide.

Régulation des Ventilo Convecteur :

Les ventilo-convecteurs soufflent à l'intérieur des locaux à climatiser de l'air traité à des caractéristiques de température, d'humidité et de débit qui sont fonction d'un indicateur d'une sonde d'ambiance.

Deux positions d'une sonde sont possibles

- ✓ Incorporé dans l'appareil et placé dans le circuit de recyclage, près de la grille de reprise.
- ✓ Installé dans le local, à l'extérieur du ventilo. Dans notre projet en choisie la 2ème position.

La sonde d'ambiance va agir sur quatre paramètres :

- ✓ Le débit d'eau chaude ou froide alimentant les deux batteries.
- ✓ Le débit d'air mélange.
- ✓ Le débit d'air neuf.
- ✓ La vitesse de rotation du moteur du ventilateur.

Un schéma représentatif de régulation des ventilo-convecteurs est comme se suit :

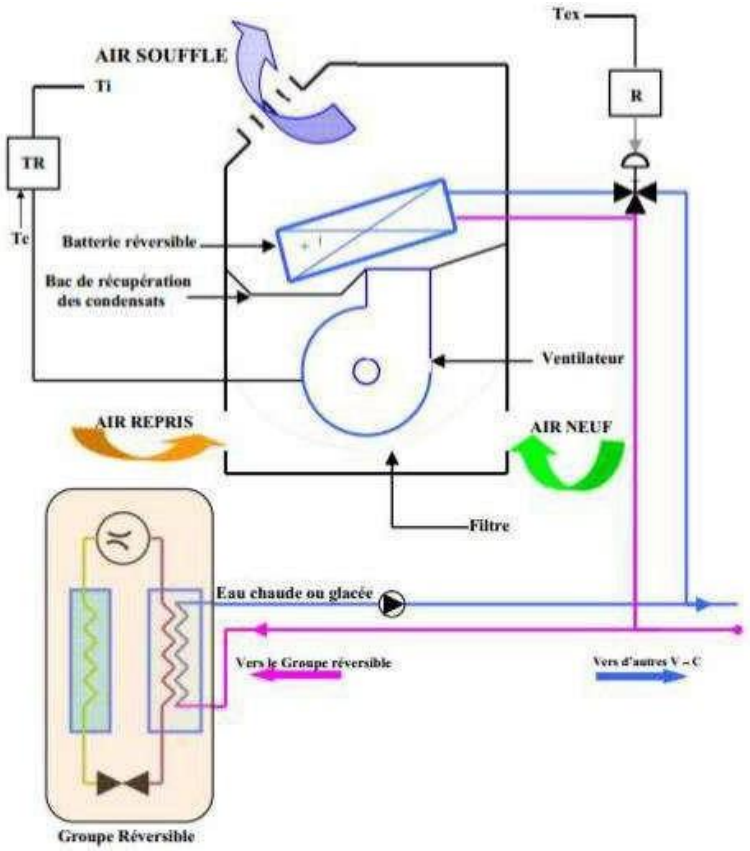


Figure VI.2 : Schéma de régulation d'un ventilo convecteur à deux tubes

Tr : Thermorégulateur (Thermostat TouR)

Tc : Température de consigne

R : Régulateur proportionnel

- Les raccordements hydrauliques pourront être complétés en installant :

- A l'entrée (retour installation), un filtre à tamis métallique avec une maille de 1mm.
- En sortie (départ installation), un flussostat dimensionné et réglé en fonction des caractéristiques de l'installation ; accordé à la moitié d'un tube droit horizontal et d'une longueur d'au moins 1 ml.

Ceci devrait garantir, avec le pressostat différentiel installé dans la machine, le débit d'eau correct qui traverse l'appareil avec un delta T minimal de 4°C et maximal de 6°C.

- ✓ Purgeurs d'air situés en partie haute de l'installation.
- ✓ Joints élastiques et flexibles.
- ✓ Vannes d'isolement.
- ✓ Vannes d'isolement pour traitement chimique

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERAL

Les résultats obtenus à l'issus de cette étude nous ont permis de conclure que l'architecture de l'immeuble étudié est dans les normes énergétiques, cela est justifié par la vérification réglementaire. Le choix du système de climatisation semi-centralisé avec ventilo-convecteur est justifié suite aux avantages qu'il présente.

Pour limiter la multiplication de petites unités extérieures et les coûts de la climatisation en général, il faudrait privilégier l'installation de systèmes plus centralisés.

Les ventilo convecteurs et la CTA offrent une solution souple et un confort optimum. Ces derniers peuvent également apporter une réponse aux nombreuses demandes de climatisation en minimisant la consommation d'énergie.

