

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR



ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE ABDERRAHMANE MIRA BEJAIA

FACULTE DE TECHNOLOGIE

DEPARTEMENT DE GENIE MECANIQUE

MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du diplôme de

MASTER

Filière : Génie Mécanique

Spécialité : **Energétique**

Par :

CHERTOUK Nouredine

IKHLEF Massinissa

Thème

**Étude et vérification des paramètres de fonctionnement d'une
centrale de traitement d'air de l'unité de margarine
-CEVITAL. Bejaia**

Soutenu le 01/07/2024 devant le jury composé de:

M. SAHI Adel

Président

M. HAMICI Nadjib

Rapporteur

M. HAMDI Messaoud

Examineur

Année Universitaire : 2023-2024



Déclaration sur l'honneur

Engagement pour respecter les règles d'authenticité scientifique dans l'élaboration d'un travail de recherche

Arrêté ministériel n° 1082 du 27 Décembre 2020^(*)

Fixant les règles relatives à la prévention et la lutte contre le plagiat

Je soussigné,

Nom :

Prénom :

Matricule :

Spécialité et/ou Option :

Département :

Faculté :

Année universitaire :/.....

Et chargé de préparer un mémoire de (*Licence, Master, Autres à préciser*) :

Intitulé:

.....

.....

Déclare sur l'honneur, m'engager à respecter les règles scientifiques, méthodologiques, et les normes de déontologie professionnelle et de l'authenticité académique requises dans l'élaboration du projet de fin de cycle cité ci-dessus.

Fait à Bejaia le

...../...../.....

Signature de l'intéressé

^(*) Lu et approuvé

.....

Remerciements

Nous tenons à remercier notre profonde gratitude à notre encadreur universitaire, HAMICI Nadjib, pour ces précieux conseils et son orientation tout au long de la réalisation de ce mémoire.

Nous remercions également notre encadreur en entreprise CEVITAL, NACER CHERIF Massinissa, pour son soutien et son accompagnement durant notre stage pratique, qui a constitué la base pratique de ce travail.

Nous souhaitons aussi exprimer notre reconnaissance à l'entreprise CEVITAL pour son accueil et les ressources mises à disposition.

Enfin, nous remercions le département de génie mécanique pour l'encadrement et les ressources mises à notre disposition tout au long de notre étude.



- C.Noureddine & I.Massinissa -

Dédicaces

Nous souhaitons dédier ce travail

A nos familles, nos amis, nos camarades de promotion qui nous ont soutenues tout au long de notre parcours, leur encouragement leur soutien indéfectible ont été une source d'inspiration et de motivation précieuse.

Nous tenons également à exprimer notre gratitude envers tous ceux qui ont contribué de près et de loin à la réalisation de ce mémoire.

Vos conseils, vos idées et votre soutien ont grandement enrichi notre travail.

Merci infiniment à vous tous.



- C.Noureddine & I.Massinissa -

Sommaire

Sommaire

Remerciements	
Dédicaces	
Sommaire	
Nomenclature	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Introduction Générale	2

Chapitre I

Généralités sur le confort thermique et le conditionnement d'air

I.1. Introduction	3
I.2. Définition du confort thermique	3
I.2.1. Facteurs déterminants le confort thermique :	3
I.3. Définition sur la climatisation	4
I.4. Air atmosphérique	4
I.5. Air sec	4
I.6. Air humide.....	4
I.7. Caractéristique de l'air humide	4
I.7.1. Pression	4
I.7.2.1. Pression de saturation.....	5
I.7.3. L'humidité	5
I.7.3.1. L'humidité spécifique	5
I.7.3.2. L'humidité relative.....	6
I.7.4. Volume	6
I.7.5. Enthalpie.....	7
I.7.6. Températures	7
I.8. Diagrammes de l'air humide	8
I.9. Opération élémentaire	9
I.9.1. Mélange adiabatique de deux airs humides de caractéristiques différentes	10
I.9.2. Échauffement ou refroidissement de l'air à humidité spécifique constante.....	10
I.9.3. Refroidissement de l'air avec déshumidification	11
I.10. Centrale de traitement d'air	12
I.11. Types de centrale de traitement d'air	13
I.11.2. Les constituants fondamentaux d'une centrale et leurs fonctions	14
I.12. Différents types de soufflage.....	16

Sommaire

I.13. Conclusion.....	16
Chapitre II	
Règlementation thermique	
II.1. Introduction.....	18
II.2. Condition de base.....	18
II.2.1. Condition de base extérieure.....	18
II.2.2. Condition intérieur de base.....	21
II.3. Méthodologie de calcul des apports calorifique.....	21
II.3.1. Coefficient de transmission Kété des parois opaques.....	21
II.3.2. Apports à travers les parois aériennes.....	22
II.3.3. Parois opaques intérieures en contact avec un local non conditionné.....	23
II.3.4. Parois opaque en contact avec le sol.....	24
II.3.5. Apports à travers les parois vitrées.....	24
II.3.6. Apport de chaleur interne.....	25
II.4. Apport de chaleur par introduction d'air extérieur.....	28
II.4.2. Apports calorifiques effectifs.....	29
II.4.3. Apport calorifique totaux.....	30
II.5. Vérification règlementaire.....	30
II.5.1. Apports de références des parois horizontales.....	31
II.5.2. Apports de référence des parois opaques verticales.....	31
II.5.3. Apports de référence des parois vitrées.....	31
II.6. Conclusion.....	32
Chapitre III	
Bilan thermique	
III.1. Introduction.....	34
III.2. Présentation du local.....	34
III.3. Paramètres géométriques.....	35
III.4. Paramètres climatiques.....	35
III.5. Masse Surfaccique.....	36
III.6. Méthodologie de calcul des apports calorifique.....	36
III.6.1 Apports à travers les parois opaques.....	36
III.6.2. Apports à travers les parois vitrées.....	43
III.6.3. Apports de chaleur interne.....	46

Sommaire

III.6.4. Apport par introduction d'air extérieur	47
III.6.5. Apports calorifique totaux	48
III.6.6. Apport effectif.....	50
III.7. Vérification règlementaire	51
III.7.1. Apports de référence des parois opaques verticales	51
III.7.2 Apports de référence des parois opaques horizontales	52
III.7.3. Apports de référence des parois vitrées	52
III.7.4. Vérification des résultats	53
III.8. Conclusion	53

Chapitre IV

Vérification et redimensionnement

IV.1. Introduction	55
IV.2. Evolutions de l'air	55
IV.2.2. Débit de soufflage	57
IV.2.3. Puissance de batterie nécessaire.....	58
IV.3. Vérification des puissances actuelles des CTA:	60
IV.3.1. Fonctionnement actuel des deux CTA	60
IV.3.2. Evaluations de fonctionnement actuel.....	61
IV.4. Redimensionnement	62
IV.4.1. Solutions proposées.....	62
IV.5. Réseaux aéraulique	65
IV.5.1. Définition.....	65
IV.5.2. Pertes de charges linéaires	65
IV.5.3 Pertes de charge singulières.....	66
IV.5.4. Calcul des pertes de charges	66
IV.5.5 Remarque et solutions	69
IV.7. Conclusion	71
Conclusion Générale	72
Références bibliographiques	74
Annexes.....	76

Nomenclature

Nomenclature

AVE	Apports à travers les parois vitrées extérieur	W
AVT	Apports à travers les parois vitrées intérieures.	W
AV	Apports à travers les parois vitrées.	W
APO	Apports à travers les parois opaques	W
AI	Apports de chaleur interne.	W
A _{ij}	La partie latente de l'apport interne j	W
A _{i,s,j}	A _{i,s,j} La partie sensible de l'apport interne j	W
A _{infs}	Apport de chaleur dus à l'infiltration	W
A _s	Apport sensible	W
A _l	Apport latentss	W
AT	Apports totaux	W
AT _s	Apports totaux sensibles	W
AT _l	Apports totaux latents	W
AE	Apport effectif	W
AE _l	Apport effectif lattent	W
AE _s	Apport effectif sensible	W
A _{réf}	Apport calorifique de référence	W
A _{réf,PH}	Apport calorifique de référence à travers les parois opaque horizontales	W
AVE _{réf}	Apport de référence dus à l'ensoleillement	W
AVT _{réf}	Apport de référence dus au gradient de température	W
A _{réf,PVI}	Apport calorifique de référence à travers les parois vitrées	W
I _t	rayonnement total	W/m ²
I _d	rayonnement diffus	W/m ²
I _{t,b}	rayonnement de base total	W/m ²
I _{d,b}	rayonnement de base diffus	W/m ²
E _b	écart diurne	°C
HS _{b,e}	Humidité spécifique de base de l'air extérieure	g/kg _{a,s}
HS _{b,i}	Humidité spécifique de base de l'air intérieur	g/kg _{a,s}
θ _{S_m}	Température moyenne sèche de l'air extérieur	°C

Nomenclature

$\theta_{S_{b,i}}$	Température de base intérieure	°C
$\theta_{S_{b,e}}$	Température de base extérieure	°C
θ_{s_e}	Température sèche de l'air extérieur	°C
θ_{s_i}	Température sèche de l'air intérieur	°C
R_i	Résistance thermique	$m^2 \cdot ^\circ C/W$
C_{cadre}	Coefficient tenant compte de la nature de cadre	-
C_{limp}	Coefficient tenant compte de la nature de la limpidité	-
C_{alt}	Coefficient tenant compte de la nature de l'altitude	-
$K_{été}$	Coefficient de transmission	$W/m^2 \cdot ^\circ C$
S_{parois}	Surface de la paroi	m^2
e	Epaisseur	m
$It,b(40)$	Le rayonnement total de base pour le mois de juillet la latitude 40° et pour l'orientation de considérée	W/m^2
C_{inc}	Coefficient correcteur	-
S_{ouv}	Surface de l'ouverture dans la paroi opaque	m^2
SV	Surface total vitrée	m^2
SV_{ens}	Surface vitrée ensoleillée	m^2
N_{pvi}	Coefficient d'amortissement relatif aux gains par ensoleillement à travers les parois vitrées	-
M	masse surfacique	kg/m^2
ΣR	Somme des résistances thermiques	$m^2 \cdot ^\circ C/W$
$\frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i}$	Somme des résistances d'échange superficiel	$m^2 \cdot ^\circ C/W$
C_{soc}	Chaleur sensible des occupants	W
C_{loc}	Chaleur latente des occupant	W
$Q_{S_{occ}}$	Gains sensibles des occupants	W
$Q_{l_{occ}}$	Gains latents des occupants	W
W_n	Puissance nominale de l'ampoule ou du tube fluorescent	W

Nomenclature

C_{me}	Coefficient de majoration	W
C_{cr}	Pourcentage de chaleur résiduelle correspondant à la -part d'énergie restant dans la salle	%
$Q_{v_{inf}}$	Débit d'air dû aux infiltrations	m^3/h
$Q_{vo_{inf}}$	Débit d'infiltration correspond à l'ouvrant i	m^3/h
$q_{v_{an}}$	Débit volumique d'air neuf	m^3/h
q_{v_r}	Débit volumique d'air recyclé	m^3/h
$q_{m_{an}}$	Débit massique d'air neuf	kg/h
q_{m_r}	Débit massique d'air recyclé	kg/h
$C_{\Delta_{as}}$	Coefficient de majoration des gains sensibles	-
$C_{\Delta_{al}}$	Coefficient de majoration des gains latents	-
FS	Facteur solaire du vitrage	-
$FS_{réf}$	Facteur solaire de référence	-
L	Longueur de la tuyauterie	m
C_{TS}	Coefficient correcteur	-
W_{eff}	Puissance nominale	W
H^s	Enthalpie spécifique	kJ/kg
P_{BF}	puissance de la batterie froide.	W

Nomenclature

Symboles grecs

ζ	Coefficient de perte de charge singulière	-
ρ	Masse volumique	kg/m^3
α	Facteur d'absorption	-
θ	Température	$^{\circ}\text{C}$
ΔT_e	Différence de température équivalente	$^{\circ}\text{C}$
$\Delta T_{S_{réf},ph}$	Différence de température de référence pour les parois opaques horizontales	$^{\circ}\text{C}$
$\Delta T_{S_{réf},pv}$	Différence de température de référence pour les parois opaques verticales	$^{\circ}\text{C}$
$\Delta T_{S_{réf},PVI}$	Différence de température de référence des parois vitrées	$^{\circ}\text{C}$
Δ_{pL}	Pertes de charges linéaires	Pa
Δ_{pS}	Pertes de charges singulières	Pa

Liste des tableaux

Tableau II.1 : Rayonnement de base	20
Tableau II.2 : <i>Cros</i> en fonction de la zone climatique.....	21
Tableau II.3 : Gains dus aux occupants.....	26
Tableau III.1 : Paramètre géométrique pour les murs.....	35
Tableau III.2 : Paramètre géométrique pour le plancher et la toiture.	35
Tableau III.3 : Paramètres climatique.	36
Tableau III.4 : Masse surfacique.....	36
Tableau III.5 : Coefficient de transmission thermique des parois aériennes.....	38
Tableau III.6 : Coefficient de transmission thermique pour les plancher.	40
Tableau III.7 : Coefficient de transmission thermique pour la toiture.....	40
Tableau III.8 : Coefficient de transmission thermique pour les murs intérieur.....	42
Tableau III.9 : Apports totaux à travers les parois intérieures	42
Tableau III.10 : Coefficient de transmission	43
Tableau III.11 : Rayonnement totale et diffus	45
Tableau III.12 : Apports de chaleur interne sensibles.....	46
Tableau III.13 : Apports de chaleur interne latents.....	47
Tableau III.14 : Débit air neuf et débit du a l'infiltration.	47
Tableau IV.1 : Circuit de soufflage pour les pertes de charges linéaire.....	66
Tableau IV.2 : Circuit de reprise pour les pertes de charges linéaire.....	67
Tableau IV.3 : Circuit de soufflage pour les pertes de charge singulière.....	67
Tableau IV.4 : Circuit de reprise pour les pertes de charges singulière.	67
Tableau IV.5 : Perte de charges totale.....	67
Tableau IV.6 : Circuit de soufflage pour les pertes de charges linéaire.....	68
Tableau IV.7 : Circuit de reprise pour les pertes de charge linéaires.....	68
Tableau IV.8 : Circuit de soufflage pour les pertes de charge singulière.....	69
Tableau IV.9 : Circuit de reprise pour les pertes de charge singulière.....	69
Tableau IV.10 : Perte de charges totales.	69

Liste des figures

Figure I-1 : Paramètres influençant le confort des individus	3
Figure I-2 : Température de rosée	8
Figure I-3 : Diagramme de CARRIER	9
Figure I-4 : Caissons de mélange.....	10
Figure I-5 : Mélange adiabatique de deux airs humides de caractéristiques différentes	10
Figure I-6 : Epingle chauffante électrique	11
Figure I-7 : Batterie à eau (glacée ou chaude)	11
Figure I-8 : Échauffement/Refroidissement de l'air humide	11
Figure I-9 : Batterie à eau glacée de refroidissement et déshumidification.....	12
Figure I-10 : Refroidissement de l'air avec déshumidification	12
Figure I-11 : Centrale de traitement d'air à simple flux	13
Figure I-12 : Centrale de traitement d'air à double flux	13
Figure I-13 : Caisson de mélange	14
Figure I-14 : Caisson de filtration	14
Figure I-15 : Batterie chaude	15
Figure I-16 : Batterie froide alimentée en eau.....	15
Figure I-17 : Ventilateur de centrifuge	15
Figure III-1 : Plan du local	34
Figure III-2 : Composition des murs aériens.	37
Figure III-3 : Différence de température a l'heure (t) pour l'orientation de la paroi considérée.....	39
Figure III-4 : Apports totaux à travers les parois aériennes.	39
Figure III-5 : Compositions du plancher et de la toiture	40
Figure III-6 : Composition de mur intérieur	41
Figure III-7 : Apports à travers les parois opaques.....	43
Figure III-8 : Courbe de la variation de température sèche extérieure.....	44
Figure III-9 : Apports totaux dus au gradient de température	44
Figure III-10 : Apports totaux du au rayonnement solaire	45
Figure III-11 : Apports totaux à travers les parois vitrées.....	46
Figure III-12 : Apports sensibles dus au renouvellement d'air	47
Figure III-13 : Apports sensibles du a l'infiltration	48
Figure III-14 : Apports sensibles	48
Figure III-15 : Apports totaux sensibles.....	49
Figure III-16 : Apports totaux.....	50
Figure III-17 : Apport effectif sensible	50
Figure III-18 : Apports totaux effectifs	51
Figure IV-1 : Diagramme de Carrier	56
Figure IV-2 : Droite de soufflage	57
Figure IV-3 : Fonctionnement de chaque CTA.....	61
Figure IV-4 : Schéma proposé par une meilleure distribution d'air dans le local	71

Introduction Générale

Introduction Générale

L'air que nous respirons est un élément fondamental de notre environnement quotidien, influençant directement notre santé, notre confort et notre bien-être. Dans le cadre professionnel, la qualité de l'air revêt une importance particulière, notamment dans les environnements industriels où les conditions atmosphériques peuvent avoir un impact significatif sur la santé et la productivité des travailleurs.

Le maintien d'un environnement de travail confortable et sain est essentiel pour la santé et la productivité des employés. Dans les environnements industriels, tels que les usines agroalimentaires, où les conditions peuvent être particulièrement exigeantes, la gestion du confort thermique et la qualité de l'air d'autant plus important. Un problème environnement de travail inadapté peut entraîner non seulement une diminution de la productivité mais aussi des problèmes de santé significatifs pour les employés.

La Centrale de Traitement d'Air (CTA) représente un élément clé dans la gestion et le contrôle des paramètres atmosphériques au sein des usines et des installations industrielles. En régulant la température, l'humidité, la pureté, et la circulation de l'air, la CTA contribue à créer un environnement de travail optimal, offrant des conditions propices à la fois au confort et à la performance des individus et à la qualité de produit.

Ce mémoire se focalise sur l'étude des deux centrales de traitement d'air (CTA) dans un local de production de margarine à l'usine CEVITAL ces deux CTA sont responsables du maintien des conditions optimale dans le local. Cependant, malgré ces installations, le confort thermique demeure insuffisant, surtout en raison de l'élévation des températures ambiantes. En outre, l'ajout des équipements dans le local pourrait contribuer à cette situation complexe.

L'objectif principal est d'analyser le fonctionnement actuel et les performances des CTA face à l'évolution des conditions climatique et à l'augmentation du nombre des équipements dans le local après une étude thermique. Comment ces CTA peuvent garantir le confort à l'intérieur du local.

Chapitre I
Généralités sur le confort
thermique et le
conditionnement d'air

I.1. Introduction

Le confort thermique est essentiel pour le bien-être et la productivité des individus dans les environnements intérieurs. La climatisation, en régulant la température, l'humidité et la qualité de l'air, joue un rôle indispensable dans le maintien de ce confort. L'évolution des technologies de climatisation permet aujourd'hui de créer des espaces intérieurs agréables et sains, tout en prenant en compte les défis énergétiques et environnementaux.

I.2. Définition du confort thermique

Le confort thermique est défini comme "un état de satisfaction du corps vis-à-vis de l'environnement thermique". Il s'agit d'une perception subjective qui reflète le bien-être thermique d'une personne dans un environnement donné. Le confort thermique est influencé par plusieurs facteurs physiques et physiologiques qui interagissent pour créer une sensation de confort ou d'inconfort [1].

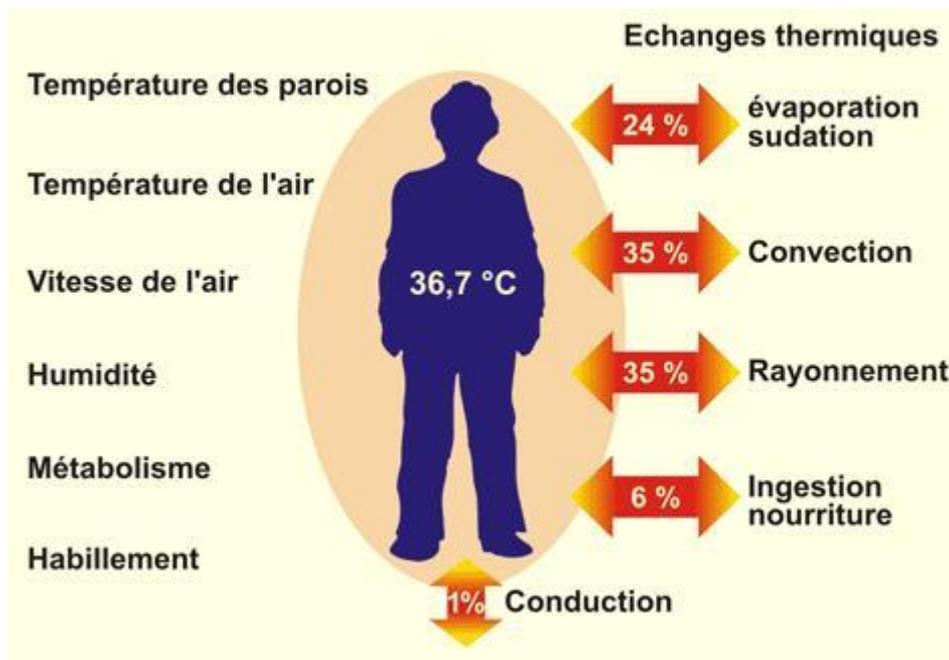


Figure I-1 : Paramètres influençant le confort des individus

I.2.1. Facteurs déterminants le confort thermique :

Le confort thermique, essentiel pour le bien-être, est déterminé par plusieurs facteurs interdépendants. Le métabolisme humain joue un rôle clé, car il génère de la chaleur interne pour maintenir la température corporelle autour de 36,7°C, et varie selon le niveau d'activité physique. L'habillement intervient également en fournissant une isolation thermique, influençant les échanges de chaleur entre le corps et l'environnement. La température de l'air ambiant, essentielle pour éviter les sensations de chaud ou de froid, est complétée par la température moyenne des parois environnantes, qui peuvent émettre ou absorber de la

chaleur par rayonnement. L'humidité relative, qui détermine la capacité de l'air à retenir la vapeur d'eau, affecte directement la transpiration et donc la régulation thermique. Enfin, la vitesse de l'air, en accélérant les échanges thermiques par convection, contribue également à moduler la sensation de confort dans un espace [1].

I.3. Définition sur la climatisation

La climatisation, dans le cadre du traitement d'air, est un système de contrôle environnemental qui vise à réguler la température, l'humidité, la circulation et la qualité de l'air dans un espace intérieur. L'objectif principal de la climatisation est de créer des conditions intérieures confortables et saines pour les occupants en ajustant les paramètres de l'air [2].

I.4. Air atmosphérique

L'atmosphère, composée d'un mélange complexe de gaz et de particules, est un élément essentiel qui enveloppe notre planète. Les composants principaux de l'atmosphère comprennent notamment l'azote (à 78%), l'oxygène (à 21%), ainsi que des gaz rares tels que l'argon, le néon et l'hélium, accompagnés de vapeur d'eau et de dioxyde de carbone [3].

I.5. Air sec

Est un mélange de gaz classiques, sa composition est fixe et ne contient pas de particules d'eau se forme de vapeur [4].

I.6. Air humide

L'air humide est mélange de gaz atmosphérique avec la vapeur d'eau, caractérisé par plusieurs paramètres tel que la pression, la température, le taux d'humidité [1].

I.7. Caractéristique de l'air humide

I.7.1. Pression

La pression de l'air, ou la pression atmosphérique est la force exercée par l'air sur surface donnée. Elle résulte de la somme des pressions partielles de différents gaz constituant l'air. Au niveau de la mer la pression atmosphérique $P_{atm} = 101325 Pa$ [3].

Pour bien comprendre cette notion nous pouvons utiliser plusieurs lois physiques comme :

- **Loi des gaz parfaits**

$$PV^* = rT \quad (I-1)$$

On développant cette équation, on obtient l'expression de la masse volumique de l'air sec et de la vapeur d'eau.

Pour la masse volumique de l'air sec :

$$m_{a,s}^* = \frac{P_{a,s}}{r_{a,s}T} \quad (\text{I-2})$$

Pour la masse de vapeur d'eau :

$$m_v = \frac{P_v}{r_v \times T} \quad (\text{I-3})$$

- **Loi de Dalton**

La loi de Dalton, indique que la pression totale d'un mélange gazeux est égale a la somme des pressions partielles de ces composants [5].

L'application de la loi de Dalton conduit à :

$$P = P_{atm} = P_v + P_{a,s} \quad (\text{I-4})$$

La masse d'air occupant un volume V^* à une température T est donc :

$$m_{a,s} = m_a^* \times V^* = \frac{P - P_v}{287,05 \times T} \quad (\text{I-5})$$

Et la masse de vapeur d'eau occupant un volume V^* à une température T est donc :

$$m_v = m_v^* \times V^* = \frac{P - P_{a,s}}{461,51 \times T} \quad (\text{I-6})$$

- **Pression de saturation**

La pression de vapeur saturante est la pression à laquelle un fluide change d'état, passant de gazeux à liquide (ou vice versa) à une température donnée. Pour l'air humide, elle représente la quantité maximale de vapeur d'eau que l'air peut contenir avant que de la condensation ne se produise [5].

On peut définir cette pression en suivant cette formule :

$$P_{sat} = 10^{\frac{7,625\theta}{241+\theta}} \quad (\text{I-7})$$

I.7.2. L'humidité

Présente à l'état de vapeur, ou quelquefois à l'état liquide (gouttes) ou solide (neige), l'est en concentration variable [5].

- **L'humidité spécifique**

L'humidité spécifique, parfois appelée rapport de mélange, humidité absolue ou teneur en eau, représente le rapport entre la masse de vapeur d'eau et la masse d'air sec dans un mélange. Elle est mesurée en $[kg_{eau} / kg_{a,s}]$.

$$r^s = \frac{m_v}{m_a} \quad (\text{I-8})$$

$$r^S = 0,622 \frac{P_v}{P - P_v} \quad (I-19)$$

- **L'humidité relative**

L'humidité relative, notée ψ , est une mesure qui indique la quantité de vapeur d'eau présente dans l'air par le rapport à la quantité maximale que peut contenir à une température donnée, exprimée en pourcentage. Définie par la formule :

$$\psi = \frac{P_{vap}}{P_{sat}} \quad (I-10)$$

Où

P_{vap} : représente la pression de vapeur d'eau [Pa] dans l'air,

P_{sat} : La pression de saturation à la température de l'air.

L'humidité relative ne pouvant dépasser 1 sans qu'il y ait saturation, et condensation de vapeur d'eau.

Le passage de l'humidité spécifique à l'humidité relative et l'inverse s'effectue au moyen de ces formules [5]:

$$\psi = \frac{r^S P_{sat}}{P_{sat} (0,622 + r^S)} \quad (I-11)$$

$$r^S = \frac{(0,622 \times \psi \times P_{sat})}{P_{atm} - (\psi \times P_{sat})} \quad (I-12)$$

I.7.3. Volume

- **Volume massique**

Représente le volume occupé par l'unité de masse d'air humide, contenant une masse d'air sec ainsi que une masse de vapeur d'eau $m = m_a + m_v$. Il est exprimé en (m^3/kg), et peut être calculé à l'aide de cette formule [5].

$$V^* = \frac{V}{m_a + m_v} \quad (I-13)$$

$$V^* = \frac{T}{\frac{(P - P_v)}{287,05} + \frac{P_v}{461,51}} \quad (I-14)$$

- **Volume spécifique**

Chapitre I Généralités sur le confort thermique et le conditionnement d'air

Le volume spécifique V^S représente le volume occupé par l'air humide dans la masse d'air sec. Mesuré en $[m^3/kg_{a,s}]$.

$$V^S = V^* \frac{(m_a + m_v)}{m_a} \quad (I-15)$$

$$V^S = V^* (1 + r^S) \quad (I-16)$$

$$V^S = \frac{461,24(0,622 + r^S)T}{P} \quad (I-17)$$

I.7.4. Enthalpie

- **Enthalpie massique**

L'enthalpie massique contenue dans 1 kg d'air sec se calcule comme suit [5]:

$$H_{a,s} = C_{p_{a,s}} \times \theta \quad (I-18)$$

Et pour la vapeur d'eau :

$$H_v = l_v + C_{p_v} \times \theta \quad (I-19)$$

- **Enthalpie spécifique de l'air humide**

L'enthalpie spécifique, noté (H_s), est une mesure de l'énergie contenue dans l'air humide par Kilogramme d'air sec, lors des évolutions à pression constante. elle est mesurée en $[kJ/kg_{a,s}]$.