Cependant l'obstacle à l'installation de ces deux types de climatisation, demeure l'investissement de départ qui ne peut être reporté entièrement sur le ou les premiers demandeurs. Il faudrait donc disposer d'un budget « tampon » que l'on pourrait répercuter ensuite sur les différents demandeurs.

Enfin, pour conclure notre travail on peut dire qu'à travers l'étude de ce projet, nous avons eu l'occasion d'enrichie et d'approfondir remarquablement nos connaissance en matière de technique de la climatisation. Et nous espérons toutefois, que d'autres sujets vont continuer sur ce chemin pour apporter encore plus d'avantages de connaissances.

Références Bibliographiques

- **Les Ouvrages :**

[1] Document technique réglementaire (D .T.R C) 3.2 réglementaire thermique des bâtiments d'habitations règle de calcule des déperditions calorifiques.

[2] Document technique réglementaire (D .T.R C) 3.4 réglementaire climatisation, règle de calcule des apports calorifiques des bâtiments

[3] LE RECKNAGEL « manuel pratique génie climatique » données fondamentales Tome 01 3ème édition pyc édition livres 1995.

[4] LE RECKNAGEL « manuel pratique génie climatique ». Ventilation, climatisation, conditionnement d'air. Tome 03, 3éme édition JJMG éditions / pyc livres 2001.

[5] MEMOIRE Climatisation du bloc C du nouveau campus universitaire de Khemis Miliana.

- **Les catalogues :**

[6] Catalogue général CARRIER_FR 2019& 2020_mars 2019_interactif

[7] Catalogue ventilo-convecteurs 42N LEC/42N

ANNEXES

Tableau A.1 : Coefficients de transfert superficiel (été)

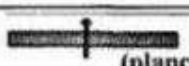
1/h en m².°C/W	Paroi en contact avec : - l'extérieur, - un passage ouvert, - un local ouvert.			Paroi en contact avec : - un autre local, conditionné ou non conditionné, - un comble, - un vide sanitaire.		
	$1/h_i$	$1/h_e$	$1/h_i + 1/h_e$	$1/h_i$	$1/h_e$	$1/h_i + 1/h_e$
 Latéral (Mur) $\alpha > 60°$	0,10	0,04	0,14	0,10	0,11	0,21
 (toiture) $\alpha \leq 60°$	0,16	0,04	0,20	0,16	0,17	0,33
 (plancher)	0,08	0,04	0,12	0,08	0,09	0,17

Tableau A.2 :Coefficients de transfert superficiel ((hiver)

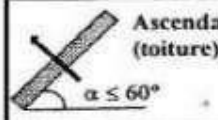
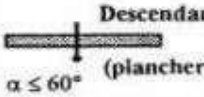
1/h en m².°C/W	Paroi en contact avec : - l'extérieur, - un passage ouvert, - un local ouvert.			Paroi en contact avec : - un autre local, chauffé ou non chauffé, - un comble, - un vide sanitaire		
	$1/h_i$	$1/h_e$	$1/h_i + 1/h_e$	$1/h_i$	$1/h_e$	$1/h_i + 1/h_e$
 Latéral (Mur) $\alpha > 60°$	0,11	0,06	0,17	0,11	0,11	0,22
 Ascendant (toiture) $\alpha \leq 60°$	0,09	0,05	0,14	0,09	0,09	0,18
 Descendant (plancher) $\alpha \leq 60°$	0,17	0,05	0,22	0,17	0,17	0,34

Tableau A.3 : Diagramme psychrométrique

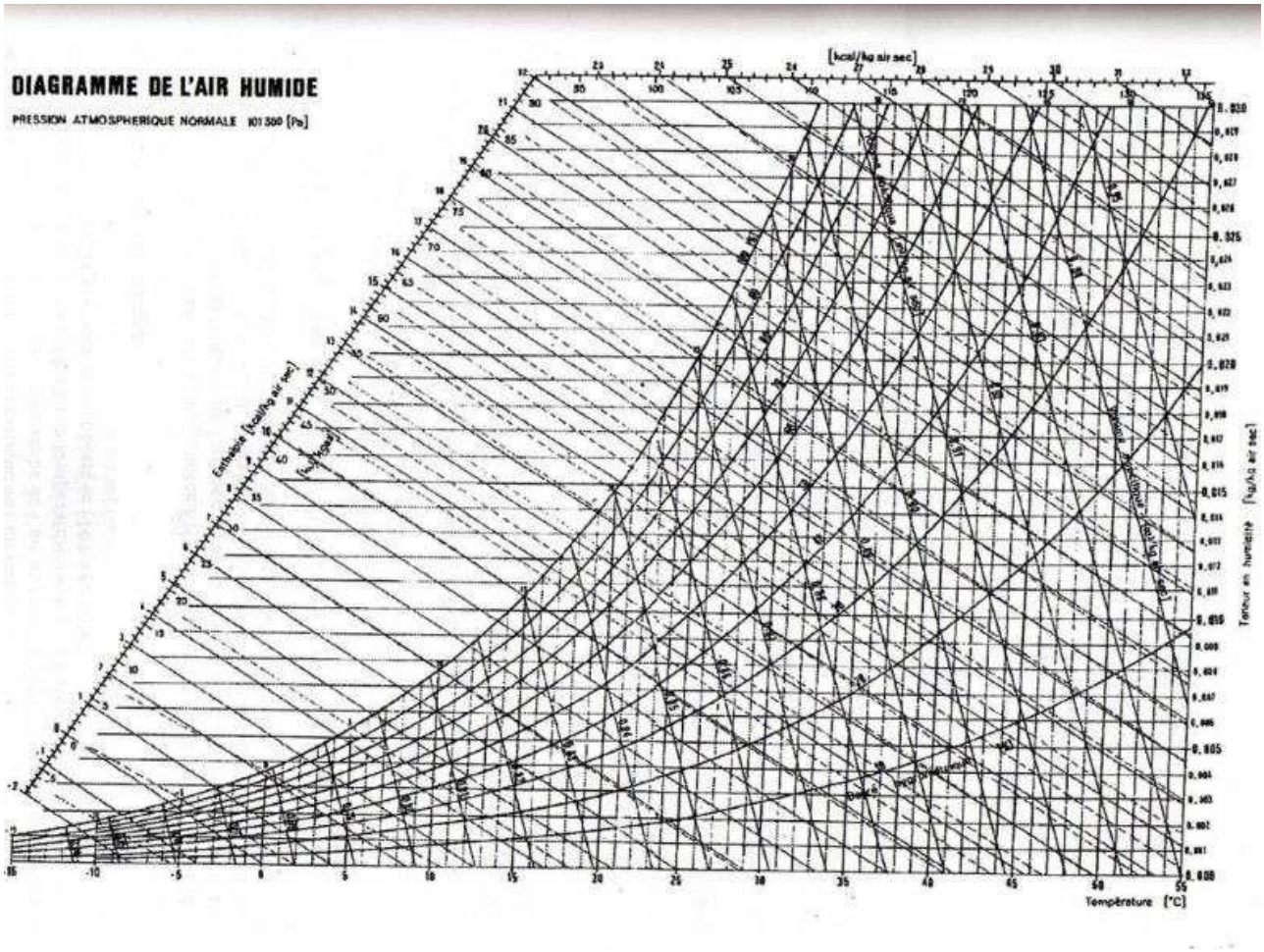


Tableau A. 4 : Conditions intérieures de base

APPLICATION	Niveau de confort amélioré		Niveau de confort normal		
	Température sèche (°C)	Humidité relative (%)	Température sèche (°C)	Humidité relative (%)	Accroissement toléré de la température (°C)
Séjour de longue durée Logement, hôtel, bureaux, hôpital, école, etc.	24	45	27	50	2
Séjour de courte durée Magasin, banque, bureaux de poste, salon de coiffure, etc.	24	45	27	50	2
Séjour de durée limitée avec gains latents importants Amphithéâtre, salle de spectacle, lieu deculte, salle de restauration, cuisine, etc.	24	50	27	60	1

Tableau A. 5 : Valeurs de $N_{PVI, réf}$

Valeurs de $N_{PVI, réf}$								
Types de locaux	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
logement, locaux à usage d'hébergement	0,95	0,26	0,31	0,44	0,68	0,62	0,43	0,30
Bureaux	0,98	0,19	0,21	0,28	0,65	0,77	0,61	0,40

Tableau A.6 : Valeurs de c

Valeurs de c (en W/m². °C)		
Zone climatique	Logement Individuel	Logement en immeuble collectif. Bureaux. Locaux à usage d'hébergement
A	1,4	1,2
B	1,2	1,2
B'	1,2	1,2
C	1,2	1,2
D	1,4	1.4
D1, D2 et D3	1,4	1,4