L'enthalpie spécifique est particulièrement importante dans les systèmes de climatisation et de conditionnement d'air, car elle permet de quantifier l'énergie nécessaire pour chauffer, refroidir, ou humidifier l'air. Elle est calculée en utilisant la formule suivante :

$$H^S = 1006 \times \theta + r^S (2500,8 + 1,8266 \times \theta) \quad (I-20)$$

I.7.5. Températures

Elle représente le niveau de chaleur de l'air, influençant directement la capacité de l'air à contenir de la vapeur d'eau. Mesurées en degrés Celsius $[^{\circ}C]$, sont notées θ . Ou bien, avec T mesurée en Kelvin $[K]$ [5].

- **Température de rosée**

Lorsque l'air est refroidi, il atteint un point où la température descend suffisamment pour que la condensation commence à se former. C'est ce qu'on appelle la température de rosée. Il est essentiel de calculer cette température, par exemple, pour éviter que ne se produisent des condensations sur un panneau rafraichissant [4].

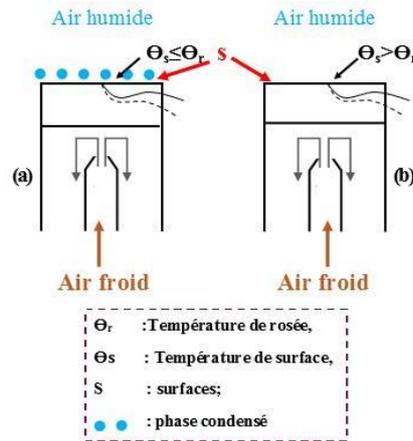


Figure I-2 : Température de rosée

- **Température humide**

La température humide, notée (θ_h) , est prise par un thermomètre à bulbe humide. La température humide sauf à la saturation, est inférieure à la température courante. On peut la définir à l'aide de cette formule [5]:

$$P_v = P_{sat} - \frac{(p - P_{sat})(\theta - \theta_h)}{1532,4 - 1,3 \times \theta_h} \quad (I-21)$$

- **Température sèche**

La température sèche, également connue sous le nom de température de bulbe sec, est mesurée à l'aide d'un thermomètre dont le bulbe est parfaitement sec. La température enregistrée est exprimée en degrés Celsius $[^{\circ}C]$. La température sèche peut être assimilée à un niveau d'énergie [5].

I.8. Diagrammes de l'air humide

Le diagramme de l'air est une représentation graphique reliant les variables clés de l'air humide.

Actuellement, deux types principaux de diagrammes sont utilisés :

- Diagramme de Mollier (r^s, H^s) : à axe oblique, qui montre l'humidité spécifique en fonction de l'enthalpie spécifique.
- Diagramme de Carrier (θ, r^s) : à axe perpendiculaire, qui représente la température en fonction de l'humidité spécifique.

Le Diagramme de Carrier est largement préféré car il permet une visualisation claire des caractéristiques d'un mélange gaz-vapeur (air humide) et facilite le suivi de son évolution pendant un traitement. En utilisant simplement deux grandeurs, toutes les propriétés de l'air humide peuvent être retrouvées en consultant ce diagramme [6].

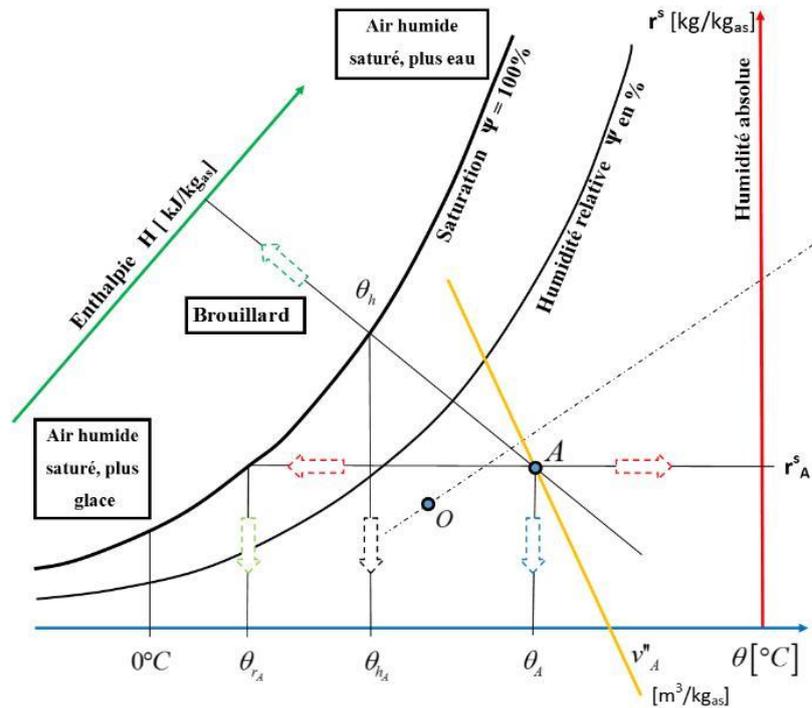


Figure I-3 : Diagramme de CARRIER

Sachant que :

- Droite bleue : Température sèche θ
- Droite rouge : Humidité absolue
- Ligne oblique verte : Enthalpie
- Ligne oblique orange : Volume spécifique
- Flèche vert clair : Température de rosé
- Flèche noire : Température humide
- Courbe noire fine : Humidité relative
- Le point O : est un point de référence de l'échelle des facteurs de chaleur sensible (S.H.F).

I.9. Opération élémentaire

Dans tout environnement nécessitant une climatisation, que ce soit un bâtiment, un entrepôt frigorifique ou une salle blanche, l'air devient le principal vecteur de la chaleur, du froid et de l'humidité. Avant d'être diffusé dans ces espaces, il subit une série d'opérations de transformation une fois collecté à l'extérieur. Dans les paragraphes à venir, nous examinerons quelques opérations de traitement d'air utilisées dans notre cas [6].

I.9.1. Mélange adiabatique de deux airs humides de caractéristiques différentes

Pendant la période t une masse d'air humide $m_{a,1}$ entre dans le système S par le canal 1, atteignant un régime permanent avec une humidité spécifique r_1^s et une enthalpie spécifique H_1^s . De manière similaire, une autre masse d'air humide $m_{a,2}$ entre par le canal 2 avec des propriétés différentes (r_2^s, H_2^s). Suite au mélange adiabatique de ces flux d'air, un nouvel air humide sort par le canal 3, possédant ses propres caractéristiques spécifiques en termes d'humidité et d'enthalpie (r_3^s, H_3^s) [7].

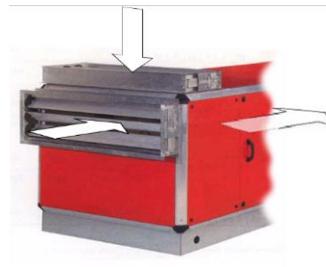


Figure I-4 : Caissons de mélange

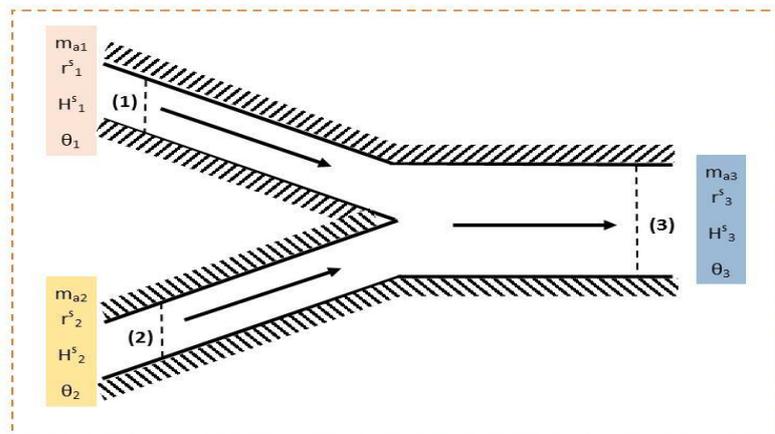


Figure I-5 : Mélange adiabatique de deux airs humides de caractéristiques différentes

[8]

I.9.2. Échauffement ou refroidissement de l'air à humidité spécifique constante

La figure 8 illustre le système responsable de cet échauffement. En régime permanent et pendant la période t , de l'air humide entre en 1, caractérisé par une humidité spécifique r_1^s et une enthalpie spécifique H_1^s , contenant une masse $m_{a,1}$ d'air sec. Une quantité de chaleur Q_c est apportée via le réchauffeur R . En sortie en 2, de l'air à l'humidité spécifique r_2^s et à l'enthalpie spécifique H_2^s est observé, contenant une masse $m_{a,2}$ d'air sec [7].

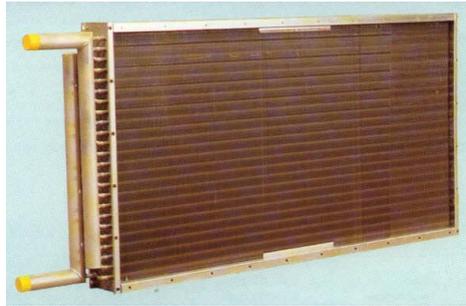


Figure I-6 : Epingle chauffante électrique

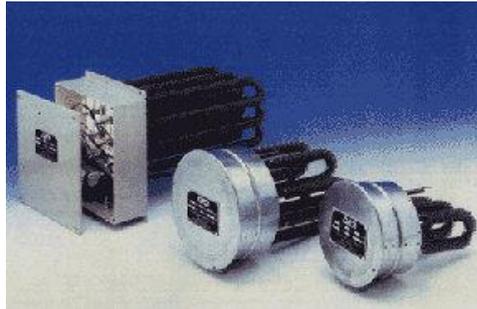


Figure I-7 : Batterie à eau (glacée ou chaude)

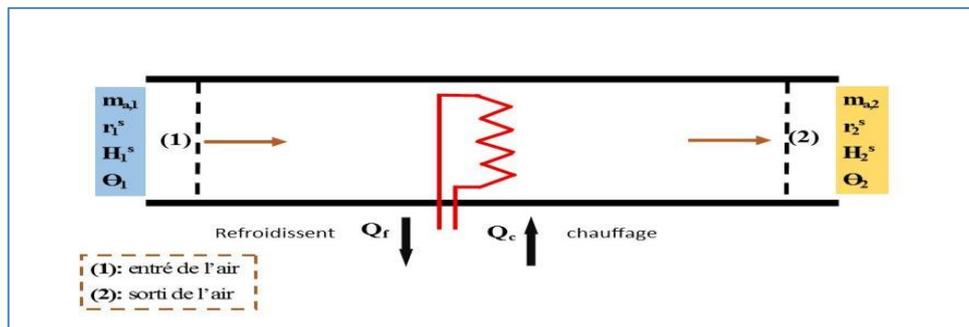


Figure I-8 : Échauffement/Refroidissement de l'air humide [1]

I.9.3. Refroidissement de l'air avec déshumidification

Il s'agit là d'une des évolutions majeures dans le domaine de la climatisation, car elle vise à la fois à abaisser la température de l'air et à réduire son niveau d'humidité. Cette technique implique le contact de l'air avec une surface solide ou liquide (voir Figure I.9) dont la température est inférieure à son point de rosée. En régime permanent et sur une période t donnée, le processus se déroule comme suit [7]:



Figure I-9 : Batterie à eau glacée de refroidissement et déshumidification

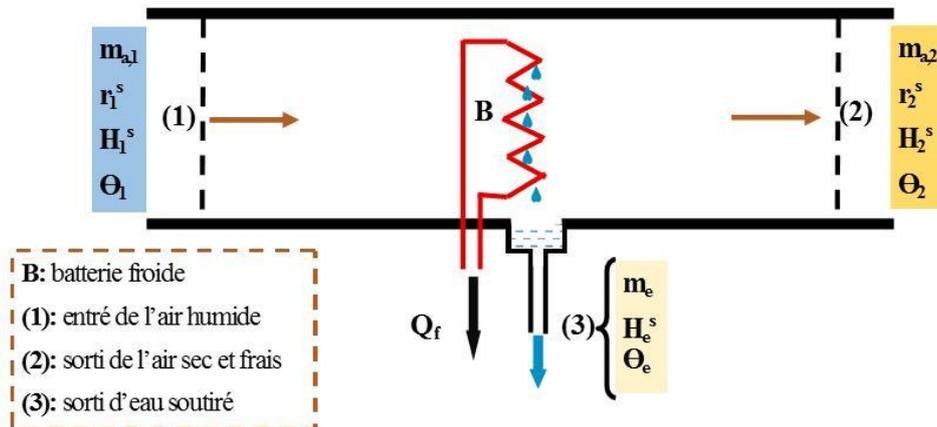


Figure I-10 : Refroidissement de l'air avec déshumidification [8]

Au point d'entrée 1, l'air est caractérisé par une humidité spécifique r_1^s , une enthalpie spécifique H_1^s , et contient une masse d'air sec $m_{a,1}$. À la sortie en point 2, l'air présente une humidité spécifique différente r_2^s , une enthalpie spécifique H_2^s , et une autre masse d'air sec $m_{a,2}$. Enfin, à la sortie en point 3, une quantité d'eau liquide m_e avec une enthalpie massique H_e^s est produite, tandis qu'une quantité de chaleur Q_f est transférée via la batterie B.

I.10. Centrale de traitement d'air

Une centrale de traitement d'air (CTA) est un système de climatisation et de ventilation qui contrôle et traite les conditions de l'air qui est acheminé à l'intérieur d'un local par un réseau de gains. Elle assure le renouvellement d'air l'air, le contrôle de la température, de l'humidité, et la qualité de l'air pour garantir un environnement pour les occupants. Il existe plusieurs technologies de CTA, comme elle regroupe divers équipements principaux [9].

I.11. Types de centrale de traitement d'air

- **Centrale de traitement d'air à simple flux**

La centrale de traitement d'air simple flux peut être définie comme un système de ventilation offrant la possibilité de trois modes de fonctionnement soit tout air neuf, soit tout air repris où encore en mélange des deux flux[9].

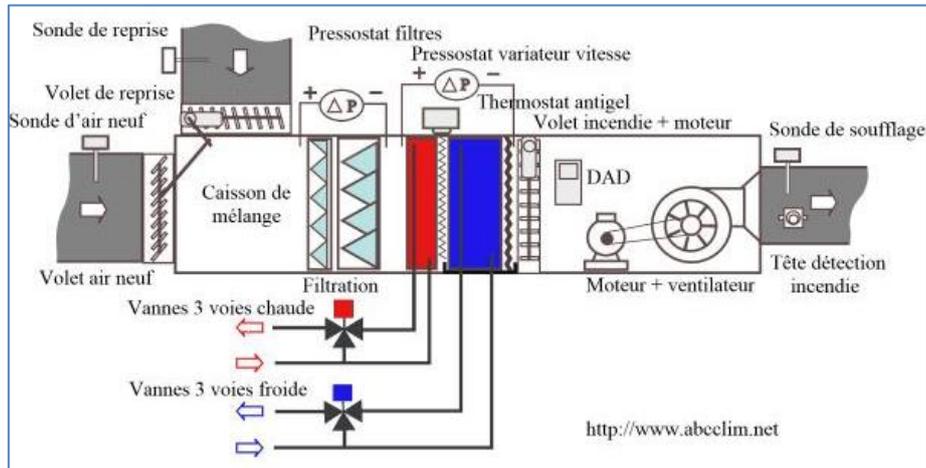


Figure I-11 : Centrale de traitement d'air à simple flux [10]

- **Centrale de traitement d'air à double flux**

La centrale de traitement d'air à double flux se distingue par sa capacité à s'adapter à une multitude de configurations, permettant ainsi de répondre de manière précise aux besoins spécifiques concernant la reprise d'air, l'air neuf, l'air rejeté et l'air traité. Elle gère deux flux d'air distincts, un flux d'air frais entrant et un flux d'air vicié sortant. Utilise un échangeur de chaleur pour récupérer la chaleur de l'air sortant et préchauffer l'air entrant dans l'hiver (ou pré-refroidir en été). Ce qui améliore l'efficacité énergétique [9].

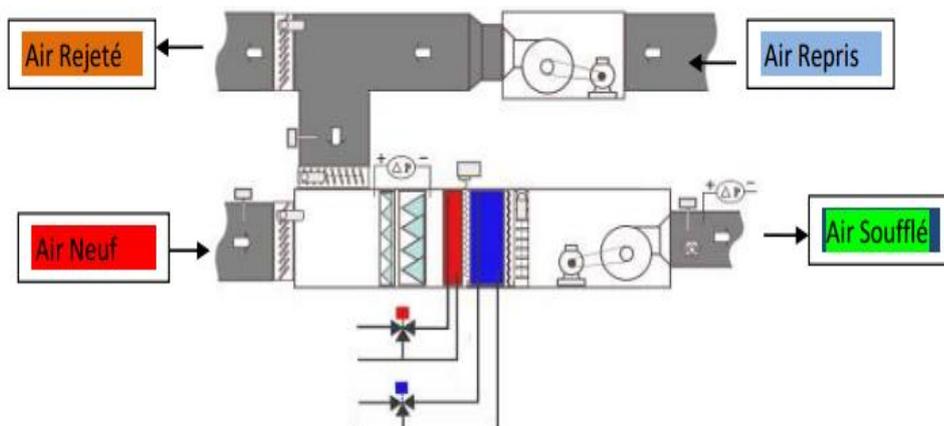


Figure I-12 : Centrale de traitement d'air à double flux[9]

I.11.1. Les constituants fondamentaux d'une centrale et leurs fonctions

La centrale de traitement d'air est un système composé de plusieurs éléments qui travaillent ensemble pour conditionner l'air selon des exigences particulières. Le concepteur détermine la configuration et l'ordre des composants en fonction des résultats désirés [2].

A. Caisson de mélange

Le caisson de mélange est conçu pour combiner l'air frais et l'air reprise dans des proportions variables. Les registres d'air reprise et d'air frais sont coordonnés par un mécanisme de bielles et de rotules afin de maintenir un débit mixte constant [2].

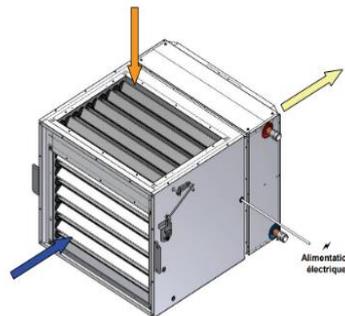


Figure I-13 : Caisson de mélange [2]

B. Caisson de filtration

Le filtre a pour but de retenir tout ou partie des particules ou aérosols présents dans un gaz en les piégeant sur une couche poreuse appelée média filtrant. Cette opération n'affecte pas les propriétés thermiques de l'air et n'est pas représentée sur le diagramme de l'air humide, mais elle entraîne une diminution de la pression de l'air. Malgré cela, la filtration reste un composant essentiel des centrales de traitement d'air [2].

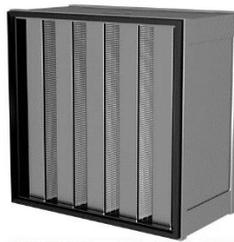


Figure I-14 : Caisson de filtration [10]

C. Batterie chaude

La batterie chaude sert à préchauffer ou chauffer l'air à l'aide d'un fluide chaud, tel que de l'eau, de l'eau surchauffée, de la vapeur, la condensation d'un fluide frigorigène ou des résistances électriques. Pendant cette opération, l'humidité absolue de l'air demeure constante, tandis que son humidité relative (en %) diminue [2].

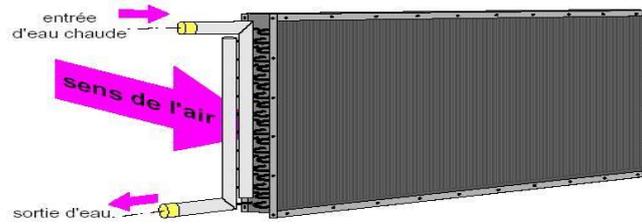


Figure I-15 : Batterie chaude [10]

D. Batterie froide

La batterie froide peut être à détente directe ou à eau glacée, mais dans tous les cas il est essentiel de récupérer les condensats. Habituellement, le bac de récupération des condensats est fabriqué en tôle d'acier galvanisée avec un revêtement bitumineux.

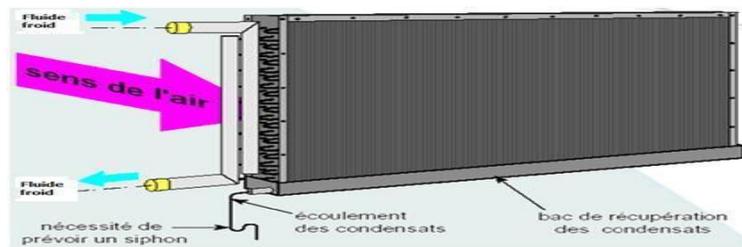


Figure I-16 : Batterie froide alimentée en eau

E. Humidificateur

Il s'agit d'un laveur adiabatique utilisé pour augmenter le taux d'humidité dans l'air. Il fonctionne en faisant passer de l'eau sur un matelas composé de fils d'acier galvanisé, provoquant ainsi l'humidification de l'air sans changer sa température [2].

F. Ventilateur centrifuge

Le ventilateur centrifuge, ou moto-ventilateur centrifuge est une turbomachine dans laquelle l'air entre à travers son œil central pour ensuite être évacué suivant une direction perpendiculaire à l'axe de rotation, à travers l'orifice de refoulement. Cette opération permet de véhiculer l'air et lui assurer un écoulement continu [2]:

- ✓ Dans la centrale de traitement d'air elle-même ;
- ✓ Dans le réseau de distribution d'air, par les gaines de soufflage ;
- ✓ Dans le réseau de reprise d'air, par les gaines d'aspiration.

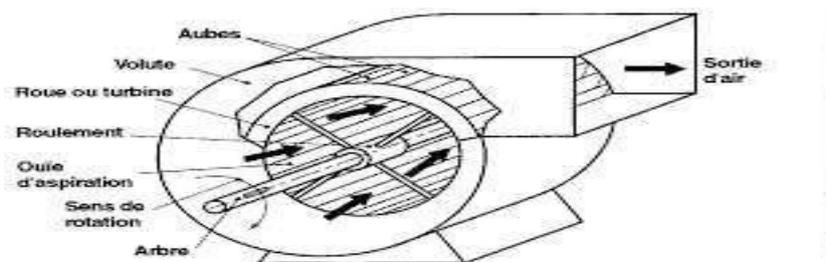


Figure I-17 : Ventilateur de centrifuge

I.12. Différents types de soufflage

- **Centrales de traitement d'air à débit constant**

Un système de traitement d'air constant est un système de ventilation conçu pour maintenir un débit d'air constant dans l'espace donné, indépendamment des variations de charge ou des conditions extérieures. Cela signifie que la quantité d'air soufflé est stable. Ce qui peut être avantageux dans certaines applications où une ventilation constante est nécessaire pour garantir des conditions d'air optimales en termes de qualité [2].

- **Centrale de traitement d'air à débit variable**

Un système à débit variable est un système de ventilation qui ajuste automatiquement son débit d'air en fonction des besoins réels et des conditions ambiantes. Contrairement aux systèmes à débit constant, où la quantité d'air soufflée reste stable, un système à débit variable peut augmenter ou réduire son débit d'air pour s'adapter aux variations de charges, aux changements de températures extérieures, ou aux besoins spécifiques de confort et de qualité d'air intérieur. Cela permet une meilleure efficacité énergétique et un contrôle plus précis des conditions environnementales à l'intérieur des espaces desservis par le système de ventilation [2].

I.13. Conclusion

Au cours de ce chapitre, nous avons examiné en détail les divers éléments du confort thermique et leur relation avec le bien-être des occupants. Nous avons également analysé les caractéristiques de l'air humide, soulignant leur importance dans la création d'environnements intérieurs sains et confortables. En outre, nous avons étudié le fonctionnement des centrales de traitement d'air, mettant en évidence leur rôle essentiel dans la régulation des conditions intérieures. Pour compléter cette étude approfondie, le prochain chapitre se concentrera sur la réglementation thermique, en détaillant les normes et lois indispensables pour un meilleur dimensionnement des centrales de traitement d'air et pour assurer le confort thermique.

Chapitre II

Règlementation thermique

II.1. Introduction

La réglementation thermique constitue une étape fondamentale avant d'aborder l'évaluation précise des besoins thermique d'un local.

Cette étape devient particulièrement essentielle lorsque les deux CTA en place ne parviennent pas à répondre aux besoins thermiques du local. Cela souligne l'importance décisive de disposer d'un cadre réglementaire clair et complet. Celui-ci permettra d'évaluer précisément les apports de chaleur affectants le local et de guider efficacement le processus de conception des systèmes de climatisation et de ventilation pour assurer le confort thermique.

En se référant et en se basant sur les normes et les méthodes de calcul spécifiées dans le Document Technique Réglementaire (DTR), nous présenterons les formules pertinentes pour évaluer les bilans thermiques et définir la puissance frigorifique nécessaire.

II.2. Conditions de base

Avant d'entamer tout calcul, il est essentiel de recueillir les conditions de base qui sont des éléments fondamentales dans la planification des systèmes de climatisation. Ces données fondamentales sont essentielles pour évaluer les besoins en climatisation et concevoir des solutions efficaces pour garantir un confort thermique optimal souhaité [4].

II.2.1. Conditions de base extérieure

II.2.1.1. Caractéristiques de l'air extérieur

L'air extérieur est défini par [11]:

- La température sèche de base $\theta_{s,be}$ (en °C),
 - L'humidité spécifique de base $HS_{b,e}$ (ou teneur en vapeur d'eau) exprimée en grammes de vapeur par kg d'air sec,
 - L'écart diurne de base E_b (en °C),
 - La température moyenne $\theta_{s,m}$ (en °C).
- La température sèche de base $\theta_{s,be}$:

La température sèche de base (en °C) est définie comme le seuil thermique ne dépassant que 2,5% des heures au cours des mois de juin, juillet, août et septembre.

- L'humidité spécifique de base $HS_{b,e}$:

L'humidité spécifique de base de l'air extérieur correspond à la moyenne mensuelle de l'humidité spécifique à 15 heures durant le mois le plus chaud.

➤ L'écart diurne de base E_b :

L'écart diurne de base représente la moyenne mensuelle, observée pendant les mois de juillet et d'août, de la variation entre les températures sèches maximales et minimales de l'air extérieur au cours d'une journée

➤ la température moyenne θ_{sm} :

La température moyenne est la moyenne mensuelle durant les mois de Juillet et d'Août de la température moyenne quotidienne

➤ La température sèche de l'air extérieur T_{s_e} :

Nous pouvons obtenir la température sèche de l'air extérieur pour le mois de juillet et aout en utilisant cette expression :

$$\theta_{s_e}(t) = \theta_{s_{b,e}} - [C_{Ts}(t) \times E_b] \quad (\text{II-1})$$

$\theta_{s_e}(t)$: (En °C) représente la température sèche de l'air extérieur à l'heure t

$\theta_{s_{b,e}}$: (En °C) représente la température sèche de base de l'air extérieur

$C_{Ts}(t)$: représente un coefficient correcteur

E_b : (En °C) représente l'écart diurne de base

➤ Le rayonnement solaire :

Le rayonnement solaire se distingue en deux catégories :

- le rayonnement direct : qui est la partie du rayonnement initial atteignant la surface terrestre
- le rayonnement diffus : résultant de la diffusion par les particules atmosphériques et se répartissant uniformément sur la surface de la terre.

$$I_t = [C_{cadre} \times C_{limp} \times C_{alt} \times C_{ros}] \times I_{t,b} \quad (\text{II-2})$$

$$I_d = [C_{cadre} \times C_{limp} \times C_{alt} \times C_{ros}] \times I_{d,b} \quad (\text{II-3})$$

I_t : Rayonnement total.