Tableau A.7 :Conditions extérieures de base

zone climatique	Température sèche $TS_{b,e}$ (°C)	Humidité spécifique $HS_{b,e}$ (g_{vap}/kg_{as})	Ecart diurne E_b (°C)	Température moyenne TS_m (°C)	Ecart annuel de température EAT (°C)
A alt ≤500m 500 ≤ alt ≤ 1000m alt ≥ 1000m	34 33,5 30,5	14,5 13 13	9 10 9	25,5 25 22,5	31 32,5 31,5
B alt ≤500m 500 ≤ alt ≤ 1000m alt ≥ 1000m	38 37 35	12,5 9 10	15 15 14	26,5 26,5 25	36 36 36
B' alt < 500m alt ≥ 500m	41 Voir zone B	11 Voir zone B	18 Voir zone B	29 29	41
C alt < 1000m alt ≥ 1000m	39,5 36	8,5 8,5	20 18	27 25	41,5 40
D1	44	6,5	15,5	33	38
D2	48	5,5	16,5	36,5	43
D3	39	5,0	12,0	29,6	35

Tableau A.8 :Coefficient d'amortissement pour 21 heures de fonctionnement

	M kg/m²	TEMPS SOLAIRE VRAI																							
		Protection Intérieur												Sans protection ou avec protection extérieur											
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
NE	>750	59	67	62	49	33	27	25	24	22	21	20	17	34	42	47	45	42	39	36	33	30	29	26	23
	500	59	68	64	52	35	29	24	23	20	19	17	15	35	45	50	49	45	42	34	30	27	26	23	20
	150	62	80	75	60	37	25	19	17	15	13	12	11	40	62	69	64	48	34	27	22	18	16	14	12
E	>750	51	66	71	67	57	40	29	26	25	23	21	19	36	44	50	53	53	50	44	39	36	34	30	28
	500	52	67	73	70	58	40	29	26	24	21	19	16	34	44	54	58	57	51	44	39	34	31	28	24
	150	53	74	82	81	65	43	25	19	16	14	11	9	36	56	71	79	70	54	39	28	23	18	15	12
SE	>750	20	42	59	70	74	71	61	48	33	30	26	24	34	37	43	50	54	58	57	55	50	45	41	37
	500	18	40	57	70	75	72	63	49	34	28	25	21	29	33	41	53	58	61	61	56	49	44	37	33
	150	9	35	61	78	86	82	69	50	30	20	17	13	14	27	47	64	75	79	73	61	45	32	23	18
S	>750	28	25	40	53	64	72	77	77	73	67	45	31	47	43	42	46	51	56	61	63	60	65	61	54
	500	26	22	38	51	64	73	79	79	77	65	51	31	44	37	39	43	50	57	64	68	70	68	63	53
	150	21	29	48	67	79	82	89	83	56	30	24	16	28	19	25	38	54	68	78	84	82	76	61	42
SO	>750	31	27	27	26	25	27	50	63	72	74	69	54	51	44	40	37	34	36	41	47	54	57	60	58
	500	33	28	25	23	23	35	50	64	74	77	70	55	53	44	37	35	31	33	39	46	55	62	64	60
	150	29	31	18	15	14	27	50	69	82	87	79	60	48	32	25	20	17	19	39	56	70	80	79	69
O	>750	63	31	28	27	25	24	22	29	46	61	71	72	56	49	44	39	36	33	31	31	35	42	49	54
	500	67	33	28	26	24	22	20	28	44	61	72	73	60	52	44	39	34	31	29	28	33	43	51	57
	150	77	34	25	20	17	14	13	22	44	67	82	85	77	56	38	28	22	18	16	19	33	52	69	77
NO	>750	68	28	27	25	23	22	20	19	24	41	56	67	49	44	39	36	33	30	28	26	26	30	37	44
	500	71	31	27	24	22	21	19	18	23	40	58	70	54	49	41	35	31	28	25	23	24	30	39	48
	150	82	33	25	20	18	15	14	13	19	41	64	80	75	53	36	28	24	19	17	15	17	30	50	66
N	>750	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	75	75	79	83	84	86	88	88	91	92	93	93
	500	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	81	84	85	89	91	93	93	94	94	95	95	95
	150	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Tableau A.9 :Rayonnement de base

Rayonnement total de base It, b et diffus de base Id, b (en W/m²)									
Latitude Nord	Mois	ORIENTATION								
		N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	Hori
20°	Juillet	59	435	514	267	44	267	514	435	791
	Août	34	372	520	356	81	356	520	372	788
	Septembre	31	273	514	441	205	441	514	273	733
30°	Juillet	50	413	516	315	94	315	516	413	776
	Août	34	340	520	406	198	406	520	340	741
	Septembre	28	284	498	479	330	479	498	284	668
40°	Juillet	47	400	516	394	217	394	516	400	734
	Août	34	321	511	459	321	459	511	321	675
	Septembre	28	183	470	511	441	511	470	183	577