I_d : Rayonnement diffus.

▪ C_{cadre} : Est un coefficient tenant compte de la nature du cadre, il est donné par le DTR C3-T comme suit :

✓ C_{cadre} : 1,17 pour un cadre métallique

✓ C_{cadre} : 1 pour un cadre en bois, ou en PVC

- C_{limp} Est un coefficient tenant compte de la limpidité de l’atmosphère, il est donné par le DTR C3-T comme suit :
 - ✓ C_{limp} : 1 pour une atmosphère limpide ; on pourra adopter une atmosphère limpide en zone rurale, hors agglomération (oasis, hameaux etc...).
 - ✓ C_{limp} : = 0,92 pour une atmosphère peu limpide ; on pourra adopter une atmosphère peu limpide pour les zones suburbaines, les zones résidentielles des villes.
 - ✓ C_{limp} : 0,87 pour une atmosphère obscure ; on pourra adopter une atmosphère obscure pour le centre des grandes villes, les zones industrielles, à proximité d’industries polluantes.
- C_{alt} : Est un coefficient tenant compte de l’altitude, est un coefficient tenant compte de l’altitude, est obtenu en augmentant sa valeur de 0,7 % par 300 m en prenant $C_{alt} = 1$ pour l’altitude 0.DTR C3-T
- C_{ros} : Est un coefficient tenant compte de la valeur du point de rosé, est un coefficient tenant compte de la valeur du point de rosée, ses valeurs sont données par le tableau (II.2), en fonction des zones climatiques.
- $I_{t,b}, I_{d,b}$: Sont les rayonnements total et diffus de base, ses valeurs sont données par le tableau (II.1).

Rayonnement total de base $I_{t,b}$ et diffus de base $I_{d,b}$ (en W/m ²)										
Latitude Nord	Moins	ORIENTATION								
		N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	Horiz
20	Juillet	59	435	514	267	44	267	514	435	791
	Aout	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
	Aout	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
	Aout	34	321	511	459	321	459	511	321	675
	Septembre	28	183	470	511	441	511	470	183	577

Tableau II.1 : Rayonnement de base

Zones		C_{ros}	Zones		C_{ros}
A	alt < 500 m	0,99	C	Alt <500m	1,05
	500 ≤ alt <1000m	1,02		Alt ≥1000m	1,07
	alt ≥1000 m	1,02	D	Alt <1000m	1,10
		Alt ≥1000m		1,10	
B	alt < 500 m	1,03	E	Toutes	1,15
	500 ≤ alt <1000m	1,05			
	alt ≥1000 m	1,07			
B1	Toutes	1,10	E1	Alt<500m	1,05
B2					

Tableau II.2 : C_{ros} en fonction de la zone climatique.

II.2.2. Conditions intérieurs de base

Les paramètres fondamentaux des conditions intérieurs comprennent [11].

- la température sèche de base de l'air intérieur $\theta_{s,b,i}$ (en °C) et l'humidité relative de base de l'air intérieur $HR_{b,i}$ (en %).
- l'accroissement (toléré) de la température sèche de base de l'air intérieur.

II.3. Méthodologie de calcul des apports calorifiques

Les apports calorifiques jouent un rôle essentiel dans le maintien du confort thermique du bâtiment, On peut distinguer trois principaux types d'apports de chaleur : les apports à travers les parois opaque, les apports de chaleur internes, et les apports de chaleur par introduction de l'air extérieur [11].

II.3.1. Coefficient de transmission $K_{été}$ des parois opaques

Le coefficient $K_{été}$ des parois opaques représente la capacité de transfert thermique à travers la partie centrale de la paroi pendant l'été. Il est calculé en prenant en compte les résistances thermiques des différentes couches de la paroi, ainsi que les résistances d'échange thermique à ses surfaces interne et externe.

Le coefficient $K_{été}$ est calculé par la relation suivante :

$$\frac{1}{K_{été}} = \sum R_i + \frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i} \tag{II-4}$$

- $\sum R_i$: ($m^2 \cdot C / w$) représente la somme des résistances thermiques des différentes couches de matériaux constituant la paroi

$$R_i = \frac{e_i}{\lambda_i} \tag{II-5}$$

- $\frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i}$ ($m^2 \cdot C / w$) représente la somme des résistances d'échange superficiel.

II.3.2. Apports à travers les parois aériennes

Les parois opaques aériennes sont celles qui sont en contact direct avec l'air extérieur (Parois verticales ou horizontales), Les apports de chaleur à travers une paroi opaque à un instant t, APO(t), sont donnés par la formule suivante :

$$APO(t) = 1,2 \times K_{été} \times S_{int} \times \Delta t_e(t) \tag{II-6}$$

Ou :

- 1,2 (sans dimension) est un coefficient majoration de 20% tenant compte des apports latéraux linéiques (à travers les ponts thermiques)
- $K_{été}$ (en $W/m^2 \cdot C$) est le coefficient de transmission en partie courante de la paroi considérée pour l'été
- S_{int} (en m^2) est la surface intérieure totale de la paroi considérée
- $\Delta t_e(t)$ (en $^{\circ}C$) est la différence équivalente de température à l'heure t

II.3.2.1. Différence de température équivalente

On distingue 2 types de différence de température équivalente

- Parois ensoleillée :

$$\Delta t_e(t) = \Delta t_{es}(t) + C_{\Delta te} + \frac{\alpha}{0,9} [\Delta t_{em} - \Delta t_{es}(t)] \times \frac{I_{t,b}}{I_{t,b(40)}} \tag{II-7}$$

- Parois à l'ombre 24h / 24 :

$$\Delta t_e(t) = \Delta t_{es}(t) + C_{\Delta te} \tag{II-8}$$

Avec :

- Δt_{es} Différence de température équivalente à l'heure t en considérant que la paroi est à l'ombre
- $C_{\Delta te}$ facteur de correction dû à la différence maximale de la température sèche de l'air entre l'extérieur et l'intérieur et à l'écart diurne de base ; pour le mois considère en [$^{\circ}C$].

- α est le facteur d'absorption de la paroi.
- Δt_{em} Différence équivalente de température à l'heure t pour l'orientation de la paroi considérée.
- I_{t_b} en $(W.m^{-2})$ Rayonnement total de base pour le mois, la latitude et l'orientation considérés par interpolation linéaire.
- $I_{t_{b(40)}}$ en $(W.m^{-2})$: Rayonnement total de base pour le mois de Juillet, la latitude 40° Nord et pour l'orientation considérée.

II.3.3. Parois opaques intérieures en contact avec un local non conditionné

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

$$APO(t) = K_{été} \times S_{int} \times \Delta t_{inc}(t) \quad (II-9)$$

Avec :

- $K_{été}$: (En $W/m^2 \cdot ^\circ C$) est le coefficient de transmission en partie courante de la paroi
Considérée
- S_{int} : (En m^2) est la surface intérieure de la paroi considérée
- $\Delta t_{inc}(t)$: (En $^\circ C$) représente l'écart de température entre l'espace non conditionné et le local considéré
- $\Delta t_{inc}(t)$: Est donné par la formule suivante :

$$\Delta t_{inc} = T_{se}(t) - C_{inc} - T_{s_{b,i}} \quad (II-10)$$

Ou :

- $\theta_{s_e}(t)$: (en $^\circ C$) est la température extérieure sèche à l'instant considéré
- C_{inc} : (en $^\circ C$) est un coefficient correcteur, Les valeurs de coefficient correcteur C_{inc} , sont données en fonction de la température de base extérieure, de l'heure et de type du local non conditionné.
- $\theta_{s_{b,i}}$: (en $^\circ C$) représente la température intérieure du local conditionné.

II.3.4. Parois opaque en contact avec le sol

Les transferts thermiques à travers les parois en contact avec le sol dépendent de la différence de niveau z , qui est définie positivement de deux manières : pour un plancher, c'est la hauteur entre sa surface supérieure et le sol ; pour un mur enterré, c'est la hauteur entre le sol et une hauteur spécifique du mur.

La relation ci-dessous décrit les apports $APO(t)$ à travers une paroi en contact direct avec le sol :

$$APO(t) = K_{été} \times S_{app} \times [\theta_{s_m} - \theta_{s_{b,i}}] \quad (II-11)$$

Sachant que :

- S_{app} : Surface de la zone d'apport. (m²)
- θ_{s_m} : Température moyenne sèche de l'air extérieur (°C)
- $\theta_{s_{b,i}}$: Température intérieure du local conditionné (°C)

II.3.5. Apports à travers les parois vitrées

II.3.5.1. Parois vitrées intérieures

Les apports à travers les parois vitrées intérieures $AVT(t)$ sont dus uniquement à différence de température de part et d'autre de la paroi. Ils sont donnés par :

$$AVT(t) = K_{été} \times S_{ouv} \times [(\theta_{s_e}(t) - C_{lnc}) - \theta_{s_{b,i}}] \quad (II-12)$$

- S_{ouv} : (m²) est la surface de l'ouverture dans la paroi opaque
- θ_{s_e} : (°C) est la température extérieure sèche à l'heure t
- C_{lnc} : Est un coefficient correcteur
- $\theta_{s_{b,i}}$: (°C) est la température intérieure sèche de base pour le local considéré

II.3.5.2. Parois vitrées extérieur

Les gains à travers les parois vitrées extérieures $AV(t)$ sont donnés par :

$$AV(t) = AVT(t) + AVE(t) \quad (II-13)$$

- $AVT(t)$: (W) représente les gains dus au gradient de température à travers les Parois vitrées

- $AVE(t)$: (W) représente les gains dus au rayonnement solaire à travers les parois Vitrées

$$AVT(t) = 1,2 \times K_{été} \times S_{ouv} \times [\theta_{s_e}(t) - \theta_{s_{b,i}}] \quad (\text{II-14})$$

$$AVE(t) = [SV_{ens} \times I_t + (SV - SV_{ens}) \times I_d] \times FS \times N_{pvi}(t) \quad (\text{II-15})$$

Avec :

- SV : (m^2) est la surface totale vitrée
- SV_{ens} : (m^2) est la surface vitrée ensoleillée
- $SV - SV_{ens}$: (m^2) est la surface vitrée à l'ombre
- FS : est le facteur solaire du vitrage
- $N_{pvi}(t)$: représente le coefficient d'amortissement relatif aux gains par ensoleillement à travers les parois vitrées à l'heure t considérée

II.3.6. Apports de chaleur interne

Les apports internes de chaleur, également connus sous le nom de gains internes, représentent les quantités de chaleur produites à l'intérieur des locaux conditionnés, que ce soit sous forme de chaleur latente ou sensible

La formule générale des apports de chaleur interne :

$$AI(t) = \sum_j (CS_j \times AI_{s,j} \times N_{Al,j}) + \sum_j (CS_j \times AI_{i,j}) \quad (\text{II.16})$$

- CS_j : est le coefficient de simultanéité relatif à l'apport interne j; en l'absence d'information, les valeurs à considérer pour les coefficients de simultanéité sont celles du tableau 12.1 (DTR C3-T) ;
- $AI_{s,j}$: (W) représente la partie sensible de l'apport interne j
- $N_{Al,j}$: est le coefficient d'amortissement relatif à l'apport interne j
- $AI_{i,j}$: (W) représente la partie latente de l'apport interne j, les valeurs sont données par le tableau 12.2 (DTR C3-T).

Les sources de gains étudiées dans le cadre de ce projet proviennent principalement des occupants, de l'éclairage, des machines entraîné par le moteur électrique, d'un réservoir et à la tuyauterie présente dans le local.

II.3.6.1. Gains dus aux occupants

Les gains sensibles et latents dus aux occupants sont donc donnés par les deux formules suivantes :

$$Q_{soc} = n \times C_{soc} \tag{II-17}$$

$$Q_{loc} = n \times C_{loc} \tag{II-18}$$

Avec :

- n : nombre d'occupants
- C_{soc} : chaleur sensible par occupant
- C_{loc} : chaleur latente par occupant

Degré d'activité	Exemple d'activité	Température sèche du local (°C)											
		28		27		26		25		24		21	
		Apports sensibles (Sen) et latents (Lat) en W/pers											
		Sen	Lat	Sen	Lat	Sen	Lat	Sen	Lat	Sen	Lat	Sen	Lat
Travail légers	Atelier, Usine	56	154	64	156	72	142	80	140	86	134	107	113

Tableau II.3 : Gains dus aux occupants

II.3.6.2. Gains dus aux machines entraînées par un moteur électrique

Les moteurs électriques et les machines entraînées par ces moteurs Constituent des sources de gains sensibles.

Dans le cas où le moteur et la machine entraînée sont dans le même local climatisé, toute l'énergie absorbée est dissipée sous forme de chaleur dans le local climatisé.

L'apport AI dû à l'ensemble moteur-machine est donné par la formule :

$$AI = Wa = \frac{W_{eff}}{\eta} \tag{II-19}$$

- W_{eff} : (En W) désigne la puissance nominale
- η : désigne le rendement du moteur

Dans le cas où seul le moteur est dans le local climatisé l'apport calorifique est égal aux pertes diverses dans la carcasse du moteur.

L'apport AI est donné par la formule :

$$Al = Wa - W_{eff} = \frac{W_{eff}}{\eta}(1 - \eta) \quad (II-20)$$

S'il s'agit d'une pompe ou d'un ventilateur véhiculant un fluide à l'extérieur du local, l'apport calorifique AI dans le local correspond à :

$$Al = [W_{eff} - \Delta_P \times qv_m] \quad (II-21)$$

Si le moteur électrique est positionné à l'extérieur du local :

$$Al = \frac{W_{eff}}{\eta} - \Delta_P \times qv_m \quad (II-22)$$

Avec :

- Δ_p : (Pa) désigne la pression du ventilateur ou la hauteur manométrique de la pompe
- qv_m : (m³/s) est le débit volumique moyen du fluide

II.3.6.3. Gains dus à l'éclairage

Les appareils d'éclairages constituent une source de chaleur sensible. Si l'on connaît la Puissance installée pour l'éclairage est donnés par la formule suivante :

$$Al = \Sigma(w_n \times c_{me} \times C_{cr}) \quad (II-23)$$

- w_n : [W] est la puissance nominale de l'ampoule ou du tube fluorescent
- c_{me} : Est un coefficient de majoration, il est égale a :
 - ✓ 1,2 pour les lampes à incandescence,
 - ✓ 1,25 pour les tubes fluorescents.
- C_{cr} : Est le pourcentage de chaleur résiduelle correspondant à la part d'énergie restant dans la salle. C_{cr} est égale a :
 - ✓ 1 pour les installations dont l'éclairage n'est pas raccordé à un système d'extraction d'air.

II.3.6.4. Gains dus à un réservoir

Les apports de chaleur provenant d'un réservoir contenant un liquide maintenu à une température donnée sont exprimés par la formule suivante :

$$Al = (\theta_f - TS_{b,i}) \times \Sigma \left(\frac{S_I}{\Sigma \frac{e_{i,j}}{\lambda_{i,j}} + r_{e,j}} \right) \quad (II-24)$$

- θ_f : (°C) est la température du liquide
- $TS_{b,i}$: (°C) est la température de base l'air intérieur
- S_i : (m²) est la surface de la paroi considérée en contact avec l'air intérieur

- e : (m) désigne l'épaisseur de la couche de matériau constituant les parois du réservoir
- λ : (W/°C) désigne la conductivité thermique du matériau considéré
- r_e : (m².°C/W) désigne la résistance superficielle extérieure, L'indice i désigné la paroi, l'indice j désigné les différentes couches de matériaux.

II.3.6.5. Apports par les tuyauteries

Les tuyauteries sont une source de chaleur sensible.

L'apport calorifique par les tuyauteries est donné par la relation suivante :

$$A_{il} = K \times L \quad (\text{II-25})$$

- K : (W/m) est le coefficient linéique d'émission de la tuyauterie
- L : (m) est la longueur de la tuyauterie

II.4. Apports de chaleur par introduction d'air extérieur

Les apports de chaleur dus à l'introduction de l'air extérieure sont une source de chaleur latente et sensible, On distingue deux types d'apport :

- les apports dus aux infiltrations, qui interviennent directement dans le bilan du local.
- les apports dus à l'introduction d'air neuf, qui interviennent dans le bilan calorifique total.

II.4.1. Les apports dus à l'introduction d'air neuf

Les gains sensibles et latents dus aux renouvellements d'air, sont donnés respectivement par Les formules :

$$A_{ren_s} = 0.320 \times qv_{an} (\theta_{s_e}(t) - \theta_{s_{b,i}}) \quad (\text{II-26})$$

$$A_{ren_l} = 0.797 \times qv_{an} \times \text{Max} \left[HS_{b,e} - HS_{b,i} \right] \quad (\text{II-27})$$

Avec :

- 0,320 : (J/m³.°C) représente le produit de la chaleur spécifique de l'air (1006J/kg°C) Par la masse volumique de l'air (1,15 kg/m³) et par un facteur de conversion (1/3600)
- 0,797 : (J. Kg_{air} / g_{vap}. m³_{air}) représente le produit de la masse volumique moyenne de l'air (1,15 kg/m³) par la chaleur de vaporisation de l'eau (2500.8 J/g) et par un facteur de conversion (1/3600)
- qv_{an} : (m³/h) représente le débit d'air neuf
- $TS_e(t)$: (°C) représente la température sèche de l'air extérieur
- $TS_{b,i}$: (°C) représente la température sèche de l'air intérieur

- $HS_{b,e}$: (g_{vap}/Kg_{as}) représente l'humidité spécifique de base de l'air extérieur
- $HS_{b,i}$: (g_{vap}/Kg_{as}) représente l'humidité spécifique de base de l'air intérieur
- ❖ **Débit d'air neuf :**

$$Q_{van} = Q_{van} / occupant \times N_{occupant} \quad (II-28)$$

Avec :

$Q_{van} / occupant$: $25m^3/h$ Par occupant, le débit d'air neuf est pris dans l'annexe.

$N_{occupant}$: Nombre d'occupants.

II.4.2. Apports de chaleur par infiltration

Les gains sensibles et latents dus aux infiltrations, sont donnés respectivement par les Formules :

$$A_{inf_s} = 0.320 \times qv_{inf} (\theta_{se}(t) - \theta_{s_{b,i}}) \quad (II-29)$$

$$A_{inf_l} = 0,797 \cdot qv_{inf} \cdot \text{Max} [(HS_{b,e} - HS_{b,i})] \quad (II-30)$$

Avec :

- qv_{inf} : (m^3/h) représente le débit dû aux infiltrations

❖ Débit d'air dû aux infiltrations :

Pour le calcul de débit d'air dû aux infiltrations, nous considérons seule l'action du vent qui provoque les infiltrations, pour une direction perpendiculaire aux façades. Et seulement les infiltrations par les ouvrants (fenêtre ou porte-fenêtre).

Le débit dû aux infiltrations pour un local est :

$$qv_{inf} = \sum (qv_{o_{inf,i}} \times S_{ouv,i}) \quad (II-31)$$

Avec :

- $qv_{o_{inf,i}}$: Représente le débit d'infiltration correspondant à l'ouvrant i
- $S_{ouv,i}$: (m^2) désigne la surface de l'ouverture dans la paroi pour l'ouvrant i.

II.5. Apports calorifiques effectifs

Les apports calorifiques effectifs sont égaux aux gains du local augmentés, d'une part, des quantités de chaleur correspondant au débit d'air qui passe à travers l'installation sans être affecté, et augmentés, d'autre part, des quantités de chaleur provenant de l'installation elle-même (gains dits supplémentaires : échauffement dans les conduits d'air, fuites d'air éventuelles, etc.)

On distingue 2 types d'apports calorifiques effectifs : Les apports calorifiques effectifs sensibles AE_s et latents AE_l

$$AE_s = (C_{\Delta as} \times A_s) + (BF \times A_{ren_s}) \quad (II-32)$$

$$AE_l = (C_{\Delta al} \times Al) + (BF \times A_{ren_l}) \quad (II-33)$$

II.5.1. Apports calorifiques totaux

Les apports calorifiques totaux (ou puissance frigorifique) sont égaux aux gains du local augmentés, d'une part des quantités de chaleur correspondant au débit d'air total qui passe travers l'installation, et augmentés, d'autre part, des quantités de chaleur provenant de l'installation elle-même.

$$AT = AT_s + AT_l \quad (II-34)$$

II.5.1.1. Apport calorifique sensible

Les apports calorifiques sensibles, ou gains sensibles, sont les apports de chaleur qui affectent directement la température sèche de l'air du local considéré.

$$A_s = APO + AV + Al_s + A_{inf_s} \quad (II-35)$$

II.5.1.2. Apports calorifiques latents

Les apports calorifiques latents, ou gains latents, sont les apports d'humidité sous forme de vapeur d'eau qui affectent le local considéré.

$$Al = Al_l + A_{inf,l} \quad (II-36)$$

Avec :

$$AT_s = (C_{\Delta as} \times A_s) + A_{ren,s} \quad (II-37)$$

$$AT_l = (C_{\Delta al} \times Al) + A_{ren,l} \quad (II-38)$$

- $C_{\Delta as}$: Coefficients de majoration de gain sensible
- $C_{\Delta al}$: Coefficients de majoration de gain latent

II.6. Vérification règlementaire

Pour la vérification, le calcul est effectué pour l'ensemble du local supposés être conditionnés à 15 h pour le mois de juillet [11].

$$APO(15h) + AV(15h) \leq 1.05 \times A_{réf} \quad (II-39)$$

Sachant que la somme des apports de références égale à la somme des apports de références des parois horizontales, verticales et vitrées.

$$A_{réf} = A_{réf,ph} + A_{réf,pv} + A_{réf,pvi} \quad (II-40)$$

II.6.1. Apports de références des parois horizontales

Les apports calorifiques de référence des parois opaques horizontales $A_{réf,ph}$ sont calculés par la formule suivante :

$$A_{réf,ph} = \sum(a \times S_{int} \times \Delta TS_{réf,ph}) \quad (II-41)$$

Avec :

- a : Coefficient lié à la nature de la construction et fonction de la zone climatique
- $\Delta TS_{réf,ph}$: Différence de température de référence pour les parois opaques horizontales

II.6.2. Apports de référence des parois opaques verticales

Les apports calorifiques de référence des parois opaques verticales $A_{réf,pv}$ sont calculés par la formule suivante :

$$A_{réf,pv} = \sum(c \times S_{int} \times \Delta TS_{réf,pv}) \quad (II-42)$$

Ou :

- c : Coefficient dépend de type d'usage de la construction
- $\Delta TS_{réf,pv}$: Différence de température de référence des parois opaques verticales

II.6.3. Apports de référence des parois vitrées

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

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

$$A_{réf,pvi} = AVE_{réf} + AVT_{réf} \quad (II-43)$$

Les apports de référence dus à l'enseillement à travers une paroi vitrée $AVE_{réf}$ sont donnés par :

$$AVE_{réf} = [SV_{ens} \times I_t \times (SV - S_{ens}) \times I_d] \times FS_{réf} \times N_{PVI,réf} \quad (II-44)$$

Avec :

- $FS_{réf}$: Facteur solaire de référence, ça valeur est de 0,15 pour un local à usage d'hébergement

- $N_{PVI,réf}$: Coefficient d'amortissement relatif aux gains de référence des parois vitrées pour une orientation déterminée

Les apports de référence pour une paroi vitrée en contact avec un local non conditionné :

$$A_{réf,PVI} = 4,5 \times S_{ouv} \times \Delta TS_{réf,PVI} \quad (\text{II-45})$$

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

$$AVT_{réf} = e \times S_{ouv} \times \Delta TS_{réf,PVI} \quad (\text{II-46})$$

- e : (en $W/m^2 \cdot ^\circ C$) est un coefficient relatif à la nature des locaux

II.7. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté toutes les réglementations thermiques nécessaires pour réaliser une étude approfondie du local. La présentation détaillée des lois et des exigences réglementaires établit les bases essentielles pour procéder au bilan thermique du local.

Chapitre III

Bilan thermique

III.1. Introduction

Dans ce chapitre nous procéderons à une analyse thermique détaillée du local afin de déterminer les apports de chaleur qui l'affectent. Cette évaluation est essentielle pour comprendre les besoin en termes de confort thermique et pour identifier les paramètres essentiels pour le maintien des conditions adéquates. En effectuant ce bilan thermique, nous pourrons ensuite dimensionner de manière adéquate le système de climatisation, en calculant précisément la puissance frigorifique nécessaire pour assurer un climat intérieur confortable.

III.2. Présentation du local

Notre étude consiste à dimensionner une centrale de traitement d'air pour un local de production au sein de groupe CEVITAL unité margarine, située au port de Bejaia qui appartient à la zone climatique « A » dont l'altitude est inferieur a 100m.

- Latitude : 36°44'06.4"N
- Longitude : 5°04'40.4"E
- Altitude < 100 m

Ce local est situé au premier étage du bâtiment de l'unité de margarine, entre le rez de-chaussée qui est le local de transit, et le deuxième étage qui est le local de stockage d'emballage.

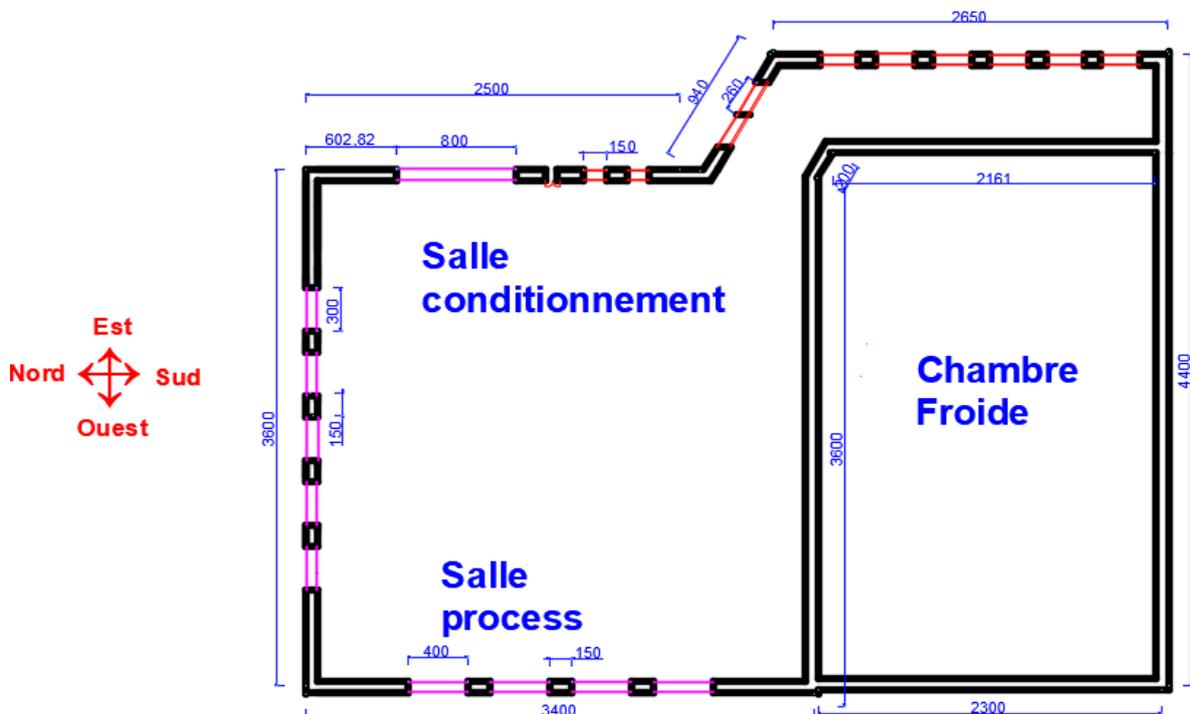


Figure III-1 : Plan du local

III.3. Paramètres géométriques

Cette partie traite les caractéristiques géométriques du local, incluant l’orientation et les dimensions des éléments constitutants. Ces paramètres sont essentiels pour une étude thermique précise.

Local		Surface					Mur net [m ²]
		orientation	Mur [m ²]	Porte [m ²]	Vitres [m ²]	Fenêtres [m ²]	
Murs extérieurs	Mur1	ouest	204	-	36,8	-	167,2
	Mur2	Nord-ouest	216		34,5	-	181,5
	Mur3	Est	150	2,6	24	3	120,4
	Mur4	Nord-Est	56,4	-	-	7,8	48,6
	Mur5	Est	159	-	-	23,4	135,6
	Mur6	Sud	38,58	-		-	38,58
Mur Intérieur	Mur7	Sud	216	-	-	-	216
	Mur8	Nord-Est	12	-	-	-	12
	Mur9	Est	129,66	-	-	-	129,66

Tableau III.1 : Paramètre géométrique pour les murs.

local	Surface (m ²)
Plancher [m ²]	1350,20583
Toiture [m ²]	

Tableau III.2 : Paramètre géométrique pour le plancher et la toiture.

III.4. Paramètres climatiques

D’après l’office national de la météorologie et les mesures fournir par l’entreprise, les paramètres géothermiques de l’année passée sont les suivantes :

paramètre climatique	Conditions extérieures de base			Conditions intérieures de base		
	HR [%]	$\theta_{S_{b,e}}$ [°C]	$HS_{b,e}$ [Kg _{eau} /Kg _{a,s}]	HR [%]	$\theta_{S_{b,i}}$ [°C]	$HS_{b,i}$ [kg _{eau} /kg _{a,s}]
Juillet	70	46	0,04729	50	24	0.00937
Aout	74	37	0,03023			
Septembre	76	34	0,02613			

Tableau III.3 : Paramètres climatique.

III.5. Masse Surfaccique

Exprimée en (kg/m^2), cette mesure est utilisée dans le DTR pour évaluer l’inertie thermique des parois. En exploitant cette mesure dans le document technique réglementaire, nous pouvons extraire les données nécessaires pour nos calculs. Elle est calculée suivant cette formule :

$$M_s = \sum \rho \times e_i$$

ρ : Masse volumique des composants de la paroi en kg/m^3).

e_i : Epaisseur de chaque composant de la paroi en (m).

Composants	e (m)	Masse volumique ρ (kg/m^3)	Masse surfaccique (kg/m^2)
Brique	0,3	900	341,87565
Mortier de ciment	0,0125	1900	
Enduit au plâtre	0,005	875	
Faïence	0,01	2000	
Peinture	0,0005	1,3	
Mortier de ciment	0,0125	1900	

Tableau III.4 : Masse surfaccique.

III.6. Méthodologie de calcul des apports calorifiques

Dans ce chapitre nous allons présenter seulement l’étude et résultats trouvés d’une manière générale. Les résultats détaillés seront présenté dans l’annexe de ce mémoire [11].

III.6.1. Apports à travers les parois opaques

Avant de calculer les apports par les parois opaques, il faut d’abord établir tous les paramètres nécessaires pour chaque mur pour effectuer les calculs.

III.6.1.1. Apports à travers les parois aériennes

Afin de calculer les apports à travers les parois aériennes qui sont calculés à l'aide de la formule (II-6), nous devons d'abord calculer le coefficient de transmission $K_{été}$ et déterminer la différence de température équivalente Δt_e .

A. Coefficient de transmission $K_{été}$

On a :

$$K_{été} = \frac{1}{\sum R_{th}}$$

La résistance thermique en parallèle :

$$R_{th} = \frac{1}{R_{th1}} + \frac{1}{R_{th2}} + \frac{1}{R_{th3}} + \dots + \frac{1}{R_{th}}$$

La résistance thermique en série

$$R_{th} = R_{th1} + R_{th2} + R_{th3} + \dots + R_{th}$$

Dans notre cas, la composition des parois est illustrée comme suit :

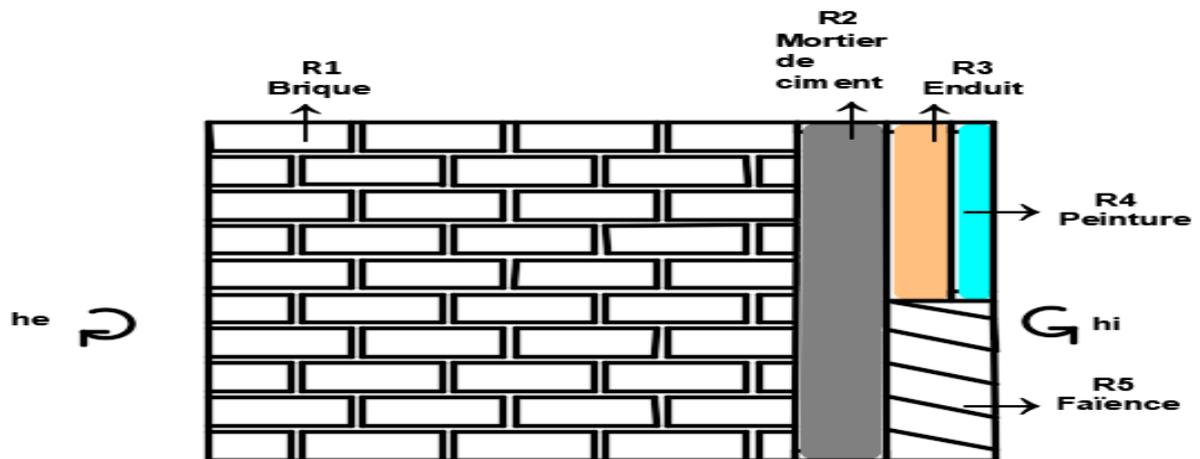


Figure III-2 : Composition des murs aériens.

B. Calculs de la résistance thermique

$$\Sigma R_{th} = \frac{1}{h_i} + r_1 + r_2 + \frac{(r_3 + r_4) \times r_5}{r_3 + r_4 + r_5} + \frac{1}{h_e}$$

$$\Sigma R_{th} = \frac{1}{h_i} + \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \frac{\left(\frac{e_3}{\lambda_3} + \frac{e_4}{\lambda_4}\right) \times \frac{e_5}{\lambda_4}}{\frac{e_3}{\lambda_3} + \frac{e_4}{\lambda_4} + \frac{e_5}{\lambda_4}} + \frac{1}{h_e}$$

	Composition	e	λ	R	$\frac{1}{h_i}$ + $\frac{1}{h_e}$	Σ R	K _{été}
Murs extérieurs	Brique	0.3	0.48	0.625	0.14	0,7890	1,2673
	Mortier de ciment	0.0125	1.4	0,0089			
	Enduit au plâtre	0.005	0.35	0,0142			
	Faïence	0.010	1	0,01			
	Peinture	0.0005	0.25	0,002			
	Mortier de ciment	0.0125	1.4	0,0089			

Tableau III.5 : Coefficient de transmission thermique des parois aériennes.

C. Différence de température équivalente

La variation de la différence de température au fil du temps est une considération importante l'étude thermique d'un local. Cette mesure varie en fonction des conditions métrologique extérieures.

Les résultats sont illustrés dans le graphique ci-dessous à l'aide des données obtenues par las formules (II-7) et (II-8).

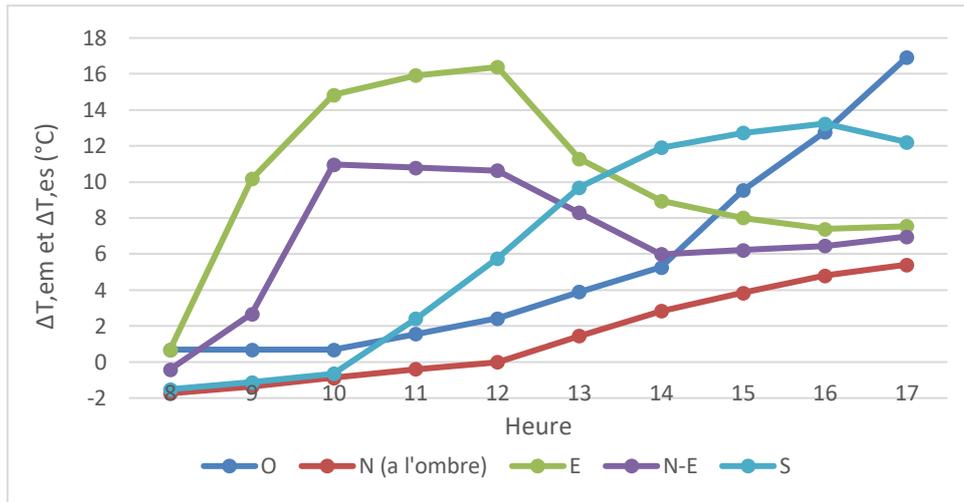


Figure III-3 : Différence de température à l'heure (t) pour l'orientation de la paroi considérée

D. Résultat des apports totaux à travers les parois aériennes

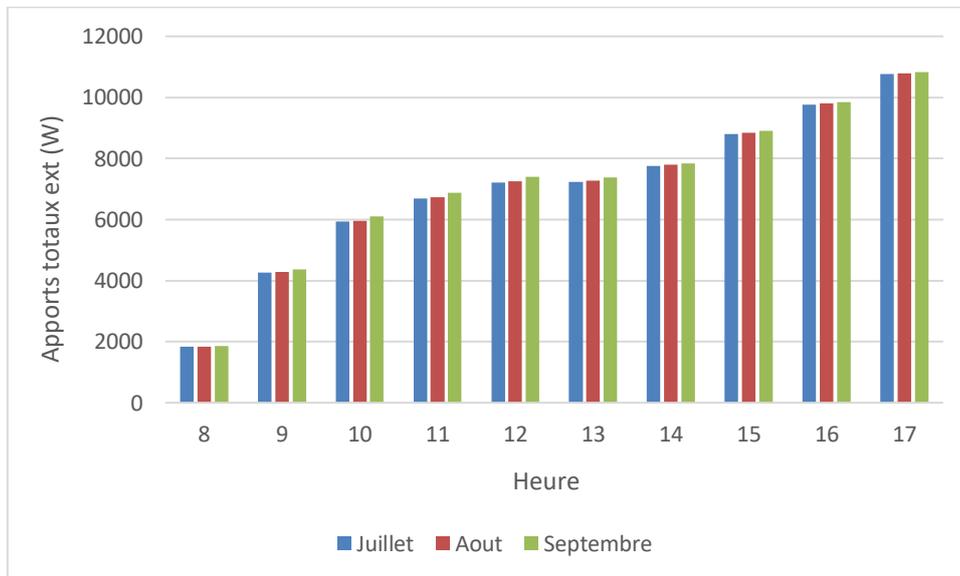


Figure III-4 : Apports totaux à travers les parois aériennes.

III.6.1.2. Apports à travers les parois intérieures

Comme illustré dans le schéma du local de production, le toit et le plancher sont constitués des mêmes composants que le local situé au premier étage. Il y'a également trois murs qui séparent la chambre froide et le local de production.

A. Coefficient de transmission $K_{été}$

➤ Plancher et toiture

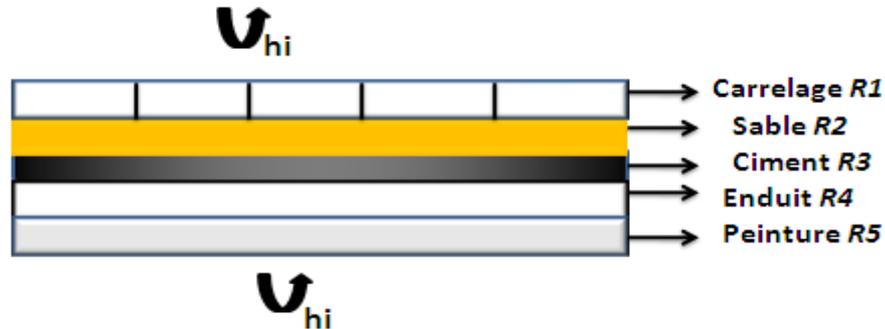


Figure III-5 : Compositions du plancher et de la toiture

$$\sum R_{th} = R_{th1} + R_{th2} + R_{th3} + R_{th4} + R_{th5} + 2\left(\frac{1}{hi}\right)$$

➤ Plancher

	Composition	e	λ	R	$2 \times \frac{1}{hi}$	$\sum R$	$K_{été}$
Plancher	Carrelage	0.010	3	0.0033	0,16	0,2966	3,3709
	Mortier de ciment	0.0125	1.4	0.0089			
	Béton armé	0.15	1.75	0.085			
	Sable	0.015	0.67	0.22			
	Enduit au plâtre	0.005	0.35	0.15			
	Peinture	0.0005	0.25	0.002			

Tableau III.6 : Coefficient de transmission thermique pour les plancher.

➤ Toiture :

	Composition	e	λ	R	$2 \times \frac{1}{hi}$	$\sum R$	$K_{été}$
Toiture	Carrelage	0.010	3	0.0033	0,34	0,4766	2,0979
	Mortier de ciment	0.0125	1.4	0.0089			
	Béton armé	0.15	1.75	0.085			
	Sable	0.015	0.67	0.22			
	Enduit au plâtre	0.005	0.35	0.15			
	Peinture	0.0005	0.25	0.002			

Tableau III.7 : Coefficient de transmission thermique pour la toiture.

➤ Mur intérieur :

La paroi de séparation entre le local de production de margarine et la chambre froide entraîne des déperditions thermiques en raison de différence de température. Ce qui peut réduire la charge thermique dans le local de production. Ces déperditions, en introduisant du froid dans le local de production, facilitent la climatisation durant les journées chaudes rendant le refroidissement plus efficace et moins énergivore.

Donc, nous calculons les déperditions surfaciques ainsi que les déperditions à travers les ponts thermiques.

$$D_s = K_s \times A \times T$$

$$D_p = 0,2 \times D_s$$

$$D_T = D_s + D_p$$

Ou :

D_s : Déperdition surfacique

K_s : Coefficient de transmission surfacique

A : Surface de la paroi

D_p : Déperdition par pont thermique

Calculs de la résistance thermique :

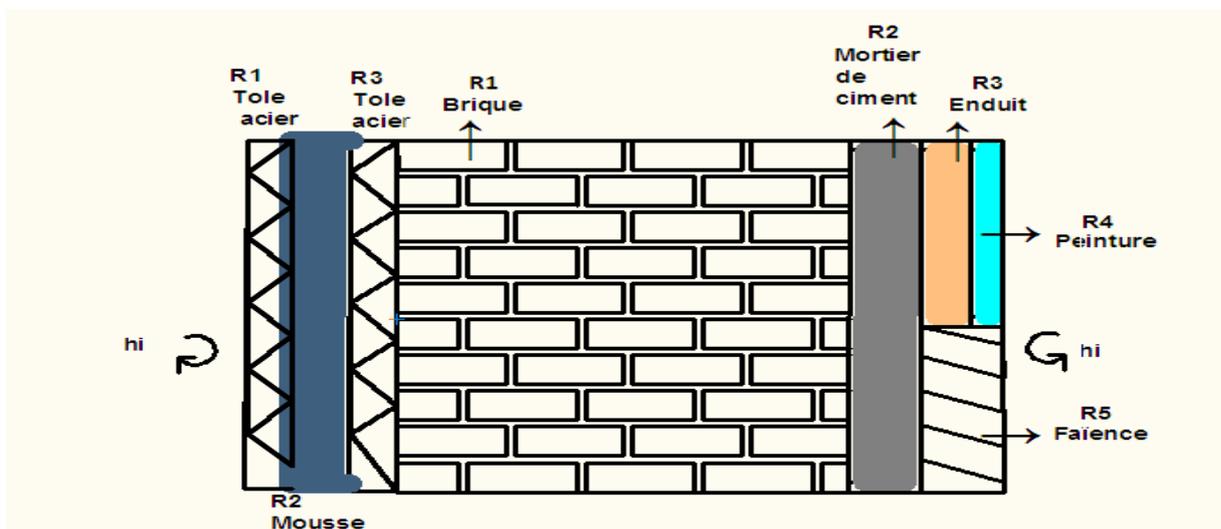


Figure III-6 : Composition de mur intérieur

$$R_{tot} = 2 \times \frac{1}{h_i} + r_1 + r_2 + \frac{(r_3 + r_4) \times r_5}{r_3 + r_4 + r_5} + r_6 + r_7 + r_8$$

$$R_{tot} = 2 \times \frac{1}{h_i} + \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \frac{\left(\frac{e_3}{\lambda_3} + \frac{e_4}{\lambda_4}\right) \times \frac{e_5}{\lambda_5}}{\frac{e_3}{\lambda_3} + \frac{e_4}{\lambda_4} + \frac{e_5}{\lambda_5}} + \frac{e_7}{\lambda_6} + \frac{e_7}{\lambda_7} + \frac{e_8}{\lambda_8}$$

Composants	e (m)	λ (W/m. °C)	R (m ² . °C/W)	2 × $\frac{1}{h_i}$	ΣR	A (m ²)	K _s (W/m ² . °C)
Brique	0,1	0,48	0,208333	0,22	3,643	357,6	0,27445
Mortier de ciment	0,0125	1,4	0,008928				
Enduit	0,005	0,35	0,014285				
Peinture	0,0005	0,25	0,002				
Faïence	0,01	1	0,01				
Tôle en acier	0,001	26	0,000038				
Mousse	0,08	0,025	3,2				
Tôle en acier	0,001	26	0,000038				

Tableau III.8 : Coefficient de transmission thermique pour les murs intérieur.

B. Résultats des Apports totaux à travers les parois intérieures

APO_{Sol}	APO_{Toit}	D_T	$APO_{int(Totaux)} (w)$
9102,81766	8497,79043	1413,5461	16187,062

Tableau III.9 : Apports totaux à travers les parois intérieures

III.6.1.3. Apports à travers les parois opaques

Le graphique ci-dessous illustre les apports de chaleur à travers les parois opaques, murs aériennes, plancher et toiture, moins les déperditions à travers les parois séparant la chambre froide et le local de production.

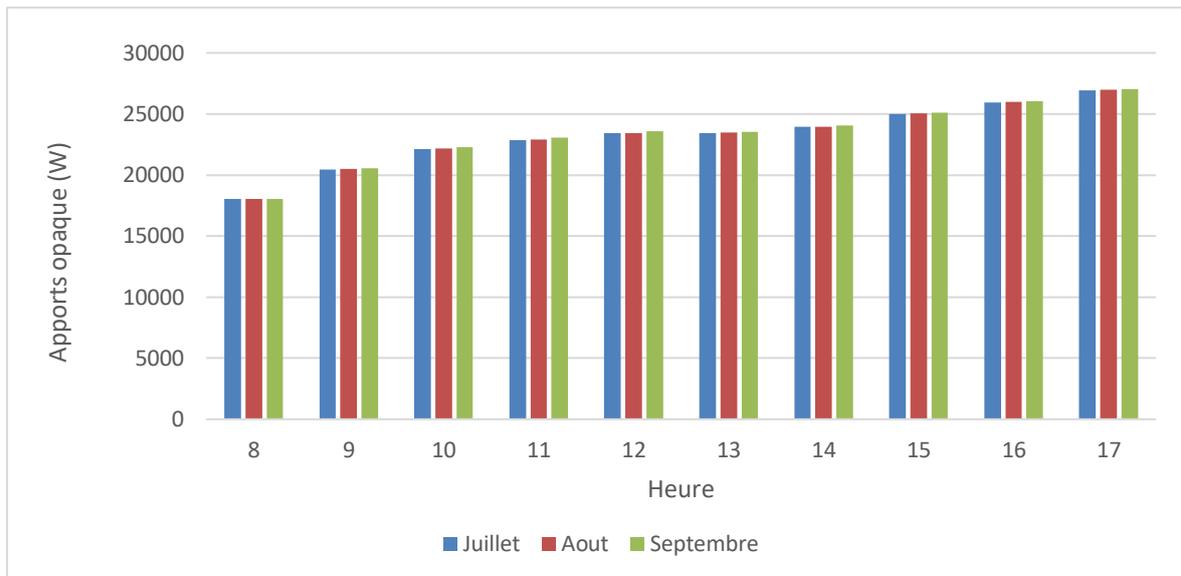


Figure III-7 : Apports à travers les parois opaques

III.6.2. Apports à travers les parois vitrées

Avant de calculer les apports à travers les vitrages, il est nécessaire de connaître plusieurs données importantes tel que : le coefficient de transmission thermique (K), la surface d'ouverture (S_{ouv}) le facteur solaire du vitrage (FS) le coefficient d'amortissement (N_{pvi}), la température sèche de l'air extérieur et le rayonnement total et diffus selon le DTR. Sachant que les vitres du local sont toutes situées vers l'extérieur donc nous allons calculer les apports à travers les parois vitrées extérieurs qui sont données par la formule (II-13).

III.6.2.1. Apports dus au gradient de température

Les apports dus au gradient de température sont données par la formules (II-14)

A. Coefficient de transmission

Constituants des portes et des fenêtres	R	$K_{été}$
Vitrage ordinaire	0,17	5,9
Porte en aluminium	0,158	6,33

Tableau III.10 : Coefficient de transmission

B. Température sèche de l'air extérieur

Elle est calculée à l'aide de la formule (II-1).

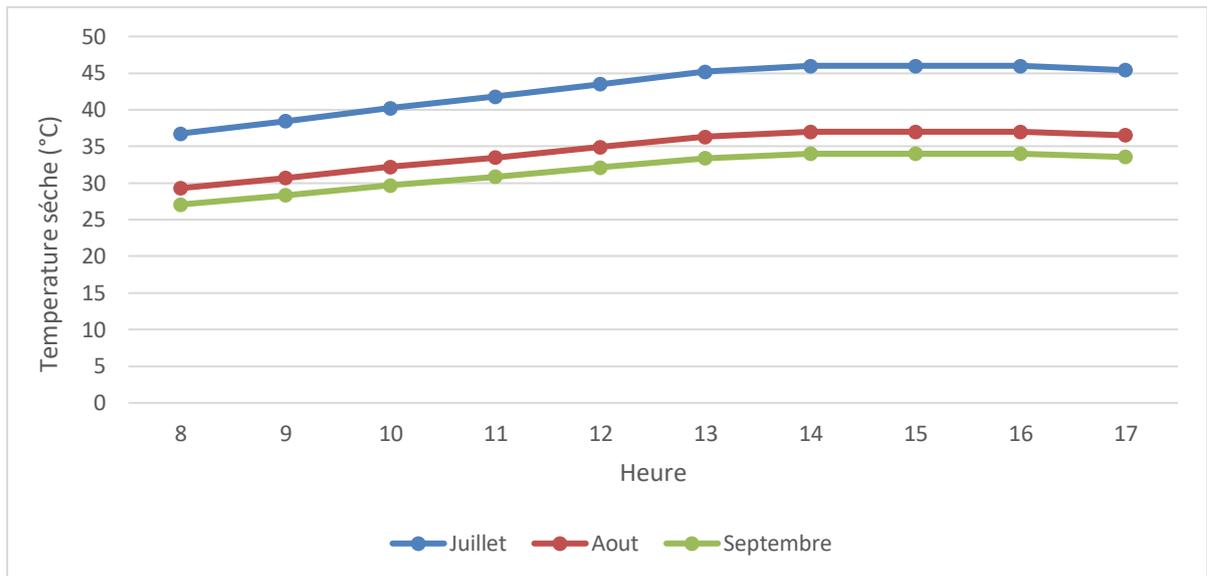


Figure III-8 : Courbe de la variation de température sèche extérieure

C. Résultats des apports totaux dus au gradient de température

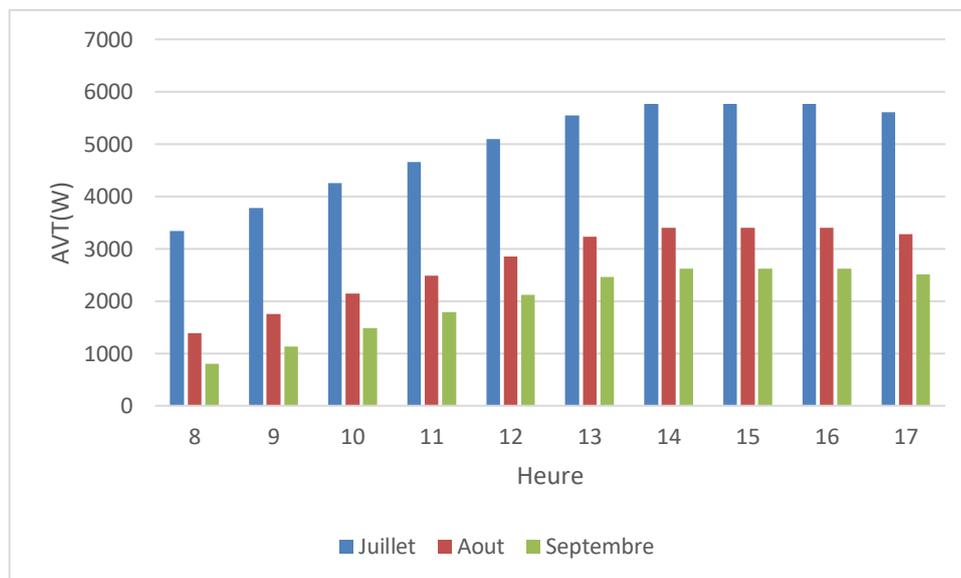


Figure III-9 : Apports totaux dus au gradient de température

III.6.2.2. Apport dus au rayonnement solaire

Les apports dus au rayonnement solaire à travers les parois vitrées sont calculé par la formule (II-15).

A. Rayonnement totale de base et diffus de base

La valeur du rayonnement total et diffus de base pour latitude du local de production étudié, sont calculées par l'interpolation entre 30° et 40°, d'où le rayonnement total qui est donnée par ces formules (II-2) et (II-3) est comme suit :

		Orientation			
		O	N	E	N-E
Juillet	I_t	519,984	48,439	519,984	407,752
	I_d	519,984	47,362	519,984	403,088
Aout	I_t	518,174	34,265	518,174	330,294
	I_d	514,945	34,265	518,174	323,478
Septembre	I_t	483,673	28,216	483,673	483,673
	I_d	473,628	28,216	473,628	473,628

Tableau III.11 : Rayonnement totale et diffus

B. Résultats des apports totaux du au rayonnement solaire

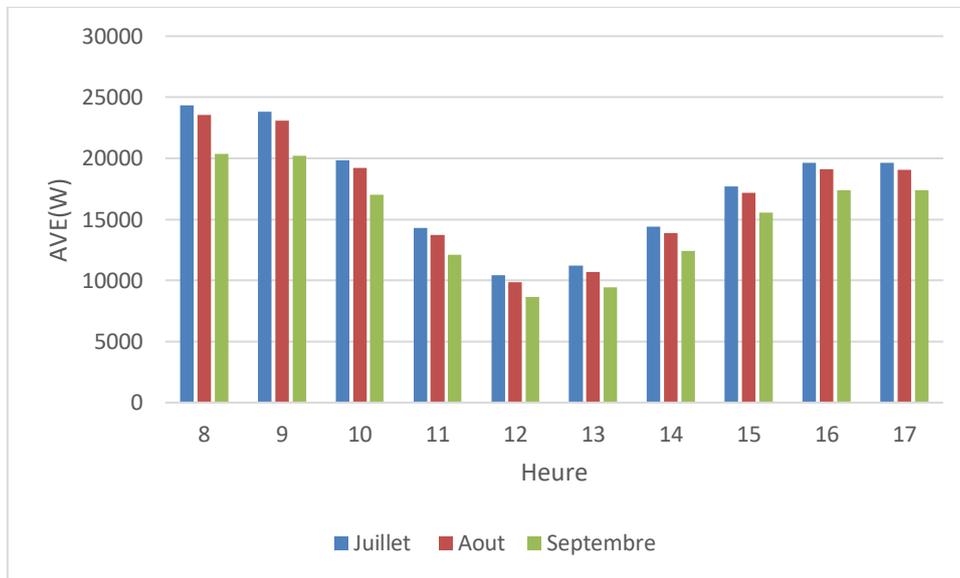


Figure III-10 : Apports totaux du au rayonnement solaire

III.6.2.3. Apports totaux à travers les parois vitrées

Les apports de chaleur totaux à travers les parois vitrées comprennent ceux dus aux gradients de températures ainsi que ceux dus au rayonnement solaire.