Tableau A.10 : Valeurs de $\Delta T_{Sréf}$ pour les parois verticales

Valeurs de $\Delta TS_{,éf,pv}$ (en °C) - Latitude 40°N									
Zone	Paroi en contact avec l'extérieur Orientation								Paroi en contact avec un I.n.c
(alt en m)	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	
A alt < 500	4.66	5.44	5.89	8.22	9.81	10.02	8.75	5.66	4
5005 alt <	3.76	4.54	4.99	7.32	8.91	9.12	7.85	4.76	3.5
alt k 1000	1.26	2.04	2.49	4.82	6.41	6.62	5.35	2.26	0.5
B alt < 500		6.59	7.04	9.37	10.96	11.17	9.9	6.81	5
5005. alt		5.64	6.09	8.42	10.01	10,22	8.95	5.86	4
1000 alt k 1000		4.14	4.59	6.92	8.51	8.72	7.45	4.36	5
B' alt < 500	7.36	8.14	8.59	10.92	12.51	12.72	11.45	8.36	6
alt k 500	voir zone B (en fonction de l'altitude)								

Tableau A.11 Valeurs de C_{Lnc} pour une température de base égale à 37°C

$TS_{b,e}$ = 37 °C									
Heure	Cas 1	Cas 2	Cas 3	Cas 4	Heure	Cas 1	Cas 2	Cas 3	Cas 4
1	-3	-16	-4	-5	13	4	-9	2	-4
2	-4	-17	-5	-6	14	5	-8	2	-3
3	-5	-18	-6	-6	15	6	-8	3	-3
4	-6	-18	-6	-7	16	6	-7	3	-3
5	-6	-18	-6	-6	17	6	-8	3	-3
6	-6	-18	-6	-6	18	5	-8	2	-4
7	-5	-18	-6	-6	19	4	-9	2	-5
8	-4	-16	-4	-4	20	4	-10	1	-6
9	-3	-15	-4	-9	21	3	-11	0	-1
10	-1	-14	-3	-8	22	2	-11	-1	-2
11	1	-12	-1	-6	23	0	-13	-2	-3
12	2	-11	0	-5	24	-1	-14	-3	-4

Tableau A.12 :Valeurs de CTS

Heure	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
CTS (%)	67	80	87	94	100	100	93	85	77	63	48	35
Heure	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
CTS (%)	21	6.7	0	0	0	4.7	12	20	28.5	32	43	53

Tableau A.13 :Facteurs d'absorption

Nature du matériau	Facteur d'absorption	Nature du matériau	Facteur d'absorption
Asphalte feutre	0.90	pierre calcaire	0.60
bitumé	0.90	granit poli	0.45
Sable	0.70	acier poli	0.06
Ardoise	0,93	cuivre poli	0.04
Tuile	0.80	aluminium poli	0.04
carrelage clair	0.30	tôle galvanisée	0.70
marbre poli	0,60	amiante-ciment	0.96
tôle oxydée	0,80	peinture	0,60
tôle rugueuse	0,94	fonte brute	0.80
béton, brique	0,75	Gravier	0,80

Tableau A.14 :Apports calorifiques dus aux machines de bureaux

Appareils	**Gains à admettre (en W)**		
	Sens.	**Sens.**	**Sens.**
Machine à écrire	90	90	90
Micro-ordinateur (écran compris)	450	450	450
Mini-ordinateur (les valeurs peuvent varier de 2200 à 6600 W)	4400	4400	4400
Imprimante Plus de			
5000 lignes/minute	1800	1800	1800
300 à 600 lignes/minute	376	376	376
Terminal écran	160	160	160

Tableau A.15:Apports calorifiques dus à divers appareils

Appareils	Gains à admettre (en W)		
	Sens.	Sens.	Sens.
Présentoir (par m3 de volume intérieur)	640	640	640
Caisse enregistreuse	48	48	48
Réfrigérant à eau	1750	1750	1750
Sèche-cheveux central5 casques	4483	4483	4483
10 casques	6273	6273	6273
Casque sèche-cheveux	690	690	690
Stérilisateur 152x205x432mm	805	805	805
d'instruments. taille : 228x254x508	1518	1518	1518
254x305x560 mm	1420	1420	1420
254x305x914 mm	3048	3048	3048
305x406x620 mm	2728	2728	2728
Stérilisateur ustensiles. Taille :			
406 x 406 x 620 mm	3167	3167	3167
508 x 508 x 620 mm	3676	3676	3676
Moulin à café	500	500	500
Mixer	1000	1000	1000
Fer à repasser	500	500	500
Aspirateur	200	200	200