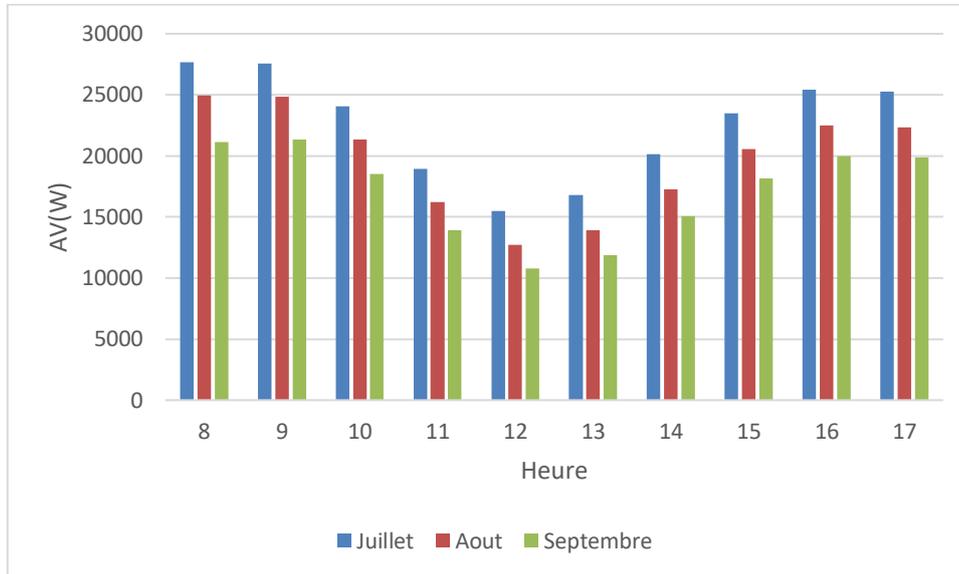


Figure III-11 : Apports totaux à travers les parois vitrées

III.6.3. Apports de chaleur internes

Les gains interne dans notre cas, sont dus soit au : occupant, éclairage, machine entrainés par les moteurs électrique, réservoir, tuyauterie qui sont calculées respectivement par les formules (II-16), (II-17), (II-18), (II-20), (II-23), (II-24), (II-25).

Sachant que dans notre cas, la durée de l’apport interne est supérieure à la durée de fonctionnement de l’installation, donc le coefficient d’amortissement N_{al} relatif aux apports internes est égale à 100%.

III.6.3.1. Apports de chaleur internes sensibles

Heure	$A_{i_s(occ)}(W)$	$A_{i_s(écl)}(W)$	$A_{i_s(mot)}(W)$	$A_{i_s(tuy)}(W)$	$A_{i_s(rés)}(W)$	$A_{i_s(tot)}(W)$
24 /24	2786,4	4536	72238,72237	25392	40795,62	145496,7424

Tableau III.12 : Apports de chaleur interne sensibles.

III.6.3.2. Apports de chaleur interne latents

Heure	$A_{l(occ)}$ (W)	$A_{il(tot)}$ (W)
24/24	5148	4633,2

Tableau III.13 : Apports de chaleur interne latents.

III.6.4. Apports par introduction d’air extérieur

Avant de calculer ces apports, il nécessaire de déterminer le débit d’air neuf et le débit du aux infiltrations qui est donné par ces formules (II-28) et (II-11).

III.6.4.1. Débit air neuf, débit du aux infiltrations

Ouvrant	S_{ouv}	$Qv_{an/Occ}$	$Qv_{o_{inf}}$	N_{occ}	Qv_{an}	Qv_{inf}
Fenêtre	34,2	25	8,7	36	900	297,54
Porte	2,6		87			226,2
					900	523,74

Tableau III.14 : Débit air neuf et débit du a l’infiltration.

III.6.4.2. Apports sensibles

Les apports sensibles dus au renouvellement d’air et dus à l’infiltration se calculent par ces formules (II-26) et (II-29).

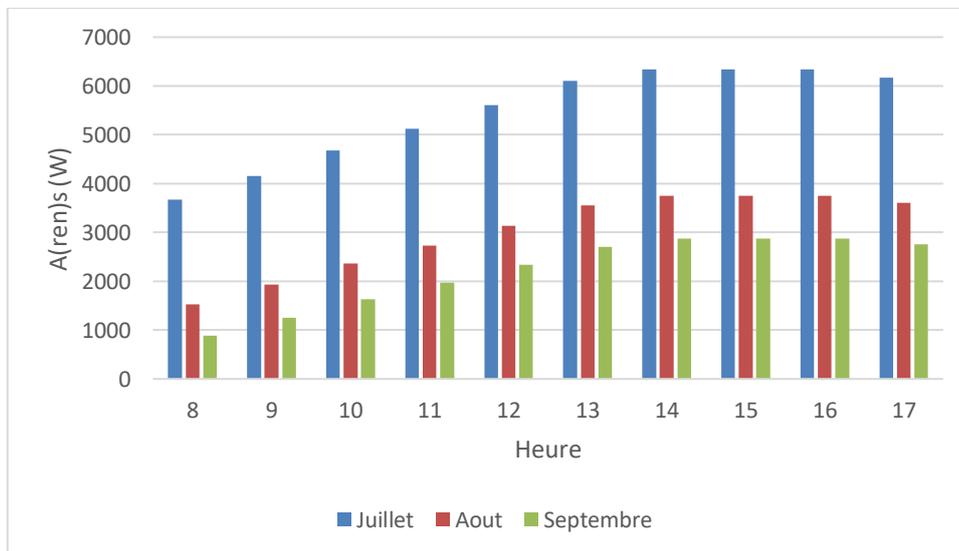


Figure III-12 : Apports sensibles dus au renouvellement d’air

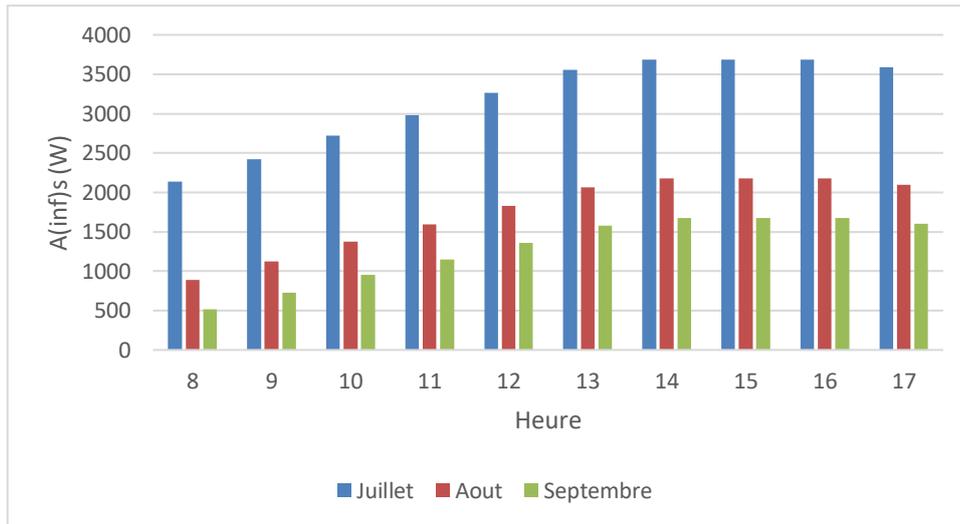


Figure III-13: Apports sensibles du a l'infiltration

III.6.4.3. Apports latents

Par contre les apports du au renouvellement d'air et l'infiltration latent ce calculent à l'aide de ces formules (II-27) et (II-30).

Moins	juillet	Aout	Septembre
$A_{(ren)l}(W)$	27271,6393	15000,2539	12053,229
$A_{(inf)l}(W)$	15870,276	8729,1477	7014,1757

Tableau III.15 : Apports latents du renouvellement d'air et l'infiltration.

III.6.5. Apports calorifiques totaux

Les apports calorifiques totaux se calculent par les formules (II-35) et (II-36)

III.6.5.1. Apports sensibles

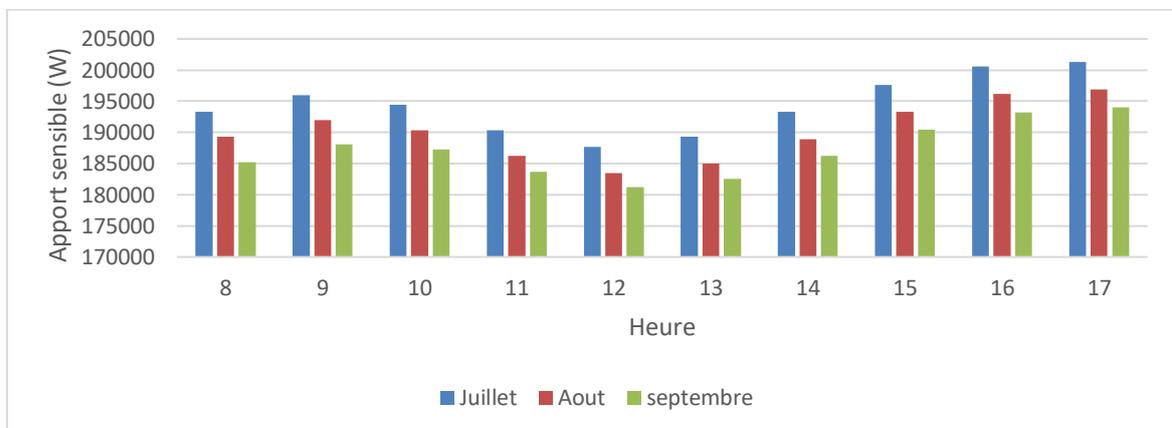


Figure III-14 : Apports sensibles

III.6.5.2. Apports latents

Moins	Juillet	Aout	Septembre
Apport latent (W)	20503,3478	13362,3478	11647,3757

Tableau III.6 : Apports latents

III.6.5.3. Apports totaux

Les apports totaux AT se composent des apports sensibles totaux AT_s et des apports latents totaux AT_l . Chacun est calculé selon la formule spécifique suivante (II-34), (II-37) et (II-38).

A. Apport totaux sensibles

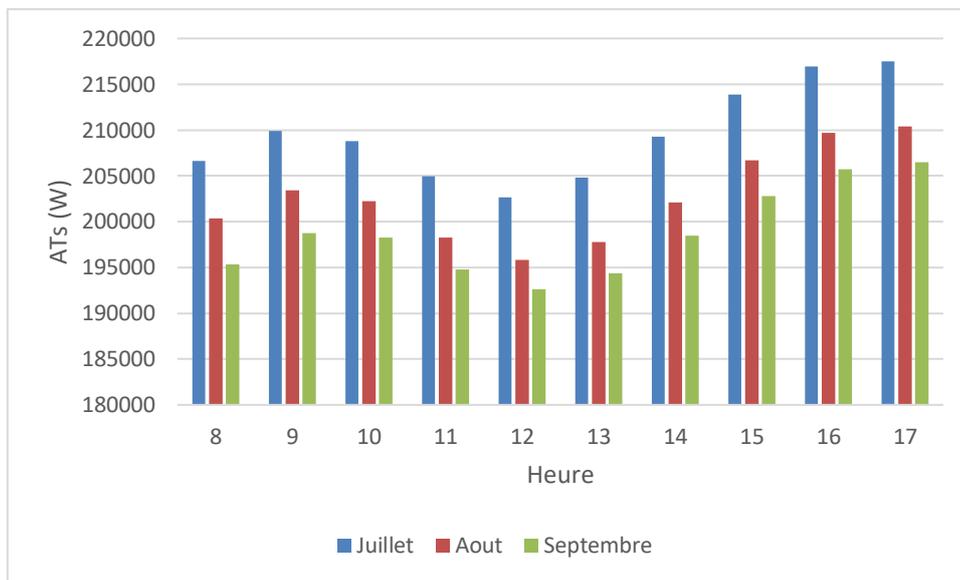


Figure III-15 : Apports totaux sensibles

B. Apports totaux latents

Moins	Juillet	Aout	Septembre
AT_l	47775,1154	28362,6017	23700,6048

Tableau III.17 : Apports totaux latents

C. Résultats des apports totaux

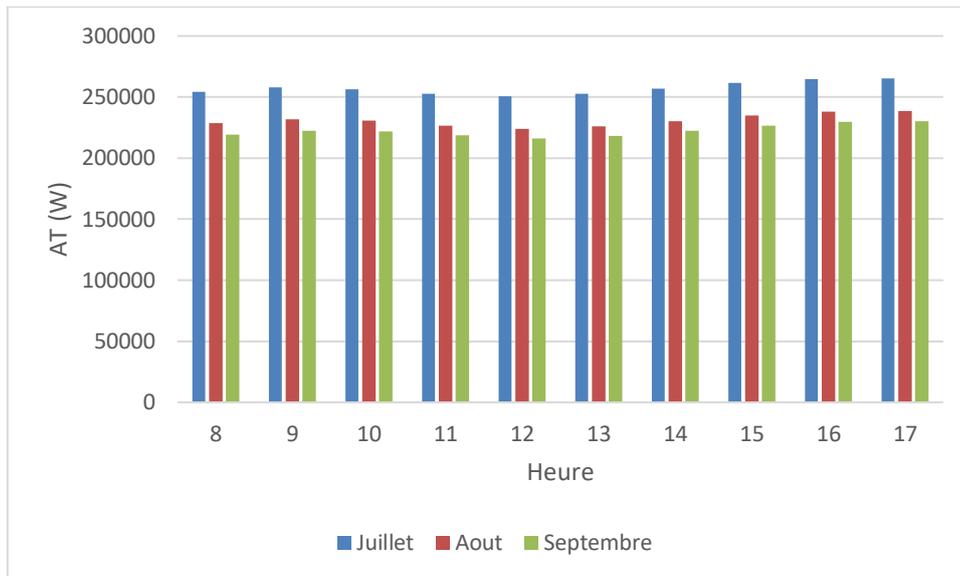


Figure III-16 : Apports totaux

III.6.6. Apports effectifs

III.6.6.1. Apport effectifs sensibles

Elle est calculée à l'aide de ces formules (II-32) et (II-33).

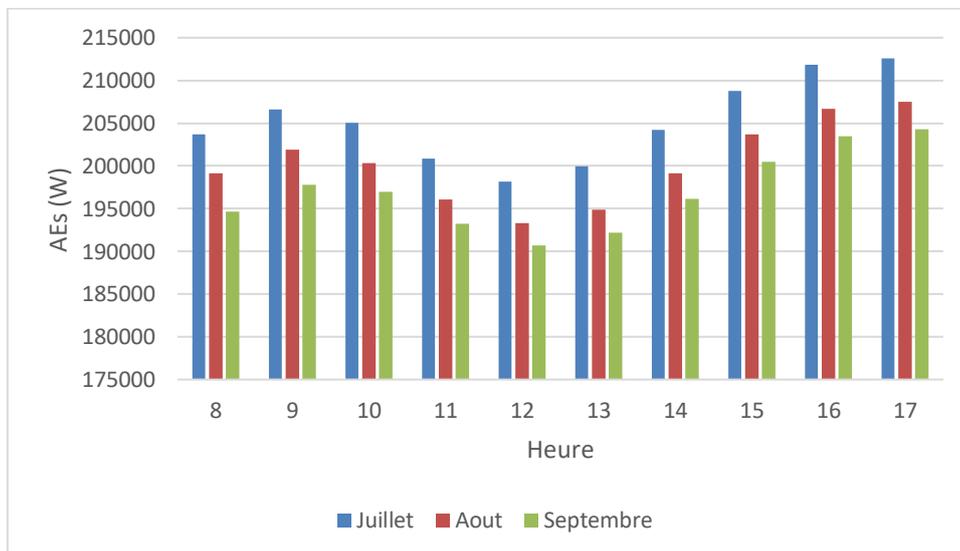


Figure III-17 : Apports effectifs sensibles

III.6.6.2. Apports effectifs latents

Moins	Juillet	Aout	Septembre
<i>AEI (w)</i>	25957,8039	16362,3986	14058,02155

Tableau III.18 : Apports effectifs latents

III.6.6.3. Résultats des apports totaux effectifs

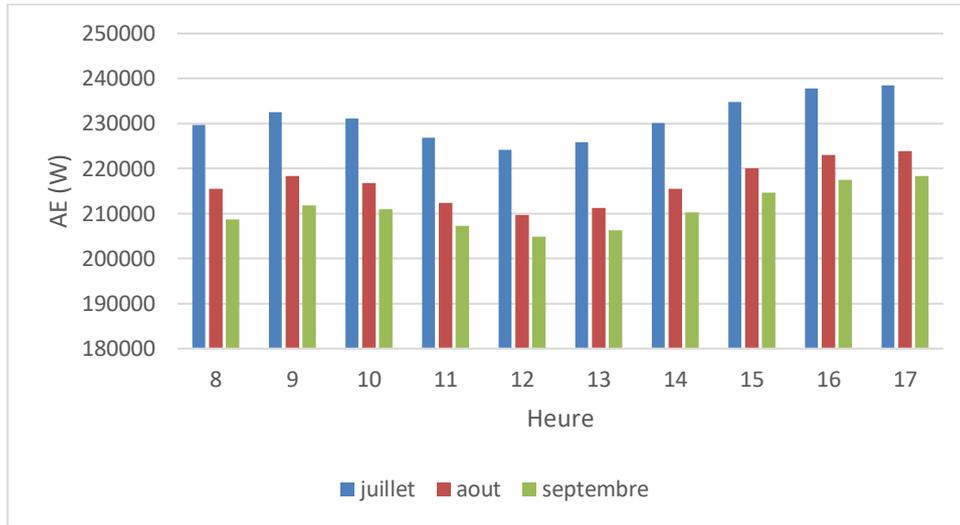


Figure III-18 : Apports totaux effectifs

III.7. Vérification règlementaire

La vérification, du local se fait à 15h pour le mois de juillet, est donnée par les relations (II-39). La somme des apports de références « $A_{réf}$ » par la relation (II-40).

III.7.1. Apports de référence des parois opaques verticales

Les apports de références des parois opaques verticales se calculs par la relation (II-42)

Orientation	Désignation	S_{int}	c	$\Delta T_{S_{réf},PV}$	$A_{réf,PVi}$	$A_{réf,PV}$
Ouest	Mur 1	167,2	13,39	8,75	19589,57	59178,202
Nord	Mur 2	181,5	13,39	4,66	11325,1281	
Est	Mur 3	120,4	13,39	5,89	9495,59884	
Nord-Est	Mur 4	48,6	13,39	5,447	3544,65704	
Est	Mur 5	135,6	13,39	5,89	10694,3788	
Sud	Mur 6	38,58	13,39	8,7669	4528,8698	

Tableau III.19 : Apports de référence des parois opaques verticale

III.7.2. Apports de référence des parois opaques horizontales

Les apports de références des parois opaques horizontales sont calculés par la relation (II-41)

La valeur du coefficient a lié à la nature de construction et à la zone climatique est donnée dans l’annexe tableau.

	A	S _{int}	$\Delta T_{S_{réf,PH}}$	A _{réfi,PH}	A _{réf,PH}
Plancher	2,7	1350,2058	4	14582,222	24843,786
Toit	1,9	1350,2058	4	10261,564	

Tableau III.20 : Apports de référence des parois opaques horizontales

III.7.3. Apports de référence des parois vitrées

III.7.3.1. Apports de références dus aux rayonnements solaires

Les apports de références dus aux rayonnements solaires des parois vitrées sont calculés à partir de la relation (II-44)

Orientation	Désignation	I _t	I _d	N _{pvi,réf}	FS _{réf}	SV _{ens}	SV	AVE _{i,réf}	AVE _{réf}
Ouest	Mur 1	519,984	519,984	0,43	0,15	36,8	36,8	1234,234	2877,915
Nord	Mur 2	48,439	47,362	0,3	0,15	34,5	34,5	238,138	
Est	Mur 3	519,984	519,984	0,31	0,15	29,6	29,6	715,705	
Nord-Est	Mur 4	407,752	403,088	0,26	0,15	7,8	7,8	124,038	
Est	Mur 5	519,984	74,426	0,31	0,15	23,4	23,4	565,7945	

Tableau III.21 : Apports de références dus aux rayonnements solaires

III.7.3.2. Les apports de références dus au gradient de température

Les apports de références dus au gradient de température des parois vitrées sont calculés à partir de la relation (II-45)

orientation	S _{ouv}	e	$\Delta T_{S_{réf,PVI}}$	AVT _{i,réf}	AVT _{réf}
Est	5,6	4,2	7	164,64	1093,68
Nord-Est	7,8	4,2	7	229,32	
Est	23,8	4,2	7	699,72	

Tableau III.22 : Les apports de références dus au gradient de température

III.7.3.3. Apports de références totaux

$A_{\text{réf,PV}}$	$A_{\text{réf,PH}}$	$A_{\text{réf,PVI}}$	
		$AVE_{\text{réf}}$	$AVT_{\text{réf}}$
		4421,9020	1093,68
59178,2026	24843,7867	5515,582	
$A_{\text{réf}}$			
89537,5713			

Tableau III.23 : Apports de références totaux.

III.7.4. Vérification des résultats

Juillet				
APO(15)	AV(15)	APO(15) + AV(15)	$A_{\text{réf}}$	$1,05 * A_{\text{réf}}$
24997,3229	23510,8988	48508,2217	89537,5713	94014,45
$APO(15) + AV(15) < 1,05 * A_{\text{réf}}$				

Tableau III.24 : Vérification des résultats

En comparant les résultats des apports des parois du local avec les valeurs de référence calculées selon les réglementations du DTR, nous avons confirmé que nos calculs du bilan thermique sont corrects. Nous pouvons donc passer à l'étape suivante, qui consiste à étudier l'évolution de l'air et à déterminer les batteries nécessaires.

III.8. Conclusion

Ce chapitre a permis de calculer et d'identifier tous les apports de chaleur affectant le local de production, offrant une base solide pour les prochaines étapes. Ces résultats nous permettront de vérifier et de redimensionner, si nécessaire, les deux centrales de traitement d'air (CTA) afin de garantir un conditionnement de l'air approprié

Chapitre IV
Vérification et
redimensionnement

IV.1. Introduction

Pour assurer un environnement optimal dans notre local de production, il est essentiel de vérifier que nos centrales de traitement d'air (CTA) peuvent répondre aux besoins spécifiques en matière de confort thermique.

La capacité de nos CTA à maintenir les températures souhaitées dépend des puissances nécessaires pour compenser les apports de chaleur étudiés dans le chapitre précédent. Il est aussi important de calculer le débit d'air nécessaire pour évacuer cette chaleur et assurer une ventilation adéquate.

Cette étude examinera les performances de nos CTA et évaluera si elles peuvent atteindre le confort souhaité. Dans le cas échéant, un redimensionnement sera nécessaire afin d'assurer les conditions demandées.

IV.2. Evolutions de l'air

On a les caractéristiques des points **I** et **E** :

$$\mathbf{I} \begin{cases} \theta_{b,i} = 24 \text{ } ^\circ\text{C} \\ \psi = 50 \% \\ r_{b,i}^s = 9,37 \text{ } g_{eau}/Kg_{a,s} \\ H_{b,i}^s = 47,99 \text{ } KJ/Kg_{a,s} \\ V_{b,i}^s = 0,85 \text{ } m^3/Kg_{a,s} \end{cases} \quad \mathbf{E} \begin{cases} \theta_{b,e} = 46 \text{ } ^\circ\text{C} \\ \psi = 70\% \\ r_{b,e}^s = 47,29 \text{ } g_{eau}/Kg_{a,s} \\ H_{b,e}^s = 168,52 \text{ } KJ/Kg_{a,s} \\ V_{b,i}^s = 0,97 \text{ } m^3/Kg_{a,s} \end{cases}$$

I: Caractéristiques de base intérieur.

E : Caractéristiques de base extérieur.

IV.2.1. Point de soufflage

Nous adopterons la méthode graphique sur le diagramme de Carrier pour déterminer les caractéristiques du point de soufflage. En traçant la droite de soufflage à partir du point de reprise (I), nous commencerons par établir l'angle α associé à la chaleur latente. Cette approche nous permettra d'extraire directement les différentes caractéristiques du point de soufflage.

IV.2.1.1. Température de soufflage

Pour déterminer la température de soufflage, nous devons prendre un écart de soufflage entre la température de l'air à l'entrée de bouche de soufflage et la température souhaitée à l'intérieur du local de production, dans notre cas les conduites de soufflage sont loin des occupants, alors on doit fixer un écart dans cet intervalle [8°C, 12°C] [11].

La température joue un rôle essentiel dans le confort des occupants en créant un environnement agréable e évitant les sensations de courants d'air inconfortable. Donc, nous fixons un écart de 8°C.

On a : $\Delta\theta_{sfl} = |\theta_{b,i} - \theta_{sfl}|$

Sachant que $\theta_{b,i} = 24^{\circ}\text{C}$, donc $\theta_{sfl} = 16^{\circ}\text{C}$.

Etant donné que les conditions de soufflage sont éloignées des occupants en raison de la hauteur du plafond, la température de soufflage de 16°C ne cause pas d'inconfort.

IV.2.1.2. Caractéristique de point de soufflage

Pour déterminer les caractéristiques du point de soufflage, nous utiliserons la méthode graphique pour tracer la droite de soufflage et localiser précisément sa position à l'aide de l'angle α .

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{A_s}{A_l}$$

$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{201322,119}{20503,476} \right) = 84,18^{\circ}$$

Après avoir déterminé l'angle de soufflage α , nous utilisons le diagramme de carrier pour trouver les caractéristiques de point de soufflage.