Tableau A.16 : Gains dus aux occupants

Degré d'activité	Exemple d'application	Température sèche du local (°C)									
		28		27		26		24		21	
		Apports sensibles (Sen) et latents (Lat) en W/pers.									
		Sen	Lat	Sen	Lat	Sen	Lat	Sen	Lat	Sen	Lat
Assis, repos	Classe, salle de spectacle	51	51	57	45	62	40	67	35	76	27
Assis, travail très léger	Logement, bureau, hôtel, amphithéâtre	52 52	79 94	58 58	73 88	63 64	69 83	71 74	60 72	83 85	49 62
Debout, marche	Magasin, accueil	60	102	66	96	72	91	82	80	93	70
Travail léger	Atelier, usine	56	164	64	156	72	148	86	134	107	113
Travail assez pénible	Atelier, usine, salle de sport	79	214	88	205	97	197	112	181	135	158
Travail pénible	Atelier, usine, salle de sport	131	293	136	288	142	283	154	271	177	248

Tableau A. 17 : Apports calorifiques dus aux machines de bureaux

Appareils		Gains à admettre (en W)		
		Sens.	Lat.	Total
Machine à écrire		90	-	90
Micro-ordinateur (écran compris)		450	-	450
Mini-ordinateur (les valeurs peuvent varier de 2200 à 6600 W)		4400	-	4400
Imprimante Plus de				
5000 lignes/minute		1800	-	1800
300 à 600 lignes/minute		376	-	376
Terminal écran		160	-	160
Machine comptable		105	-	105
Photocopieur	100 cop./h	100	-	100
	200 cop./h	200	-	200
	500 cop./h	900	-	900
	1000 cop./h et plus	1800	-	1800
Machine à tirer des plans				
Vitesse de sortie	40 [m/h]	1000	-	1000
	100 [m/h]	1400	-	1400
	200 [m/h]	3712	-	3712
	400 [m/h]	4640	-	4640
	600 [m/h]	6500	-	6500
Rétroprojecteur		400	-	400
Plotter		70	-	70
Projecteur de diapositives		300	-	300

Tableau A. 18 : Coefficient de simultanéité relatif

Apport	Nature des apports	Coefficient de Simultanéité CS				
		Locaux				
		Bureaux Réunions Accueil	Logement Hébergement	Vente Restaur-ation	Artisanal Industriel	Enseignement
Occupant	Sensible Latent	0,80	0,50	0,80	0,90	1,00
Moteurs électriques	Sensible	0,60	0,50	0,85	0,85	0
Appareils électriques	Sensible Latent	0,60	0,50	0,85	0,85	0
Eclairage fluorescent non encastré	Sensible	0,70	0,35	0,90	0,85	0,90
Eclairage fluorescent encastré, éclairage incandescent non encastré	Sensible	0,70	0,35	0,90	0,85	0,90
Eclairage encastré dans un faux plafond avec plénum de reprise	Sensible	0,70	0,35	0,90	0,85	0,90
Appareil à gaz	Sensible Latent	0	0,50	0,85	0,85	0
Réservoir	Sensible Latent	0	1,00	1,00	1,00	0
Evaporation libre	Latent	0	1,00	1,00	1,00	0
Vapeur vive	Sensible Latent	0	0	1,00	1,00	0
Tuyauteries, conduits d'air	Sensible	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Tableau A.19 :Apports calorifiques dus à divers appareils

Appareils		Gains à admettre (en W)		
		Sens.	Lat.	Total
Présentoir (par m3 de volume intérieur)		640	-	640
Caisse enregistreuse		48	-	48
Réfrigérant à eau		1750	-	1750
Sèche cheveux central	5 casques	4483	1197	5680
	10 casques	6273	1790	8063
Casque sèche-cheveux		690	120	810
Stérilisateur de pansements, taille :	406x620 mm	2870	2600	5470
	508x 914 mm	6960	7170	14130
Stérilisateur	152x205x432mm	805	710	1515
d'instruments, taille :	228x254x508mm	1518	1174	2692
	254x305x560mm	2420	1760	4180
	254x305x914mm	3048	2810	5858
	305x406x620mm	2728	2550	5278
Stérilisateur ustensiles, taille :				
	406 x 406 x 620 mm	3167	6096	9263
	508 x 508 x 620 mm	3676	7649	11325
Moulin à café		500	140	640
Mixer		1000	277	1277
Fer à repasser		500	280	780
Aspirateur		200	-	200

Tableau A.20: Gains dus à l'éclairage

Désignation du local ou genre d'activité	Intensité lumineuse recommandée (lux)	Puissance dégagée des lampes ou des tubes (W/m²)	
		lampes à incandescence	lampes fluorescentes
Entrepôt, pièces d'habitation, théâtre	120	25	8
Bureaux, salle de cours	250	55	16
Salles de lecture, laboratoires, magasins	500	110	32
Montages fins, ateliers, supermarchés	750	170	50
Dessin industriel, grands bureaux, salles d'opération	1000	-	65
Locaux industriels montages très fins	1500	-	100

Tableau A.21 :valeurs de la température extérieure de base

Zone	Logement individuel					Logement en immeuble collectif				
	a	B	c	D	e	a	b	c	d	e
A	1,10	2,40	1,40	3,50	4,50	1,10	2,40	1,20	3,50	4,50
B	1,10	2,40	1,20	3,50	4,50	0,90	2,40	1,20	3,50	4,50
B'	1,10	2,40	1,20	3,50	4,50	0,90	2,40	1,20	3,50	4,50
C	1,10	2,40	1,20	3,50	4,50	0,85	2,40	1,20	3,50	4,50
D	2,40	3,40	1,40	3,50	4,50	2,40	3,40	1,40	3,50	4,50
D'	2,40	3,40	1,40	3,50	4,50	2,40	3,40	1,40	3,50	4,50

Tableau A.22 : Apports calorifiques dus à divers appareils

Appareils	**Gains à admettre (en W)**		
	Sens.	**Sens.**	**Sens.**
Machine à écrire	90	90	90
Micro-ordinateur (écran compris)	450	450	450
Mini-ordinateur (les valeurs peuvent varier de 2200 à 6600 W)	4400	4400	4400
Imprimante Plus de			
5000 lignes/minute	1800	1800	1800
300 à 600 lignes/minute	376	376	376
Terminal écran	160	160	160

Tableau A.23 :valeurs de la température extérieure de base

ZONE	Altitude (m)	T_{be} (en °C)	ZONE	Altitude (m)	t_{be} (en °C)
A	< 300 300 à 500 500 à 1000 1000	6 3 1 -1	C	500 à 1000 1000	- 2 - 4
B	< 500 500 à 1000 1000	2 1 -1	D	< 1000	5 4
B'	<500 500	0 voir Zone B	D'	< 1000	5

Tableau A.24 : valeurs de N (h^{-1})

Dépendances	
Maison individuelle, toutes dépendances (caves, garage, cellier, ...)	0,5
Immeuble collectif d'habitation - Circulation commune sans ouverture directe sur l'extérieur avec ouverture directe sur l'extérieur avec bouche ou gaine de désenfumage ouverte en permanence - Hall d'entrée - Garage collectif -Autres dépendances	 0,5 2 4 4 1 0,5

Tableau A.25 :débit extrait maximal

Nombre de pièces principales par logement	Q_{vmax}			
	Cuisine	Salle de bains	Autre salle d'eau	Cabinet d'aisance
1	75	15	15	15
2	90	15	15	15
3	105	30	15	15
4	120	30	15	30
5 et plus	135	30	15	30

Tableau A.26 :débit extrait minimal

Nombre de pièces principales	1	2	3	4	5	> 5
qve_{min} (en m^3/h)	25	50	75	100	110	On ajoute 10 m^3/h par pièce supplémentaire

Tableau A.27 :Valeur de P0

Type de parois	Valeurs de P_o (m /h.m² sous P = 1 Pa)
Fenêtre ou porte fenêtre	4,0
Porte avec seuil et joint d'étanchéité	1,2
Porte	6,0
Double fenêtre	2,4

Tableau A.28 :Les valeurs de Tau de sous-sol

Type de sous sol	Rapport R (1)	Plancher haut du sous-sol	
		Isolé	Non isolé
Garages collectifs	R ≥ 0,2	0,80	0,60
	R < 0,2	0,60	0,40
Autres dépendances	R ≥ 0,2	0,75	0,55
	R < 0,2	0,50	0,30

Tableau A.29 :valeur d'e_v

Hauteur H (1) (m)	Classes de rugosité (2) e_v				
	V	IV	III	II	I
H 4	0,40	1,47	2,71	4,06	6,36
4 < H 7	1,10	2,30	3,51	4,82	7,08
7 < H 11	1,76	3,00	4,19	5,46	7,67
11 < H 18	2,57	3,87	4,97	6,17	8,32
18 < H 30	3,50	4,80	5,80	6,93	9,02
30 < H 50	4,47	5,78	6,66	7,71	9,72