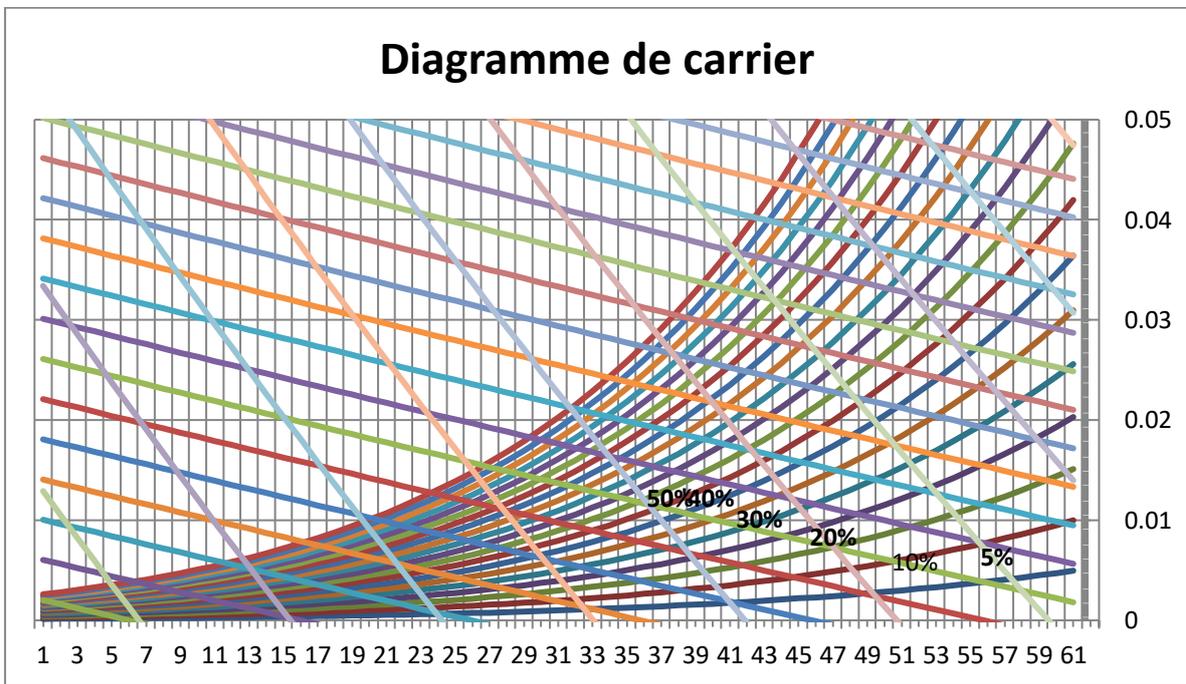


Figure IV-1 : Diagramme de Carrier

Après le traçage de la droite de soufflage, les caractéristiques du point de soufflage sont :

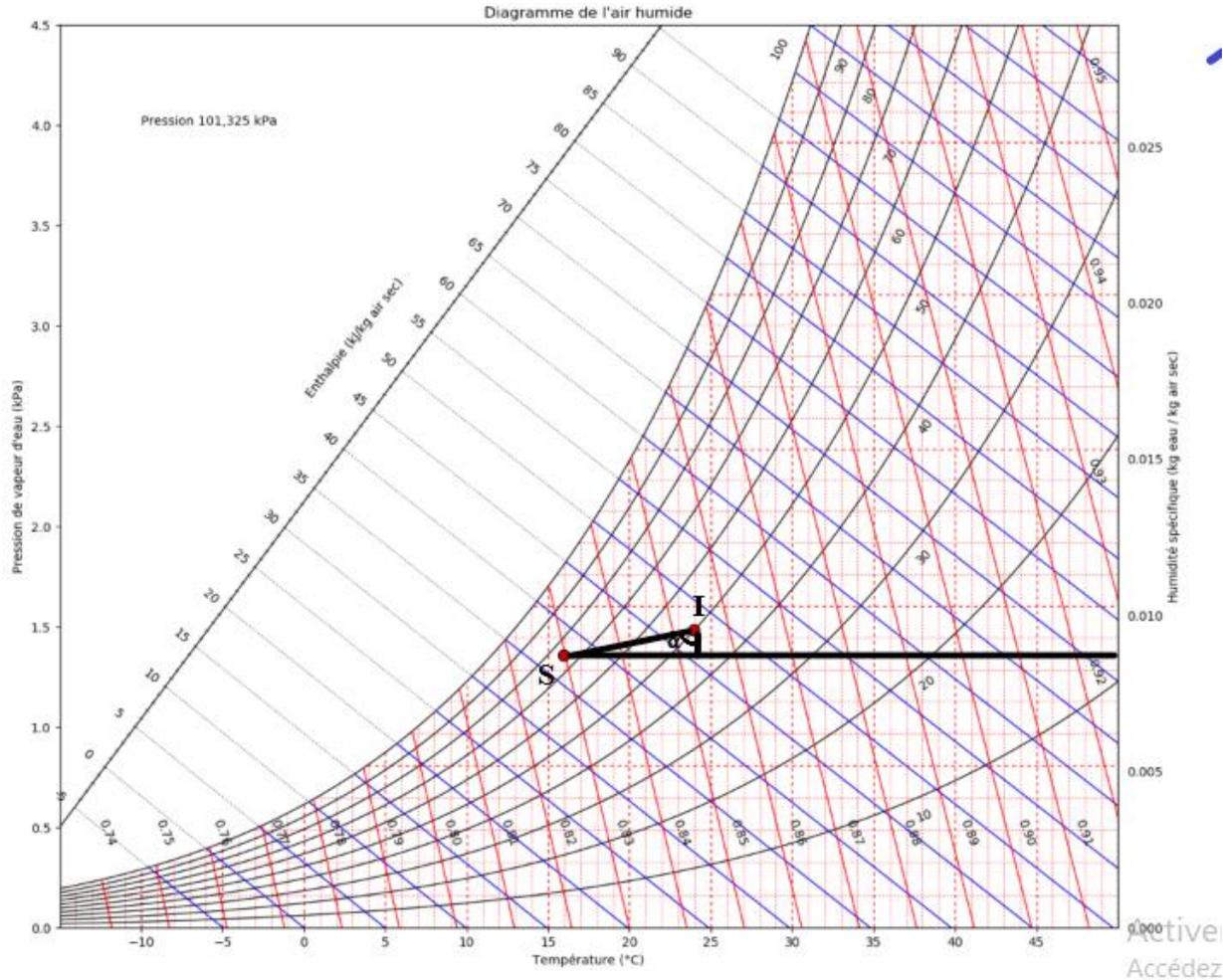


Figure IV-2 : Droite de soufflage

$$\text{Point de soufflage} \begin{cases} \theta_{sfl} = 16^{\circ}\text{C}. \\ \psi = 75\% \\ r_{sfl}^s = 8,5 \text{ g}_{eau}/\text{kg}_{a,s} \\ H_{sfl}^s = 37,60 \text{ KJ}/\text{kg}_{a,s} \\ V_{sfl}^s = 0,83 \text{ m}^3/\text{kg}_{a,s} \end{cases}$$

IV.2.2. Débit de soufflage

Le débit massique de soufflage se calcule en suivant cette formule :

$$qm_{sfl} = \frac{A_T}{H_{b,l}^s - H_{sfl}^s}$$

$$qm_{sfl} = \frac{265,336}{47,99 - 37,60} = 25,5376 \text{ kg}_{a,s}/\text{s}$$

En déduisant le débit volumique de soufflage :

$$qv_{sfl} = qm_{sfl} \times 3600 \times V_{sfl}^s$$

$$qv_{sfl} = 25,5376 \times 3600 \times 0,83 = 76306,34 \text{ m}^3/\text{h}$$

IV.2.2.1. Vérification de débit

A. Taux de brassage τ

Un taux de brassage est l'indication du nombre de fois où le volume d'air d'un local est remplacé par heure, pour des raisons d'aération, de chauffage ou de refroidissement. Le taux de brassage varie selon les situations, dans notre cas (Climatisation) la valeur de taux se trouve dans l'intervalle (5 à 10) [12].

On a $qv_{sfl} = 76306,34 \text{ m}^3/h$

$$\tau = \frac{qv_{sfl}}{Vh}$$

Vh : Volume du local en (m^3).

$$Vh = S \times h$$

$$Vh = 1350,20583 \times 6 = 8101,2349 \text{ m}^3$$

$$\tau = \frac{76306,34}{8101,2349} = 9,4 \text{ h}^{-1}$$

Donc on trouve que le débit de soufflage $qv_{sfl} = 76306,34 \text{ m}^3/h$ est largement suffisant climatiser pour le local de production.

IV.2.3. Puissance de batterie nécessaire

IV.2.3.1. Détermination de point de mélange

Pour déterminer les caractéristiques de point de mélange, nous allons utiliser le bilan massique et le bilan énergétique.

En suivant les normes exigées pour une activité industrielle pour un local de production de la margarine, nous travaillerons avec 20% d'air neuf et 80% d'air recyclé [13].

IV.2.3.2. Air neuf

L'air neuf dans le traitement d'air est essentiel pour maintenir un environnement intérieur sain et conforme. Il dilue les polluants, réduit le taux de CO_2 . [3].

Donc le débit d'air neuf soit :

❖ Le débit massique d'air neuf :

$$qm_{an} = qm_{sfl} \times 0,2$$

$$qm_{an} = 25,5376 \times 0,2 = 5,10752 \text{ kg}_{a,s} / s$$

❖ Le débit volumique d'air neuf :

$$qv_{an} = qm_{an} \times 3600 \times V_{b,e}^s$$

$$qv_{an} = 5,10752 \times 3600 \times 0,97 = 17835,4598 \text{ m}^3/h$$

IV.2.3.3. Débit d'air recyclé

Le débit d'air recyclé dans une centrale de traitement d'air est la quantité d'air qui est repris de l'espace conditionné, traité (filtré et refroidit) et réintroduit dans le même espace. Il joue un rôle important dans l'efficacité énergétique du système, car il permet de réutiliser une partie de l'air déjà conditionné, réduisant ainsi la demande d'énergie pour refroidir l'air neuf [3].

➤ **Le débit massique d'air recyclé :**

$$qm_r = qm_{sfl} \times 0,8$$

$$qm_r = 25,5376 \times 0,8 = 20,43008 \text{ kg}_{a,s}/s$$

❖ **Le débit volumique d'air recyclé :**

$$qv_r = qm_r \times 3600 \times V_{b,i}^s$$

$$qv_r = 20,43008 \times 3600 \times 0,85 = 62516,0448 \text{ m}^3/h$$

❖ **Bilan massique :**

$$qm_{sfl} = qm_{an} + qm_r$$

$$(qm_{sfl} \times r_m^s) = (qm_{an} \times r_{b,e}^s) + (qm_r \times r_{b,i}^s)$$

$$r_m^s = \frac{(qm_{an} \times r_{b,e}^s) + (qm_r \times r_{b,i}^s)}{qm_{sfl}}$$

$$r_m^s = \frac{(5,10752 \times 47,29) + (20,43008 \times 9,37)}{25,5376} = 16,95 \text{ g}_{eau}/\text{kg}_{a,s}$$

❖ **Bilan énergétique :**

$$qm_{sfl} = qm_{an} + qm_r$$

$$(qm_{sfl} \times H_m^s) = (qm_{an} \times H_{b,e}^s) + (qm_r \times H_{b,i}^s)$$

$$H_m^s = \frac{(qm_{an} \times H_{b,e}^s) + (qm_r \times H_{b,i}^s)}{qm_{sfl}}$$

$$H_m^s = \frac{(5,10752 \times 168,52) + (20,43008 \times 47,99)}{25,5376} = 72,09 \text{ kJ}/\text{kg}_{a,s}$$

Suivant la formule (I-23) on aura la température de point de mélange θ_m :

$$\theta_m = \frac{H_m^s - 2500,8 r_m^s}{1,006 + (1,8266 r_m^s)}$$

$$\theta_m = \frac{72,09 - (2500,8 \times 0,01695)}{1,006 + (1,8266 \times 0,01695)} = 28,65 \text{ }^\circ\text{C}$$

Donc les caractéristiques de point de mélange sont :

$$\text{Point de mélange} \left\{ \begin{array}{l} \theta_m = 28,65 \text{ }^\circ\text{C} \\ \psi = 68 \% \\ r_m^s = 16,95 \text{ g}_{\text{eau}}/\text{kg}_{\text{a,s}} \\ H_m^s = 72,09 \text{ kJ}/\text{kg}_{\text{a,s}} \\ V_m^s = 0,87 \text{ m}^3/\text{kg}_{\text{a,s}} \end{array} \right.$$

Calcul de puissance de la batterie froide nécessaire :

$$P_{BFn} = qm_{sfl}(H_m^s - H_{sfl}^s)$$

$$P_{BFn} = 25,5376 \times (72,09 - 37,60) = 880,79 \approx 881 \text{ kW}$$

Ou bien :

$$P_{BFn} = qm_{an}(H_{b,e}^s - H_{sfl}^s) + qm_r(H_{b,i}^s - H_{sfl}^s)$$

$$P_{BFn} = 5,10752 \times (168,52 - 37,60) + 20,43008 \times (47,99 - 37,60) = 880,94 \approx 881 \text{ kW}$$

IV.3. Vérification des puissances actuelles des CTA:

D'après les fiches techniques (Annexe A) des deux CTA on a les caractéristiques suivantes :

$$\text{CTA 1} \left\{ \begin{array}{l} \text{Débit nominal} = 70000 \text{ m}^3/\text{h} \\ \text{Puissance de batterie foide} = 390 \text{ KW} \\ \text{Débit maximale d'air neuf} = 23333 \text{ m}^3/\text{h} \end{array} \right.$$

$$\text{CTA 2} \left\{ \begin{array}{l} \text{Débit nominal} = 60000 \text{ m}^3/\text{h} \\ \text{Puissance de batterie foide} = 250 \text{ KW} \\ \text{Débit maximale d'air neuf} = 20000 \text{ m}^3/\text{h} \end{array} \right.$$

Nous allons additionner les puissances des deux CTA et les comparer à la puissance nécessaire :

$$P_{BF1} + P_{BF2} = 250 + 390 = 640 \text{ kW}$$

$$P_{BF1} + P_{BF2} < P_{Bn}$$

$$640 \text{ kW} < 881 \text{ kW}$$

On remarque que les batteries froides actuelles ne peuvent pas atteindre les conditions souhaitées, ce qui indique un sous-dimensionnement.

❖ Déférence de puissance ΔP :

$$\Delta P = P_{BFn} - (P_{BF1} + P_{BF2}) = 881 - 640 = 241 \text{ kW}$$

IV.3.1. Fonctionnement actuel des deux CTA

Lors de l'évaluation des paramètres de fonctionnement des CTA actuellement utilisées, il a été constaté un fonctionnement en 100% air neuf. Cela est en contradiction avec les recommandations pour ce cas de figure, cette quantité étant aussi exagérée pour atteindre les conditions souhaitées.

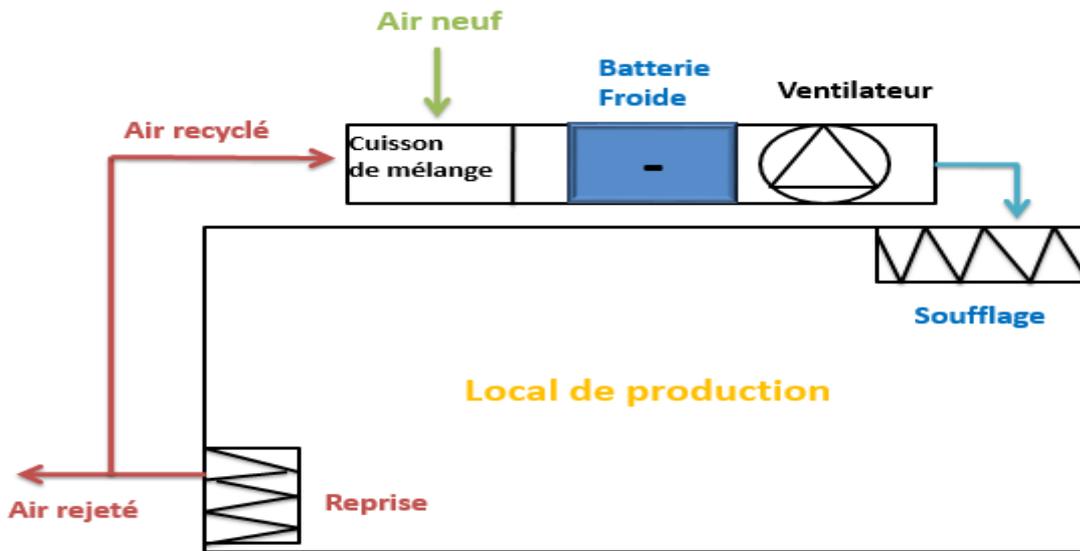


Figure IV-3 : Fonctionnement de chaque CTA

IV.3.2. Evaluations de fonctionnement actuel

Dans cette partie nous allons évaluer les performances des deux CTA face aux conditions actuelles.

IV.3.2.1. Evaluations de la CTA 1

D'après la fiche technique de la CTA on a le débit d'air neuf maximal est $23333 \text{ m}^3/h$

- Débit d'air recyclé :

$$qv_{r1} = qv_1 - qv_{an1}$$

$$qv_{r1} = 70000 - 23333 = 46667 \text{ m}^3/h$$

$$qm_{r1} = \frac{qv_{r1}}{3600 \times V_{b,i}^s} = 15,250 \text{ kg}_{a,s}/s$$

- Débit d'air neuf :

$$qv_{an1} = 23333 \text{ m}^3/h$$

$$qm_{an1} = \frac{qv_{an1}}{3600 \times V_{b,e}^s} = 6,681 \text{ kg}_{a,s}/s$$

- Puissance de la batterie froide nécessaire pour ce fonctionnement :

$$P_{BFn1} = qm_{r1}(H_{b,i}^s - H_{sfl}^s) + qm_{an1}(H_{b,e}^s - H_{sfl}^s)$$

$$P_{BFn1} = 15,250 \times (47,99 - 37,60) + 6,681 \times (168,52 - 37,60)$$

$$P_{BFn1} = 1033,12 \text{ kW}$$

$$\Delta P_1 = 1033,12 - 390 = 643,12 \text{ kW}$$

IV.3.2.2. Evaluations de la CTA 2

D'après la fiche technique de la CTA on le débit d'air neuf maximal est $20000 \text{ m}^3/h$

- Débit d'air recyclé :

$$qv_{r2} = qv_2 - qv_{an2}$$

$$qv_{r2} = 60000 - 20000 = 40000 \text{ m}^3/h$$

$$qm_{r2} = \frac{qv_{r2}}{3600 \times V_{b,i}^s} = 13,071 \text{ kg}_{a,s}/s$$

- Débit d'air neuf :

$$qv_{an2} = 20000 \text{ m}^3/h$$

$$qm_{an2} = \frac{qv_{an2}}{3600 \times V_{b,e}^s} = 5,7273$$

- Puissance de la batterie froide nécessaire pour ce fonctionnement :

$$P_{BFn2} = qm_{r2}(H_{b,i}^s - H_{sfl}^s) + qm_{an2}(H_{b,e}^s - H_{sfl}^s)$$

$$P_{BFn2} = 13,071 \times (47,99 - 37,60) + 5,7273 \times (168,52 - 37,60)$$

$$P_{BFn2} = 885,62 \text{ kW}$$

$$\Delta P_2 = 885,62 - 250 = 635,62 \text{ kW}$$

Donc on conclut qu'avec l'utilisation actuelle des CTA, il manque une puissance de $643,12 \text{ kW}$ pour la CTA 1 et de $635,62 \text{ kW}$ pour la CTA 2, pour maintenir les conditions souhaitées.

IV.4. Redimensionnement

Après avoir conclu qu'il y a un sous-dimensionnement au niveau des puissances batteries froides et une mauvaise utilisation des deux CTA, nous proposerons un redimensionnement pour atteindre les conditions souhaitées.

IV.4.1. Solutions proposées

Les calculs réalisés précédemment dans ce manuscrit nous donnent un débit de soufflage $qm_{sfl} = 25,5376 \text{ kg}_{a,s}/s$, ou bien $qv_{sfl} = 76306, \text{ m}^3/h$, et un débit d'air neuf à fournir est $qm_{an} = 5,10665 \text{ kg}_{a,s}/s$. La puissance nécessaire pour atteindre les conditions souhaitées avec ce débit est de 881 kW .

Notre proposition se base sur le même nombre de CTA (deux CTA). Le travail sera alors partagé entre celle-ci, tout en veillant à calculer la puissance manquante pour chacune afin de maintenir le confort souhaité.

Pour assurer une distribution efficace de l'air dans notre installation, nous proposons de répartir la charge entre ces deux CTA. Nous configurons la CTA 1 pour fournir 60% de débit d'air nécessaire qu'on calculé précédemment avec 60 de débit d'air neuf exigé, car cette CTA est dirigé spécifiquement vers le coté de process où une quantité importante de chaleur est générée. En parallèle, la CTA 2 prend en charge les 40% restants de débit d'air orientés vers le coté de conditionnement.

IV.4.1.1. CTA 1 (70000 m³/h)

❖ Débit de travail CTA 1

➤ Débit massique de soufflage

$$qm_{sfl1} = 0,6 qm_{sfl}$$

$$qm_{sfl1} = 0,6 \times 25,5376 = 15,32256 kg_{a,s}/s$$

➤ Débit volumique de soufflage

$$qv_{sfl1} = qm_{sfl1} \times 3600 \times V_{sfl}^s = 45783,80 m^3/s$$

➤ Débit d'air neuf et débit d'air recyclé :

$$qm_{an1} = 0,6 qm_{an}$$

$$qm_{an1} = 0,6 \times 5,10752 = 3,06451 kg_{a,s}/s$$

$$qm_{r1} = qm_{sfl1} - qm_{an1}$$

$$qm_{r1} = 15,32256 - 3,06451 = 12,25805 kg_{a,s}/s$$

A. Détermination de la puissance manquante et de puissance nécessaire :

❖ Puissance nécessaire

$$P_{BFn1} = qm_{sfl1} (H_m^s - H_{sfl}^s)$$

$$P_{BFn1} = 15,32256 \times (72,09 - 37,60) = 528,47 kw$$

Ou bien

$$P_{BFn1} = qm_{an1} (H_{b,e}^s - H_{sfl}^s) + qm_{r1} (H_{b,i}^s - H_{sfl}^s)$$

$$P_{BFn1} = 3,06451 \times (168,52 - 37,60) + 12,25805 \times (47,99 - 37,60) = 528,56 KW$$

$$528,47 kW \approx 528,56 kW$$

❖ Puissance manquante

$$\Delta P_1 = P_{BFn1} - P_{BF1}$$

$$\Delta P_1 = 528,47 - 390 = 138,47 kw \approx 139 kW$$

Pour la puissance manquante de la batterie froide de la CTA 2 on peut la déterminer à partir de ΔP_1 .

$$\Delta P_2 = P_{BFn} - (P_{BF1} + P_{BF2} + \Delta P_1)$$

$$\Delta P_2 = 881 - (390 + 250 + 138,47) = 102,53 \approx 103 \text{ kW}$$

Cependant, on va calculer la puissance manquante pour la CTA 2 par méthode qu'on a utilisée pour la CTA 1 pour vérifier.

IV.4.1.2. CTA 2 (60000 m³/h)

❖ Débit de travail CTA 2

➤ Débit massique de soufflage

$$qm_{sfl2} = 0,4 qm_{sfl}$$

$$qm_{sfl2} = 0,4 \times 25,5376 = 10,21504 \text{ kg}_{a,s}/s$$

➤ Débit volumique de soufflage

$$qv_{sfl2} = qm_{sfl2} \times 3600 \times V_{sfl}^s = 30522,53 \text{ m}^3/h$$

➤ Débit d'air neuf et débit d'air recyclé

$$qm_{an1} = 0,4 qm_{ar}$$

$$qm_{an1} = 0,4 \times 5,10752 = 2,043 \text{ kg}_{a,s}/s$$

$$qm_{r1} = 10,21504 - 2,043 = 8,17207 \text{ kg}_{a,s}/s$$

A. Détermination la puissance manquante et puissance nécessaire

❖ Puissance nécessaire

$$P_{BFn2} = qm_{an2}(H_m^s - H_{sfl}^s)$$

$$P_{BFn2} = qm_{an2}(H_{b,e}^s - H_{sfl}^s) + qm_{r2}(H_{b,i}^s - H_{sfl}^s)$$

$$P_{BFn2} = 2,043 \times (168,52 - 37,60) + 8,17207 \times (47,99 - 37,60) = 352,30 \text{ kW}$$

❖ Puissance manquante

$$\Delta P_2 = P_{BFn2} - P_{BF2}$$

$$\Delta P_2 = 352,37 - 250 = 102,37 \approx 103 \text{ kW}$$

Donc, la solution que nous proposons est d'ajouter deux batteries froides : une pour la CTA 1 pour combler la puissance manquante de 139 kW et une pour la CTA 2 pour combler la puissance manquante de 103 kW. Nous proposons également de régler les CTA pour fonctionner avec un débit réduit, car un débit de 80000 m³/h est suffisant pour atteindre les conditions souhaitées, au lieu de fonctionner avec un débit de 130000 m³/h. De plus nous recommandons d'ajouter un variateur de fréquence pour chaque CTA afin de pouvoir ajuster le débit selon les besoins et pour optimiser la consommation d'énergie.

IV.5. Réseaux aéraulique

IV.5.1. Définition

L'étude des réseaux aérauliques est essentielle pour la distribution correcte de l'air dans les locaux. Ces réseaux comprennent des conduits, des filtres. La conception de ces réseaux doit viser à minimiser les pertes de charge qui se divisent en deux catégories principales : les pertes de charges linéaires, et singulières. Une compréhension approfondie des pressions dans le réseau permet de réduire la consommation énergétique et les coûts d'exploitation tout en maintenant une performance efficace [2].

IV.5.2. Pertes de charges linéaires

Les pertes de charges linéaires représentent la résistance au flux d'air dus aux frottements le long des parois de la conduite. Elles sont causées par la rugosité des parois. Les pertes de charges linéaires peuvent être calculées en utilisant cette formule [2].:

$$\Delta P_L = \Delta_p \times L$$

ΔP_L : Pertes de charge linéaires en Pascal (Pa)

Δ_p : Perte de charge par un mètre en Pascal (Pa)

La valeur de la perte de charges par mètre est extrait dans le diagramme des pertes de charge linéaire qui se trouve dans l'annexe A.

L : Longueur de la du tronçon

IV.5.2.1. Nombre de Reynolds

Le nombre de Reynolds R_e est un nombre sans dimension utilisé pour caractériser le régime d'écoulement d'un fluide. Il s'exprime par [4]:

$$R_e = \frac{\rho \times v \times D}{\mu} = \frac{v \times D}{\nu}$$

ρ : masse volumique d'air à une température donnée en ($kg_{a,s}/m^3$)

v : vitesse de l'air dans la section en (m/s)

D : diamètre de la section en (m)

μ : viscosité dynamique de l'air en ($kg_{a,s} \cdot m^{-1} \cdot s^{-1}$)

ν : viscosité cinématique en (m^2/s)

Si $R_e < 2000$: Ecoulement turbulent

Si $R_e > 4000$: Ecoulement laminaire

Si $R_e > 4000$: Ecoulement rugueux.

IV.5.3. Pertes de charge singulières

Les pertes de charge singulières sont des diminutions de pression dans un fluide causées par des éléments spécifiques d'une canalisation, comme les vannes, coudes, divergent, convergent..., elles résultent des turbulences et des changements brusques de direction ou de vitesse du fluide [2].

IV.5.3.1. Pression dynamique

La pression dynamique est la pression associée à l'énergie cinétique d'un fluide en mouvement. Elle est définie par l'équation suivante [2]:

$$P_d = \frac{1}{2} \rho v^2$$

ρ : masse volumique de l'air en Kg/m³

v : vitesse de l'air dans la conduite

. Les pertes de charges singulières peuvent être calculées en utilisant cette formule :

$$\Delta P_s = P_d \times \zeta$$

$$\Delta P_s = \frac{\rho v^2}{2} \times \zeta$$

ζ : coefficient de pertes charge singulières (Annexe A).

IV.5.4. Calcul des pertes de charges

Nous allons aborder les calculs pour deux centrales de traitement d'air (CTA) pour que nous utilisions pour climatiser le local de production de la margarine. La première CTA a un débit de soufflage de **70000 m³/h** et la seconde de **60000 m³/h**. Les cuissons de mélange de ces CTA sont réglées pour admettre 20% d'air neuf.

IV.5.4.1. CTA 70000 m³/h

A. Pertes de charges linéaires

➤ Circuit de soufflage

Tronçon	L (m)	D (m)	S (m ²)	qv (m ³ .h ⁻¹)	V(m..S ⁻¹)	Re	ΔP	ΔP _L (Pa)	
1-2	7	1,5	1,7662	70000	11	1092715,2	1	7	
3-4	8,5	1,5	1,7662	70000	11	1092715,2	1	8,5	
5-6	7,5	1,1	0,9498	70000	20	1456953,6	4	30	
Total									45,5

Tableau IV.1 : Circuit de soufflage pour les pertes de charges linéaire.