Tableau A.30 : Zonage climatique

Wilaya	Communes	Zone
38 TISSEMSILT	**Groupe de Communes 1 :** Lazharia. **Groupe de Communes 2** : Beni Lahcene - Bordj Bounaama - Boucaid - Larbaa - Lardjem - Maasem - Mellaab - Sidi Lantri - Sidi Slimane - Tamalaht **Groupe de Communes 3** : Toutes les communes autres que celles figurant aux groupes de communes 1 et 2	B' B C
39 EL OUED	Toutes les communes	D
40 KHENCHELA	**Groupe de Communes 1 :** Babar - Bouhmama - Cherchar - Djellal - El Ouldja - Khirane - M'Sara **Groupe de Communes 2** : Toutes les communes autres que celles figurant au groupe de communes 1.	D C
41 SOUK AHRAS	**Groupe de Communes 1 :** Ain Zana - Haddada - Hanancha - Khedara - Mechroha - Merahna - Ouled Driss - Ouled Moumen - Quillen - Sidi Fredj - Souk Ahras - Taoura - Zaarouria **Groupe de Communes 2** : Toutes les communes autres que celles figurant au groupe de communes 1.	B C
42 TIPAZA	**Groupe de Communes 1 :** Ahmer El Ain - Attatba - Bourkika - Menaceur - Meurad **Groupe de Communes 2** : Toutes les communes autres que celles figurant au groupe de communes 1.	B A
43 MILA	**Groupe de Communes 1 :** Ain Mellouk - Benyahia Abderrahmane - Chelghoum Laid - El Mechira - Oued Athmania - Oued Khalouf - Oued Seguen - Tadjenanet - Telerghma **Groupe de Communes 2** : Toutes les communes autres que celles figurant au groupe de communes 1.	C B
44 AIN DEFLA	**Groupe de Communes 1 :** Ain Lechiakh - Oued Djemaa - Tarik Ibn Ziad **Groupe de Communes 2** : Ain Benian - Ain Torki - Arib - Bathia - Belaas - Ben Abdellah - Boumedfaa - El Hassania - Hammam Righa - Hoceinia - Miliana - Tacheta Zougagha **Groupe de Communes 3** : Toutes les communes autres que celles figurant aux groupes de communes 1 et 2	C B B'

Tableau A.31 : valeur de puissance frigorifique

42N_S, batterie à quatre tubes		19					29					39					49					69				
Vitesse de ventilation		20	40	60	80	100	20	40	60	80	100	20	40	60	80	100	20	40	60	80	100	20	40	60	80	100
Type de ventilateur		Un, tangentiel					Un, centrifuge					Deux, centrifuge					Deux, centrifuge					Deux, centrifuge				
Pression disponible	Pa	Voir page 124					Voir page 124					Voir page 124					Voir page 124					Voir page 124				
Débit d'air	l/s	35	56	69	84	97	59	80	92	107	128	97	126	153	182	207	146	185	224	277	333	214	267	310	358	406
	m³/h	125	200	250	300	350	215	285	330	385	460	350	455	550	655	745	525	665	805	995	1195	770	960	1115	1290	1460
Mode refroidissement*																										
Puissance frigorifique totale	kW	0,75	1,05	1,16	1,36	1,47	1,19	1,45	1,66	1,91	2,06	2,02	2,45	2,75	3,02	3,33	2,75	3,30	3,90	4,36	5,00	3,81	4,36	4,74	5,14	5,48
Puissance frigorifique sensible	kW	0,66	0,89	1,01	1,19	1,25	1,00	1,23	1,41	1,60	1,72	1,57	1,95	2,22	2,47	2,73	2,15	2,60	3,15	3,55	4,12	3,03	3,54	3,91	4,30	4,65
Débit d'eau	l/s	0,04	0,05	0,06	0,06	0,07	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,10	0,12	0,13	0,14	0,16	0,13	0,16	0,19	0,21	0,24	0,18	0,21	0,23	0,25	0,27
	l/h	129	181	200	234	253	205	249	286	329	354	347	421	473	519	573	473	568	671	750	860	646	745	819	900	970
Perte de charge côté eau batterie	kPa	5,1	9,1	10,8	14,2	16,3	1,8	2,5	3,1	4,0	4,5	5,1	7,2	8,8	10,3	12,2	9,9	13,7	18,2	22,1	28,1	18,4	24,5	29,6	35,6	41,4
Volume d'eau	l	0,6					1,1					1,5					1,8					1,8				