➤ **Circuit de reprise**

Tronçon	$L (m)$	$D (m)$	$S (m^2)$	$qv (m^3 \cdot h^{-1})$	$V (m \cdot s^{-1})$	R_e	ΔP	$\Delta P_L (Pa)$
A-b	3	1,5	1,7662	70000	10	9469696,9	1	3
d-e	4	1,5	1,7665	70000	10	9469696,9	1	4
Total								7

Tableau IV.2 : Circuit de reprise pour les pertes de charges linéaire.

B. Pertes de charges singulières

➤ **Circuit de soufflage**

Tronçon	Type de singularité	$D(m)$	$qv(m^3 \cdot h^{-1})$	$V(m \cdot s^{-1})$	$P_d(P_a)$	ζ	$\Delta P_S(Pa)$
2-3	Coude	1,5	70000	11,0088857	72,7173	0,43	31,2684559
4-5	Convergent	1,5	70000	11,0088857	72,7173	0,1	7,27173392
Total							28,1559234

Tableau IV.3 : Circuit de soufflage pour les pertes de charge singulière

➤ **Circuit de reprise**

Tronçon	Type de singularité	$D(m)$	$qv(m^3 \cdot h^{-1})$	$V(m \cdot s^{-1})$	$P_d(P_a)$	ζ	$\Delta P_S(Pa)$
c-d	Coude	1,5	70000	10,2749705	63,3450	0,43	0,43
a-b	convergent	2,2	70000	4,77658753	13,6894	0,1	0,1
Total							28,6073022

Tableau IV.4 : Circuit de reprise pour les pertes de charges singulière.

C. Pertes de charges totales

Circuit	$\Delta P_L (Pa)$	$\Delta P_S (Pa)$	$\Delta P_T (Pa)$
Soufflage	45,5	28,155923	73,655923
Reprise	7	28,607302	35,607302

Tableau IV.5 : Perte de charges totale.

IV.5.4.2. CTA 60000 m³/h

A. Pertes de charges linéaires

➤ Circuit de soufflage

Tronçon	L (m)	D (m)	S (m ²)	qv(m ³ .h ⁻¹)	V(m..S ⁻¹)	Re	ΔP	ΔP _L (Pa)	
1-2	15	1,2	1,1304	60000	14 ,74	1112582,78	1,5	22,5	
3-4	3,6	1,8	2,5434	60000	6,55	655629,13	0,25	0,9	
4-5	4,5	1,2	1,1304	30000	7,37	556291,39	0,5	2,25	
6-7	7,5	1,2	1,1304	17339 ,52	4,26	357615,89	0,18	1,35	
6-10	7,6	0,8	0,5024	12660,48	7	317880,79	0,5	3,8	
7-11	7,6	0,8	0,5024	10851,48	6	291390,72	0,4	3,04	
4-5'	3,6	1,2	1,1304	30000	7 ,37	556291,39	0,25	0,9	
6'-7'	7,5	1,2	1,1304	17339,52	4,26	357615,89	0,18	1,35	
6'-10'	7,6	0,8	0,5024	12660,48	7	317880,79	0,5	3,8	
7'-11'	7,6	0,8	0,5024	10851,48	6	291390,72	0,4	3,04	
Total									42,93

Tableau IV.6 : Circuit de soufflage pour les pertes de charges linéaire.

➤ Circuit de reprise

Tronçon	L (m)	D (m)	S (m ²)	qv (m ³ .h ⁻¹)	V(m..S ⁻¹)	Re	ΔP	ΔP _L (Pa)	
b-c	3	1,5	1,7662	60000	9	7751937,9	0,4	1 ,2	
d-e	5	1,5	1,7662	60000	9	7751937,9	0,4	2	
Total									3,2

Tableau IV.7 : Circuit de reprise pour les pertes de charge linéaires.

B. Pertes de charges singulières➤ **Circuit de soufflage**

Tronçon	Type de singularité	D(M)	$qv(m^3 \cdot h^{-1})$	$V(m \cdot s^{-1})$	$P_d(Pa)$	Z	$\Delta P_s(Pa)$
2-3	DIVERGENT A = 22,5	1,2	60000	14,7440434	65,2160	0,6	39,1296269
5'-4-5	DERIVATION DOUBLE T	1,8	60000	6,55290818	12,8821	1,4	18,0350544
5-10	DERIVATION SIMPLE T	1,2	30000	7,3720217	16,3040	1	16,3040112
7-11	DERIVATION SIMPLE T	1,2	17339,52	4,26091059	5,4466	1	5,44660772
5'-10'	DERIVATION SIMPLE T	1,2	30000	7,3720217	16,3040	1	16,3040112
7'-11'	DERIVATION SIMPLE T	1,2	17339,52	4,26091059	5,4460	1	5,44660772
TOTAL							100,665919

Tableau IV.8 : Circuit de soufflage pour les pertes de charge singulière.➤ **Circuit de reprise**

Tronçon	Type de singularité	D(m)	$qv(m^3 \cdot h^{-1})$	$V(m \cdot s^{-1})$	$P_d(Pa)$	ζ	$\Delta P_s(Pa)$
c-d	Coude	1,5	60000	10,37	64,5287	0,43	27,7465021
a-b	Convergent	2,2	60000	4,09	10,0575	0,1	0,40942137
Total							28,5955348

Tableau IV.9 : Circuit de reprise pour les pertes de charge singulière.**C. Pertes de charges totales**

Circuit	$\Delta P_L(Pa)$	$\Delta P_s(Pa)$	$\Delta P_T(Pa)$
Soufflage	42,93	100,665919	143,5959
Reprise	3,2	28,5955348	31,795553

Tableau IV.10 : Perte de charges totales.**IV.6. Remarques et solutions**

Le dimensionnement et la conception correcte de la canalisation de soufflage sont déterminants pour assurer une distribution efficace de l'air et optimiser le fonctionnement du système de traitement d'air. Une conception inadaptée ou des dimensions incorrectes peuvent entraîner des pertes de charge, des variations de température, ou même un inconfort pour les occupants. Les remarques et les solutions proposées visent à améliorer les performances du système.

D'après les fiches techniques des deux centrales de traitement d'air, CTA 1 et CTA 2 on a :

CTA1{Pression disponible/gaine = 450 Pa

CTA2{Pression disponible/gaine = 500 Pa

.Sachant que la pression disponible est la pression que peut fournir par la CTA pour vaincre les pertes de charges au niveau de la section de soufflage. En comparant les pertes de charges totales au niveau des sections de soufflage :

- CTA 1 : $450 Pa > 73,655923 Pa$
- CTA 2 : $500 Pa > 143,595919 Pa$

Puisque les pressions disponibles par gaines dans les deux CTA sont supérieures par rapport aux pertes de charges. Nous proposons d'ajouter plus de conduites à l'intérieur du local de production pour une meilleure distribution de l'air et pour éviter les gradients de température.

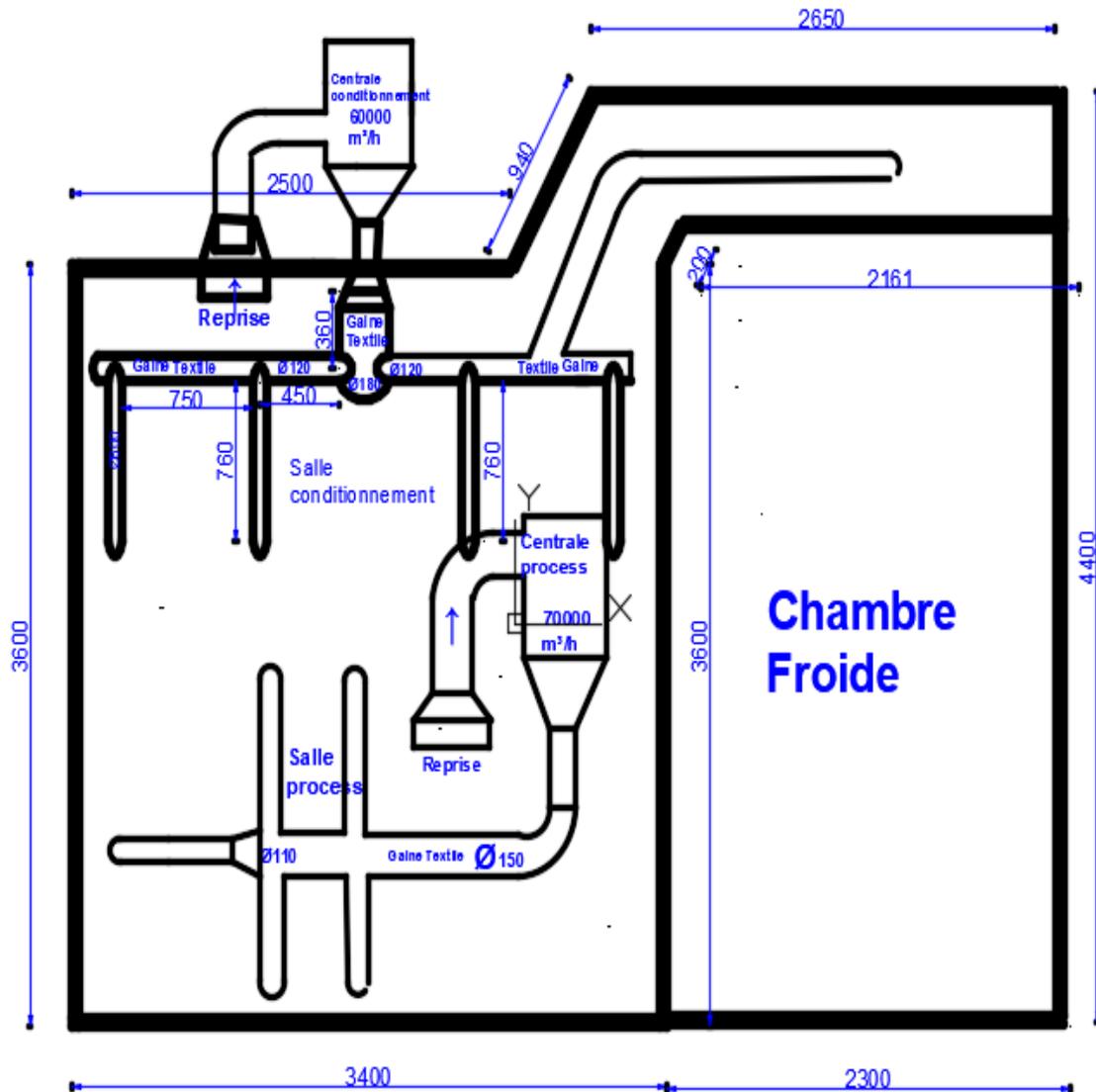


Figure IV-4 : Schéma proposé par une meilleure distribution d'air dans le local

IV.7. Conclusion

L'étude approfondie des deux centrales de traitement d'air (CTA) alimentant le local de production a permis d'évaluer leur performance et de révéler plusieurs problématiques. Nous avons constaté un sous-dimensionnement au niveau des batteries froides ainsi qu'une mauvaise utilisation des CTA. De plus, les calculs des pertes de charge pour le réseau aérodynamique ont fourni des idées pour une meilleure distribution de l'air à l'intérieur du local. De ces observations, nous avons proposé des solutions détaillées visant à optimiser l'utilisation des CTA, améliorer leur performance et garantir le confort thermique à l'intérieur du local. Ces recommandations, si mise en œuvre, devraient permettre de corriger les insuffisances actuelles.

Conclusion Générale

Conclusion Générale

Le confort thermique est essentiel dans les zones de travail pour améliorer la productivité des employés et assurer leur santé et préserver la qualité des produits. La centrale de traitement d'air est chargée d'assurer ce confort thermique dans le local, tel que le local de production de margarine.

Dans ce mémoire, nous avons abordé le confort thermique et les caractéristiques de l'air pour une meilleure compréhension de l'évolution de l'air dans les systèmes de climatisation, tels que les centrales de traitement d'air.

Ensuite, nous avons étudié la réglementation thermique, en présentant les lois et les normes nécessaires pour effectuer un bilan thermique complet du local. Ce bilan a permis de déterminer la puissance frigorifique requise et le débit nécessaire pour climatiser le local de manière optimale. Les calculs ont identifié les différents apports de chaleur dus aux équipements, aux personnes, et aux échanges thermiques l'extérieur.

Poursuivant notre analyse, nous avons évalué les performances des deux CTA en place. Cette étude se révèle un sous-dimensionnement des CTA existants et une mauvaise utilisation des deux CTA. Des solutions ont donc été proposées pour améliorer le fonctionnement des CTA et la distribution de l'air à l'intérieur du local, le redimensionnement et l'étude des réseaux aérauliques ont abouti à des recommandations visant à assurer une meilleure performance des systèmes de traitement d'air.

En somme, les solutions proposées garantissent une distribution adéquate de l'air, tenant compte des contraintes spécifiques du local de production, afin d'optimiser les conditions thermiques du local et d'assurer un environnement confortable et sain.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- [1] «Energie Plus LE Site,» 25 Septembre 2007. [En ligne]. Available: <https://energieplus-lrsite.be/theories/confort11/le-confort-thermique-d1/>
- [2] J. DESMONS, Aide-mémoire Génie climatique, PARIS: DUNOD, 2009.
- [3] J. BOUTELOUP, M. LE GUAY et J.LIGEN, Climatisation conditionnement d'air, PARIS: éditions parisiennes, 2002.
- [4] R. CADIERGUES, Calcul des charges de climatisation et de conditionnement d'air, rue Saint Denis,75001 PARIS: EDITIONS PYC LIVRES, 1998.
- [5] A. SAHI, *Cours, chapitre 2(Air humide), chauffage et climatisation.*, Bejaia: Université Abderrahmane MIRA- Bejaia, 2022-2023.
- [6] L.Castaig-Lasvignottes, "Air humide"Propriétés thermodynamiques,opérations unitaires et technologies associées à son emploi, vol. 84, Pau: Univ.PAU DES PAYS L'ADOUR,, 2003, pp. 487-492.
- [7] A. SAHI, *Cours, Chapitre 3 (opérations élémentaire), Chauffage et Climatisation*, Bejaia: Uiversité Abderrahmane MIRA - Bejaia, 2022-2023.
- [8] K. MAHTOUT et Y. MEDJKOUNE, *Etude d'une centrale de traitement d'air de Batiment de stockage de sucre en morceeaux-CEVITAL*, Bejaia: Uiversité Abderrahmane MIRA, 2018-2019.
- [9] B. Hamza, *mémoire de fin d'étude (dimensionnement d'une installation de climatisation centralisée pour un auditoruim de 500 places*, 2014.
- [10] «ABC CLIM,» [En ligne]. Available: <https://www.abcclim.net/centrale-traitement-d'air.html>.
- [11] «DTR (Document Technique Réglementaire)-Régémentations Thermique du Batiment,» Ministre d'habitat, 2011.
- [12] «Xpair,» [En ligne]. Available: <https://formation.Xpair.com/cours/taux-brassage.htm>.
- [13] N.AICHE t Y. MEZIANI, *Etude et dimensionnement d'une centrale de traitement d'air pour une piscine olympique*: Uiversité Mouloud Mammeri de Tizi ouzou, 2022-2023.

Annexes

Annexe 01

Présentation du complexe CEVITAL

Introduction

Nous sommes au 21^{ème} siècle et tous les pays adoptent des méthodes pour améliorer leurs économies du marché comme politique de gestion et toutes les activités nationales. Par conséquent il y'a l'introduction.

Après avoir acquis tous les outils scientifiques dans le domaine de génie mécanique et énergétique à l'université d'Abderrahmane Mira de Bejaia, nous avons cherché à consolider nos connaissances par le biais d'un stage pratique au sein de l'entreprise CEVITAL. Ce stage, d'une durée de plusieurs mois, s'est déroulé à l'unité de margarine, où nous avons étudié divers aspects, notamment la centrale de traitement d'air (CTA).

Historique

Fondée le 12 Mai 1998 avec un capital de départ de 970.000.000.00 DA provenant de fonds privés. CEVITAL figure parmi les entreprises agroalimentaires pionnières dans l'économie algérienne. Elle joue un rôle majeur dans le développement de l'industrie agroalimentaire nationale, se positionnant solidement sur le marché intérieur avec une large gamme de produits de qualité. Depuis ses débuts, l'entreprise a considérablement augmenté son chiffre d'affaires, atteignant environ 120000000,00DA, et elle détient une part de marché d'environ 60%.

Localisation

Le complexe de production de CEVETAL est établi sur un terrain appartenant au port de Bejaia, avec une concession de 30 ans, il occupe une superficie de 45000 m² à l'intérieur de l'enceinte portuaire de Bejaia. La majeure partie des installations est construite sur un terrain qui a été réhabilité à partir d'une ancienne décharge publique. Cette disposition est illustrée dans la figure ci-jointe :

Est situé dans la zone sud du port délimité par :

- Au Nord par l'accès au port.
- AU sud par la route menant a la jetée (Bougie plage).
- A l'Est par la clôture du port.
- A l'Ouest par la route RN 9.

Activités et missions

Le complexe CEVITAL a lancé ses opérations en décembre 1998 avec le conditionnement d'huile. Les travaux de génie civil pour la raffinerie ont débuté le 17 février 1999, et celle-ci devenue opérationnelle le 14 août 1999. Les activités principales du complexe CEVITAL portent sur la production et la vente d'huiles végétales, de margarine et de sucre, se déclinant comme suit :

- Raffinage des huiles avec une capacité de production de 1800 tonnes/jour.
- Conditionnement des huiles.
- Production de margarines avec une capacité de 600 tonnes/jour.
- Fabrication d'emballage poly-Ethylène-Téréphtalique (PET).
- Raffinage du sucre avec une capacité de production de 3000 tonnes/jour.
- Stockage de céréales.
- Minoterie et savonnerie en cours d'étude.
- Eau minérale et boissons.
- Station d'épuration des eaux usées.
- Sucre liquide.

Les activités sont organisées en structures (unités) indépendantes, ce qui permet une gestion souple et décentralisée.

L'entreprise se consacre au développement de la production tout en garantissant la qualité et le conditionnement optimal des huiles, des margarines et du sucre. Offrant ainsi des prix compétitifs pour satisfaire et fidéliser la clientèle.

Les objectifs visés par CEVITAL sont :

- Elargir la distribution de ses produits à l'échelle nationale.
- Soutenir les agriculteurs locaux avec des aides financières pour la production de graines oléagineuses.
- Moderniser ses équipements industriels et ses méthodes de gestion pour accroître sa productivité.
- Positionner ses produits sur le marché international par le biais des exportations.

Annexe chapitre

Annexe A

$\frac{1}{h}$ en m ² .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/hi	1/he	1/hi + 1/he	1/hi	1/he	1/hi + 1/he
Latéral (Mur) $\alpha > 60^\circ$	0,10	0,04	0,14	0,10	0,11	0,21
Ascendant (toiture) $\alpha \leq 60^\circ$	0,16	0,04	0,20	0,17	0,17	0,33
Descendant (plancher) $\alpha \leq 60^\circ$	0,08	0,04	0,12	0,08	0,09	0,17

Tableau A.1 : Valeurs des coefficients d'échange superficiel pour l'été.

$\frac{1}{h}$ en m ² .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/hi	1/he	1/hi + 1/he	1/hi	1/he	1/hi + 1/he
Latéral (Mur) $\alpha > 60^\circ$	0,11	0,06	0,17	0,11	0,11	0,22
Ascendant (toiture) $\alpha \leq 60^\circ$	0,09	0,05	0,14	0,09	0,09	0,18
Descendant (plancher) $\alpha \leq 60^\circ$	0,17	0,05	0,22	0,17	0,17	0,34

Tableau A.2 Valeurs des coefficients d'échange superficiel pour l'hiver.

Annexes

TS _{b,e} = 34°C									
Heure	Cas 1	Cas 2	Cas 3	Cas 4	Heure	Cas 1	Cas 2	Cas 3	Cas 4
1	-2	-14	-3	-4	13	2	-11	0	-6
2	-2	-15	-4	-4	14	2	-11	0	-6
3	-3	-15	-4	-4	15	3	-10	1	-5
4	-3	-16	-4	-5	16	4	-9	1	-5
5	-3	-16	-4	-4	17	3	-10	1	-5
6	-3	-16	-4	-4	18	3	-10	1	-6
7	-3	-16	-4	-4	19	3	-10	0	-6
8	-2	-15	-3	-3	20	2	-11	0	-7
9	-1	-14	-3	-8	21	2	-11	-1	-2
10	-1	-14	-2	-7	22	1	-12	-1	-2
11	0	-13	-2	-7	23	0	-13	-2	-3
12	1	-12	-1	-7	24	-1	-14	-2	-3

Tableau A.3 Valeurs de C_{inc} pour une température de base égale à 34°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.4 Valeurs de C_{inc} pour une température de base égale à 37°C

TS _{b,e} ≥ 46°C									
Heure	Cas 1	Cas 2	Cas 3	Cas 4	Heure	Cas 1	Cas 2	Cas 3	Cas 4
1	-1	-14	-3	-4	13	6	-7	3	-3
2	-2	-15	-4	-4	14	7	-7	4	-2
3	-3	-16	-4	-5	15	8	-6	4	-2
4	-4	-17	-5	-6	16	9	-5	5	-1
5	-4	-16	-5	-5	17	8	-6	4	-2
6	-3	-16	-5	-5	18	7	-7	4	-3
7	-3	-16	-4	-4	19	7	-7	3	-3
8	-2	-15	-3	-3	20	6	-8	2	-4
9	0	-13	-2	-7	21	5	-9	1	0
10	1	-12	-1	-6	22	4	-10	1	-1
11	3	-11	0	-5	23	2	-11	-1	-2
12	4	-9	2	-4	24	1	-12	-2	-3

Tableau A.5 Valeurs de C_{inc} pour une température de base supérieure ou égale à 46°C

Annexes

Valeurs de $\Delta T_{s_{ref},PV}$ (en °C) - Latitude 30°N										
Zone climatique (alt en m)		Paroi en contact avec l'extérieur Orientation								Paroi en contact avec un l.n.c.
		N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	
A	alt < 500	4,66	5,46	5,89	7,51	6,88	8,95	8,75	5,69	4
	500 ≤ alt < 1000	3,76	4,56	4,99	6,61	5,98	8,05	7,85	4,79	3,5
	alt ≥ 1000	1,26	2,06	2,49	4,11	3,48	5,55	5,35	2,29	0,5
B	alt < 500	5,81	6,61	7,04	8,66	8,03	10,01	9,9	6,84	5
	500 ≤ alt < 1000	4,86	5,66	6,09	7,71	7,08	9,15	8,91	5,94	4
	alt ≥ 1000	3,36	4,16	4,59	6,21	5,58	7,65	7,45	4,39	5
B1	alt < 500	7,36	8,16	8,59	10,21	9,58	11,65	1,45	8,39	6
B2	alt ≥ 500	Voir la zone B (fonction de l'altitude)								
C	alt < 500	4,76	5,56	5,99	7,61	6,9	8,4	8,85	5,79	6,5
	alt ≥ 500	2,51	3,31	3,74	5,36	4,73	6,8	6,6	3,54	3
D	alt < 1000	7,36	8,16	8,59	10,21	9,58	11,65	1,45	8,39	6
	alt ≥ 1000	4,86	5,66	6,09	7,71	7,08	9,15	8,91	5,94	4
E	Toutes	9,26	10,06	10,49	12,11	11,48	13,35	13,35	10,29	9
E1	alt < 500	4,76	5,56	5,99	7,61	6,9	8,4	8,85	5,79	6,5
	alt ≥ 500	2,51	3,31	3,74	5,36	4,73	6,8	6,6	3,54	3
F	Toutes	8,26	9,06	9,49	11,11	10,48	12,55	12,35	9,29	13

Tableau A.6 Valeurs de $\Delta T_{s_{ref},PV}$ pour les parois verticales pour latitude 30°.

Valeurs de $\Delta T_{s_{ref},PV}$ (en °C) - Latitude 40°N										
Zone climatique (alt en m)		Paroi en contact avec l'extérieur Orientation								Paroi en contact avec un l.n.c.
		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
	500 ≤ alt < 1000	3,76	4,54	4,99	7,32	8,91	9,12	7,85	4,76	3,5
	alt ≥ 1000	1,26	2,04	2,49	4,82	6,41	6,62	5,35	2,26	0,5
B	alt < 500	5,81	6,61	7,04	8,66	8,03	10,01	9,9	6,81	5
	500 ≤ alt < 1000	4,86	5,66	6,09	7,71	7,08	9,15	8,91	5,86	4
	alt ≥ 1000	3,36	4,16	4,59	6,21	5,58	7,65	7,45	4,36	5
B1	alt < 500	7,36	8,14	8,59	10,92	12,51	12,72	11,45	8,36	6
B2	alt ≥ 500	Voir la zone B (fonction de l'altitude)								
C	alt < 500	4,76	5,54	5,99	8,32	9,91	10,12	8,85	5,76	6,5
	alt ≥ 500	2,51	3,29	3,74	6,07	7,66	7,87	6,6	3,51	3

Tableau A.7 Valeurs de $\Delta T_{s_{ref},PV}$ pour les parois verticales pour latitude 40°.

(alt = altitude) Zone climatique		Valeurs de $\Delta T_{s_{ref},PH}$ (en °C)	
		Paroi en contact avec l'extérieur	Paroi en contact avec l'extérieur avec un local non conditionné
A	alt < 500 m	13,39	4
	500 ≤ alt < 1000 m	12,49	3,5
	alt ≥ 1000 m	9,99	0,5

Tableau A.8 Valeurs de $\Delta T_{s_{ref},PH}$ pour les parois horizontales.

Annexes

Déférence équivalente de température $\Delta t_{es}(t)$ ou $\Delta t_{em}(t)$ (en °C)-Murs ensoleillés ou à l'ombre																										
Orientation	m_{ext} kg/m ²	Temps Solaire Vrais																								
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	
NE	≤100	2,8	8,3	12,2	12,8	13,3	10,6	7,8	7,2	6,7	7,2	7,8	7,8	7,8	6,7	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0	-1,1	-1,7	-2,2	-1,1	
	300	-0,5	-1,1	-1,1	2,8	13,3	12,2	11,1	8,3	5,5	6,1	6,7	7,2	7,8	7,2	6,7	6,1	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0,5	0	-0,5	
	500	2,2	1,7	2,2	2,2	2,2	5,5	8,9	8,3	7,8	6,7	5,5	6,1	6,7	6,7	6,7	6,1	5,5	5,0	4,4	3,9	3,3	3,3	2,8	2,8	
	≥700	2,8	2,8	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	5,5	7,8	8,9	7,8	6,7	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,0	5,0	4,4	3,9	3,9	
E	≤100	0,5	9,4	16,7	18,3	20,0	19,4	17,8	11,1	6,7	7,2	7,8	7,8	7,8	6,7	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0	-0,5	-1,1	-1,7	-1,7	
	300	-0,5	-0,5	0	11,7	16,7	17,2	17,2	10,6	7,8	7,2	6,7	7,2	7,8	7,2	6,7	6,1	5,5	4,4	2,8	2,2	1,7	0,5	0,5	0	
	500	2,8	2,8	3,3	4,4	7,8	11,1	13,3	13,9	13,3	11,1	10,0	8,9	7,8	7,8	7,8	7,2	6,7	6,1	5,5	5,0	4,4	3,9	3,9	3,3	
	≥700	6,1	5,5	5,5	5,0	4,4	5,0	5,5	8,3	10,0	10,6	10,0	9,4	8,9	7,8	6,7	7,2	7,8	7,8	7,8	7,2	7,2	6,7	6,7	6,7	
SE	≤100	5,5	3,3	7,2	10,6	14,4	15,0	15,6	14,4	13,3	10,6	8,9	8,3	7,8	6,7	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0	-0,5	-0,5	-1,1	-1,1	
	300	0,5	0,5	0	7,2	11,1	13,3	15,6	14,4	13,9	11,7	10,0	8,3	7,8	7,2	6,7	6,1	5,5	4,4	3,3	2,8	2,2	1,7	1,7	1,1	
	500	3,9	3,9	3,3	3,3	3,3	6,1	8,9	9,4	10,0	10,6	10,0	9,4	7,8	7,2	6,7	6,1	5,5	5,5	5,5	5,0	5,0	4,4	4,4	3,9	
	≥700	5,0	4,4	4,4	4,4	4,4	3,9	3,3	6,1	7,8	8,3	8,9	10,0	8,9	8,3	7,8	7,2	6,7	6,7	6,7	6,1	6,1	5,5	5,5	5,0	
S	≤100	-0,5	-1,1	-2,2	0,5	2,2	7,8	12,2	15,0	16,7	15,6	14,4	11,1	8,9	6,7	5,5	3,9	3,3	1,7	1,1	0,5	0,5	0	0	-0,5	
	300	-0,5	-1,7	-2,2	-1,7	-1,1	3,9	6,7	11,1	13,3	13,9	14,4	12,8	11,1	8,3	6,7	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0,5	0,5	0	-0,5	
	500	2,2	2,2	1,1	1,1	1,1	1,7	2,2	4,4	6,7	8,3	8,9	10,0	10,0	8,3	7,8	6,1	5,5	5,0	4,4	4,4	3,9	3,3	3,3	2,8	
	≥700	3,9	3,3	3,3	2,8	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	
SO	≤100	-1,1	-2,2	-2,2	-1,1	0	2,2	3,3	10,6	14,4	18,9	22,2	22,8	23,3	16,7	13,3	6,7	3,3	2,2	1,1	0,5	0,5	0	-0,5	-0,5	
	300	1,1	0,5	0	0	0	0,5	1,1	4,4	6,7	13,3	17,8	19,4	20,0	19,4	18,9	11,1	5,5	3,9	3,3	2,8	2,2	2,2	1,7	1,1	
	500	3,9	2,8	3,3	2,8	2,2	2,8	3,3	3,9	4,4	6,7	7,8	10,6	12,2	12,8	13,3	12,8	12,2	8,3	5,5	5,5	5,0	4,4	4,4	3,9	
	≥700	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	3,9	3,3	3,3	3,3	3,9	4,4	5,0	5,5	5,5	8,3	10,6	11,1	7,2	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	
O	≤100	-1,1	-1,7	-2,2	-1,1	0	1,7	3,3	7,8	11,1	17,8	22,2	25	26,7	18,9	12,2	7,8	4,4	2,8	1,1	0,5	0	0	-0,5	-0,5	
	300	1,1	0,5	0	0	0	1,1	2,2	3,9	5,5	10,6	14,4	18,9	22,2	22,8	20,0	15,6	8,9	5,5	3,3	2,8	2,2	1,7	1,7	1,1	
	500	3,9	3,9	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,9	4,4	5,5	6,7	9,4	11,1	13,9	15,6	15,0	14,4	10,6	7,8	6,7	6,1	5,5	5,0	4,4	
	≥700	6,7	6,1	5,5	5,0	4,4	4,4	4,4	5,0	5,5	5,5	5,5	6,1	6,7	7,8	8,9	11,7	12,2	12,8	12,2	11,1	10,0	8,9	8,3	7,2	
NO	≤100	-1,7	-2,2	-2,2	-1,1	0	1,7	3,3	5,5	6,7	10,6	13,3	18,3	22,2	20,6	18,9	10,0	3,3	2,2	1,1	0	-0,5	-0,5	-1,1	-1,1	
	300	-1,1	-1,7	-2,2	-1,7	-1,1	0	1,1	3,3	4,4	5,5	6,7	11,7	16,7	17,2	17,8	11,7	6,7	4,4	3,3	2,2	1,7	0,5	0	-0,5	
	500	2,8	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,8	3,3	5,0	6,7	9,4	11,1	11,7	12,2	7,8	4,4	3,9	3,9	3,3	3,3	2,8	
	≥700	4,4	3,9	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,9	4,4	5,0	5,5	7,8	10,0	10,6	11,1	8,9	7,2	6,1	5,5	5,0	
N (à l'ombre)	≤100	-1,7	-1,7	-2,2	-1,7	-1,1	0,5	2,2	4,4	5,5	6,7	7,8	7,2	6,7	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0	0	-0,5	-0,5	-1,1	-1,1	
	300	-1,7	-1,7	-2,2	-1,7	-1,1	-0,5	0	1,7	3,3	4,4	5,5	6,1	6,7	6,7	6,7	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0,5	0	-0,5	-1,1	
	500	0,5	0,5	0	0	0	0	0	0,5	1,1	1,7	2,2	2,8	2,8	2,8	4,4	3,9	3,3	2,8	2,2	1,7	1,7	1,1	1,1	0,5	
	≥700	0,5	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0,5	1,1	1,7	2,2	2,8	3,3	3,9	4,4	3,9	3,3	2,2	1,7	1,1	1,1	0,5	

Tableau A.9 Différence équivalente de température pour les murs extérieurs.

Heure	00	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
C _{TS} (%)	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
C _{TS} (%)	21	6.7	0	0	0	4.7	12	20	28.5	32	43	53

Tableau A.10 Valeurs de C_{ts}

Annexes

	M kg/m ²	Temps Solaire Vrai																								
		Matin										Après midi - Soirée														
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	
NE	≥ 750	47	58	54	42	27	21	20	19	18	17	16	14	12	9	8	7	6	6	5	5	4	4	4	3	
	500	48	60	57	46	30	24	20	19	17	16	15	13	11	8	7	6	5	5	4	4	3	3	2	2	
	≤ 150	55	76	73	58	36	24	19	17	15	13	12	11	7	4	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0	
E	≥ 750	39	56	62	59	49	33	23	21	20	18	17	15	12	10	9	8	8	7	6	5	5	5	4	4	
	500	40	58	65	63	52	35	24	22	20	18	16	14	12	9	8	7	6	5	5	4	4	3	3	2	
	≤ 150	46	70	80	79	64	42	25	19	16	14	11	9	7	4	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0	
SE	≥ 750	3	28	47	59	64	62	53	41	27	24	21	19	16	14	12	11	10	9	8	7	6	6	5	5	
	500	4	28	47	61	67	65	57	44	29	24	21	18	15	12	10	9	8	7	6	5	5	4	4	3	
	≤ 150	0	30	57	75	84	81	69	50	30	20	17	13	9	5	4	3	2	1	0	0	0	0	0	0	
S	≥ 750	6	6	23	38	51	60	66	67	64	59	42	24	22	19	17	15	13	12	11	10	9	8	7	7	
	500	4	4	22	38	52	63	70	71	69	59	45	26	22	18	16	13	12	10	9	8	7	6	6	5	
	≤ 150	10	21	43	63	77	86	88	82	56	50	24	16	11	8	5	4	2	2	1	1	0	0	0	0	
SO	≥ 750	8	8	9	10	11	24	39	53	63	66	61	47	23	19	18	16	14	13	11	10	9	8	8	7	
	500	7	8	8	8	10	24	40	55	66	70	64	50	26	20	17	15	13	11	10	9	8	7	6	5	
	≤ 150	3	4	6	7	9	23	47	67	81	86	79	60	26	17	12	8	5	4	3	2	1	1	0	0	
O	≥ 750	8	9	9	10	10	10	10	18	36	52	63	65	55	22	19	17	15	14	12	11	10	9	8	7	
	500	7	8	8	9	9	9	9	18	36	54	66	68	60	25	20	17	15	13	11	10	8	7	6	5	
	≤ 150	3	4	6	7	8	8	8	19	42	65	81	85	74	30	19	13	9	6	5	3	2	2	1	0	
NO	≥ 750	8	9	10	10	10	10	10	16	33	49	61	60	19	17	15	13	12	10	9	8	8	7	6	6	
	500	7	8	9	9	10	10	10	16	34	52	65	64	23	18	15	12	11	9	8	7	6	6	5	5	
	≤ 150	3	5	7	8	9	9	10	10	17	39	63	80	79	28	18	12	9	6	4	3	2	2	1	0	
N	≥ 750	8	37	67	71	74	76	79	81	83	84	86	87	88	29	26	23	20	19	17	15	14	12	11	10	
	500	6	31	67	72	76	79	81	83	85	87	88	90	91	30	26	22	19	16	15	13	12	10	9	8	
	≤ 150	0	25	74	83	88	91	94	96	96	98	98	99	99	26	17	12	8	5	4	3	2	1	1	1	

Tableau A.11 Valeurs de N_{pvi} pour les parois vitrées.

Types de locaux	Facteur BF
Habitation, locaux a usage d'hébergement	0.3 à 0.5
Locaux à usage d'enseignement, de bureaux, de réunion, petit magasins	0.2 à 0.3
Banques, ateliers	0.1 à 0.2
Lieux de restauration, grands magasin, hôpitaux, salle d'opération, lieux de stockage	0.05 à 0.1
Locaux abritant des équipements sensibles	<0.10

Tableau A.12 Facteur BF en fonction du type du local.

Disposition des conduits d'air	$C_{\Delta as}$	$C_{\Delta al}$
Installation sans réseau de conduits d'air (climatiseurs individuels), installation dont les conduits d'air sont à l'intérieure de locaux climatisés	1.05	1.00
Installation dont les conduits d'air sont a l'extérieure des locaux climatisés, ou traversant des locaux non climatisés.	1.15	1.10

Tableau A.13 Coefficients majorateurs des gains sensibles et latents.

Annexes

(alt = altitude) Zone climatique		Valeurs de $\Delta T_{s_{ref}, PH}$ (en °C)	
		Paroi en contact avec l'extérieur	Paroi en contact avec l'extérieur avec un local non conditionné
A	alt < 500 m	13,39	4
	500 ≤ alt < 1000 m	12,49	3,5
	alt ≥ 1000 m	9,99	0,5
B	alt < 500 m	14,54	5
	500 ≤ alt < 1000 m	13,59	4
	alt ≥ 1000 m	12,09	5
B1	alt < 500 m	16,09	6
B2	alt > 500 m	Voir la zone B (fonction de l'altitude)	
C	alt < 1000 m	13,49	6,5
	alt ≥ 1000 m	11,24	3
D		13,09	9
E	alt < 1000 m	12,09	13
	alt ≥ 1000 m	9,85	9,5
E1	alt < 1000 m	13,49	6,5
	alt ≥ 1000 m	11,24	3
F		12,09	6

Tableau A.14 Valeur de c pour Apports de référence des parois opaques verticales.

Valeurs de $\Delta T_{s_{ref}, PVI}$ (en °C)			
Zone climatique		Paroi en contact avec l'extérieur	Paroi en contact avec l'extérieur avec un local non conditionné
A	alt < 500 m	7	4
	500 ≤ alt < 1000 m	6,5	3,5
	alt ≥ 1000 m	3,5	0,5
B	alt < 500 m	11	5
	500 ≤ alt < 1000 m	10	4
	alt ≥ 1000 m	8	5
B1	alt < 500 m	12	6
B2	alt ≥ 500 m	9	3
C	alt < 500 m	14	6
	alt ≥ 500 m	10	4
D	alt < 1000 m	12,5	6,5
	alt ≥ 1000 m	9	3
E		17	9
E1	alt < 500 m	14	6
	alt ≥ 500 m	10	4
F		21	13

Tableau A.15 Valeurs de $\Delta T_{s_{ref}, PVI}$ pour les parois vitrées.

Annexes

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.16 Valeurs de $N_{pvi,réf}$ pour les parois vitrées.

Type de locaux	Débit minimal (m ³ /h.occupant)
Bureaux, locaux assimilé sans travail physique/ locaux d'enseignement.	25
Locaux de réunions, spectacles, vente, restauration.	30
Atelier, locaux avec travail physique léger.	45
Autre atelier et locaux.	60

Tableau A.17 débit air neuf.

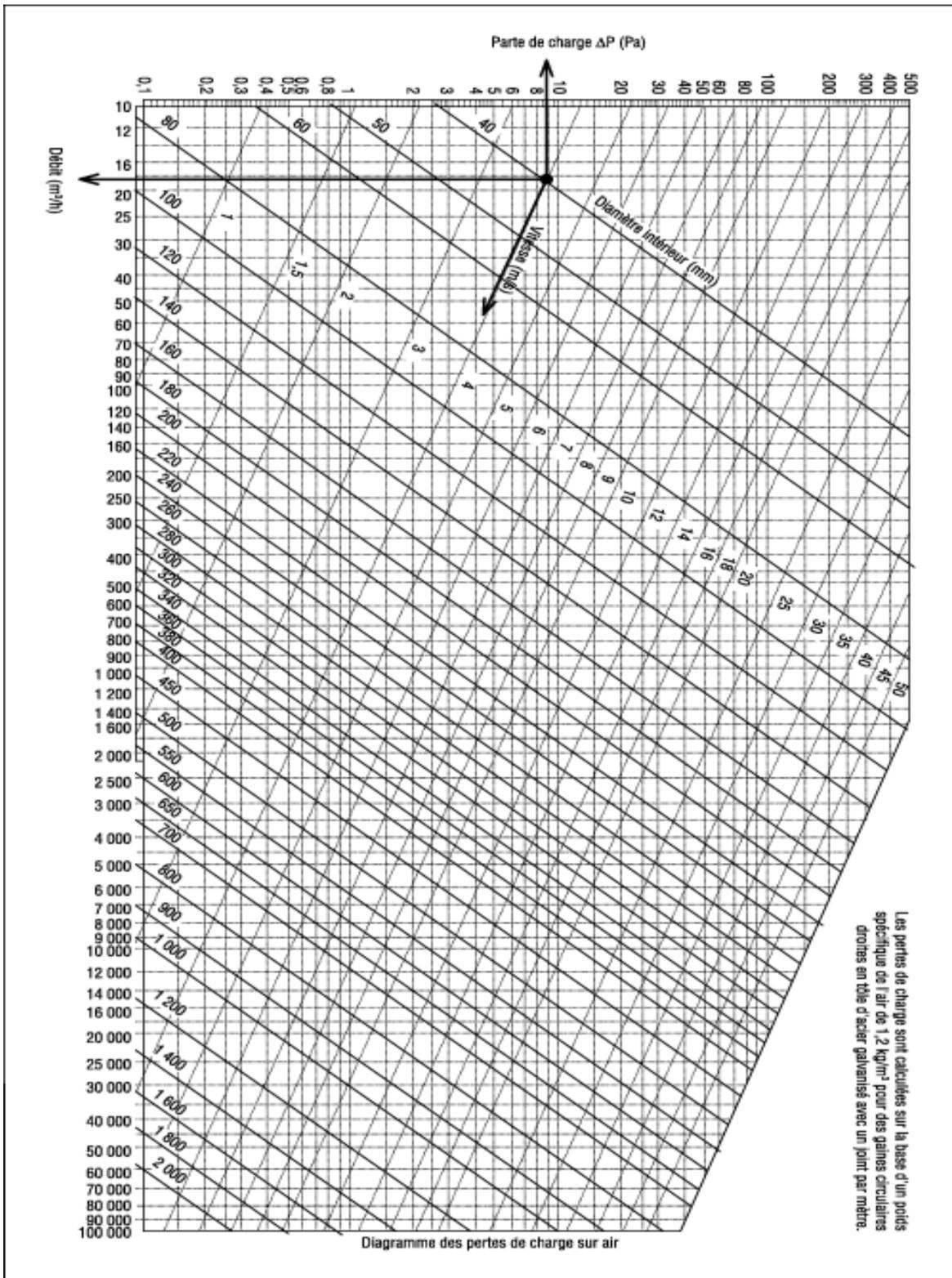


Tableau A.18 Diagramme de pertes de charge linéaires

Annexes

Diamètre du tube acier inox, cuivre ou plastique		8 - 16 mm	18 - 28 mm	30 - 54 mm	> 54 mm
Diamètre du tube acier		3/8" - 1/2"	3/4" - 1"	1 1/4" - 2"	> 2"
Type de résistance singulière	Symbole				
Coude serré à 90° <i>r/d = 1,5</i>		2,0	1,5	1,0	0,8
Coude normal à 90° <i>r/d = 2,5</i>		1,5	1,0	0,5	0,4
Coude large à 90° <i>r/d > 3,5</i>		1,0	0,5	0,3	0,3
Coude serré en U <i>r/d = 1,5</i>		2,5	2,0	1,5	1,0
Coude normal en U <i>r/d = 2,5</i>		2,0	1,5	0,8	0,5
Coude large en U <i>r/d > 3,5</i>		1,5	0,8	0,4	0,4
Élargissement		1,0			
Restriction		0,5			
Dérivation simple avec T équerre		1,0			
Jonction simple avec T équerre		1,0			
Dérivation double avec T équerre		3,0			
Jonction double avec T équerre		3,0			
Dérivation simple avec angle incliné (45° - 60°)		0,5			

Tableau A.20 Tableau des coefficients de pertes de charges singulières 2



FICHE TECHNIQUE :

- SECTION DDE VENTILATION

- Position du refoulement : Frontale
- Débit d'air total : 60000m³/h
- Débit d'air neuf maximal : 20000 60000m³/h
- Pression disponible/Gaine : 500Pa
- Pression (statique dynamique) :1425 Pa
- Rendement de ventilateur : 79%
- Puissance sur arbre ventilateur : 2×14935W
- Vitesse de rotation turbine maximal : 1674 Tr/min

-SECTION DE REFROIDISSEMENT

- Puissance Batterie Froide : 250 kW
- Pression de service : 8bar
- Pression d'épreuve : 20bar

AIR

- Débit nominal : 60000m³/h (16,67m³/s)
- T° Entrée air/ Hr% : 28°C/62%
- T° Sortie air/ Hr% : 20,4°C/85%

FLUIDE

- Fluide réfrigérant : Solution à 30% de mono-Ethylène-Glycol
- T° entrée/T° sortie : 1°C/6°C
- Débit d'eau : 46,68 m³/h
- Pertes de charge sur eau : 37,452 kPa
- Contenance en eau : 85,41 l

Caractéristiques des deux centrales de traitement d'air, unité margarine, CEVITAL



FICHE TECHNIQUE : CTA 70000 m³/h

- SECTION DDE VENTILATION

- Position du refoulement : Frontale
- Débit d'air total : 60000m³/h
- Débit d'air neuf maximal : 20000 60000m³/h
- Pression disponible/Gaine : 500Pa
- Pression (statique dynamique) :1425 Pa
- Rendement de ventilateur : 79%
- Puissance sur arbre ventilateur : 2×14935W
- Vitesse de rotation turbine maximal : 1674 Tr/min

-SECTION DE REFROIDISSEMENT

- Puissance Batterie Froide : 250 kW
- Pression de service : 8bar
- Pression d'épreuve : 20bar

AIR

- Débit nominal : 60000m³/h (16,67m³/s)
- T° Entrée air/ Hr% : 28°C/62%
- T° Sortie air/ Hr% : 20,4°C/85%

FLUIDE

- Fluide réfrigérant : Solution à 30% de mono-Ethylène-Glycol
- T° entrée/T° sortie : 1°C/6°C
- Débit d'eau : 46,68 m³/h
- Pertes de charge sur eau : 37,452 kPa
- Contenance en eau : 85,41 l

Caractéristiques des deux centrales de traitement d'air, unité margarine, Cévital

Annexe B

Rayonnement de base

Rayonnement de base						
Latitude	Moins	Ouest	Nord	Est	Nord-Est	Sud
36°44	Juillet	516	48,06	516	404,628	173,212
	Aout	514,204	34	514,204	327,764	277,212
	Septembre	479,968	28	479,968	218,956	401,484

Tableau B.1 : Rayonnement de base

Valeur $\Delta t_{e,m}$ et $\Delta t_{e,s}$:

ouest	nord	est	nord-est	sud
$\Delta t_{e,m}$	$\Delta t_{e,s}$	$\Delta t_{e,m}$	$\Delta t_{e,m}$	$\Delta t_{e,m}$
0,6909474	-1,7393684	0,6909474	-0,4090526	-1,5090526
0,6909474	-1,3440574	10,1715406	2,6743732	-1,1137416
0,6909474	-0,8696842	14,8365358	10,9759042	-0,6393684
1,5606316	-0,395311	15,9227942	10,7971674	2,40263317
2,4303158	0	16,3834258	10,6393684	5,757799
3,9	1,4487464	11,2909474	8,3	9,6971674
5,2696842	2,8393684	8,951579	5,9815694	11,9181052
9,5321722	3,8346794	8,0165742	6,2256268	12,7274832
12,7877894	4,8090526	7,3909474	6,4487464	13,248421
16,910909	5,4090526	7,5559426	6,9696842	12,2137416

Tableau B.2 : Différence de températures équivalentes.

Annexes

Température sèche de l'air extérieur :

Pour le moins de Juillet :

heure	$Tb_{s,e}$	Cts	E_b	TS_e
8	46	0,77	12	36,76
9	46	0,63	12	38,44
10	46	0,48	12	40,24
11	46	0,35	12	41,8
12	46	0,21	12	43,48
13	46	0,067	12	45,196
14	46	0	12	46
15	46	0	12	46
16	46	0	12	46
17	46	0,047	12	45,436

Tableau B.3 : Température sèche extérieur pour le moins de Juillet.

Pour le moins d'Aout :

heure	$Tb_{s,e}$	Cts	E_b	TS_e
8	37	0,77	10	29,3
9	37	0,63	10	30,7
10	37	0,48	10	32,2
11	37	0,35	10	33,5
12	37	0,21	10	34,9
13	37	0,067	10	36,33
14	37	0	10	37
15	37	0	10	37
16	37	0	10	37
17	37	0,047	10	36,53

Tableau B.4 : Température sèche extérieur pour le moins d'Aout.

Pour le mois de Septembre :

heure	$Tb_{s,e}$	Cts	E_b	TS_e
8	34	0,77	9	27,07
9	34	0,63	9	28,33
10	34	0,48	9	29,68
11	34	0,35	9	30,85
12	34	0,21	9	32,11
13	34	0,067	9	33,397
14	34	0	9	34
15	34	0	9	34
16	34	0	9	34
17	34	0,047	9	33,577

Tableau B.5 : Température sèche extérieur pour le moins de Septembre.

Coefficient de correcteur Clnc :

	46°C	37°C	34°C
Heure	Clnc	Clnc	Clnc
8	-15	-16	-15
9	-13	-15	-14
10	-12	-14	-14
11	-11	-12	-13
12	-9	-11	-12
13	-7	-9	-11
14	-7	-8	-11
15	-6	-8	-10
16	-5	-7	-9
17	-6	-8	-10

Tableau B.6 Coefficient de correcteur Clnc

Annexe C

Résultat du bilan thermique détaillé

Apports à travers les parois extérieures :

« Ouest » :

Mur 1		ouest			Juillet		Aout		Septembre
Heure	Coeff	$K_{été}$	S parois	Δt_e	APO (W)	Δt_e	APO (W)	Δt_e	APO (W)
8	1,2	1,2673	167,2	2,21067203	562,109	2,21913686	564,262	2,23930437	569,390
9		1,2673		2,38638777	606,7893	2,39347572	608,591	2,41036282	612,885
10		1,2673		2,59724665	660,404	2,60268236	661,786	2,61563297	665,079
11		1,2673		3,29121511	836,860	3,2980277	838,593	3,31425871	842,720
12		1,2673		3,95004043	1004,381	3,95850526	1006,533	3,97867277	1011,661
13		1,2673		5,41041777	1375,712	5,41895553	1377,883	5,4392968	1383,055
14		1,2673		6,78940883	1726,350	6,79787366	1728,502	6,81804117	1733,630
15		1,2673		9,59963665	2440,909	9,61948112	2445,955	9,66676068	2457,977
16		1,2673		11,8412409	3010,885	11,869031	3017,951	11,935241	3034,786
17		1,2673		14,3983338	3661,079	14,438395	3671,266	14,533841	3695,535

Tableaux C.1 Apports à travers les parois extérieures, mur Ouest.

« Nord » :

Mur 2		nord			Juillet		Aout		Septembre
Heure	Coeff	$K_{été}$	S parois	Δt_e	APO (W)	Δt_e	APO (W)	Δt_e	APO (W)
8	1,2	1,2673	181,5	0,8606316	237,549	0,8606316	237,549	0,8606316	237,549
9		1,2673		1,2559426	346,662	1,2559426	346,662	1,2559426	346,662
10		1,2673		1,7303158	477,598	1,7303158	477,598	1,7303158	477,598
11		1,2673		2,204689	608,533	2,204689	608,533	2,204689	608,533
12		1,2673		2,6	717,646	2,6	717,646	2,6	717,646
13		1,2673		4,0487464	1117,526	4,0487464	1117,526	4,0487464	1117,526
14		1,2673		5,4393684	1501,363	5,4393684	1501,363	5,4393684	1501,363
15		1,2673		6,4346794	1776,086	6,4346794	1776,086	6,4346794	1776,086
16		1,2673		7,4090526	2045,031	7,4090526	2045,031	7,4090526	2045,031
17		1,2673		8,0090526	2210,642	8,0090526	2210,642	8,0090526	2210,642

Tableau C.2 Apports à travers les parois extérieures, mur Nord.

Annexes

« Est » :

Mur 3		Est			Juillet		Aout		Septembre
heure	Coeff	$K_{été}$	S parois	Δt_e	APO (W)	Δt_e	APO (W)	Δt_e	APO (W)
8	1,2	1,2673	120,4	2,21067203	404,772	2,21913686	406,322	2,23930437	410,015
9		1,2673		7,65285729	1401,234	7,69296632	1408,578	7,78852632	1426,075
10		1,2673		10,455121	1914,327	10,5098261	1924,343	10,6401611	1948,208
11		1,2673		11,2693964	2063,420	11,3262327	2073,827	11,4616454	2098,621
12		1,2673		11,700993	2142,446	11,7580568	2152,894	11,8940115	2177,787
13		1,2673		9,51608906	1742,391	9,55036961	1748,667	9,63204325	1763,622
14		1,2673		8,83470139	1617,629	8,85599033	1621,527	8,90671134	1630,814
15		1,2673		8,75772196	1603,534	8,77228757	1606,201	8,80699023	1612,555
16		1,2673		8,84329516	1619,202	8,85228795	1620,849	8,87371331	1624,772
17		1,2673		9,20165	1684,817	9,20912765	1686,186	9,22694321	1689,448

Tableau C.3 Apport à travers les parois extérieures, mur Est.

« Nord-Est » :

Mur 4		nord-est			Juillet		Aout		Septembre
heure	Coeff	$K_{été}$	S parois	Δt_e	APO (W)	Δt_e	APO (W)	Δt_e	APO (W)
8	1,2	1,2673	48,6	1,60817215	118,858	1,61519378	119,377	1,74481951	128,957
9		1,2673		3,51400779	259,716	3,53521774	261,284	3,92677291	290,223
10		1,2673		8,38667335	619,850	8,44919635	624,471	9,60342839	709,779
11		1,2673		8,49404632	627,785	8,55312209	632,152	9,64371521	712,756
12		1,2673		8,5785498	634,031	8,63470617	638,181	9,67140435	714,803
13		1,2673		7,89865171	583,780	7,93481377	586,453	8,60239871	635,794
14		1,2673		7,20505641	532,518	7,22164147	533,743	7,52781698	556,372
15		1,2673		7,77821762	574,879	7,79083744	575,812	8,02381094	593,031
16		1,2673		8,33044104	615,694	8,33909562	616,333	8,49886709	628,142
17		1,2673		8,88601384	656,755	8,89425112	657,364	9,04631879	668,603

Tableau C.4 Apports à travers les parois extérieures, mur Nord-est.

« Est » :

Mur 5		Est			Juillet		Aout		Septembre
heure	Coeff	$K_{été}$	S parois	Δt_e	APO (W)	Δt_e	APO (W)	Δt_e	APO (W)
8	1,2	1,2673	135,6	2,21067203	455,873	2,21913686	457,619	2,23930437	461,778
9		1,2673		7,65285729	1578,134	7,69296632	1586,405	7,78852632	1606,111
10		1,2673		10,455121	2156,003	10,5098261	2167,284	10,6401611	2194,161
11		1,2673		11,2693964	2323,919	11,3262327	2335,639	11,4616454	2363,563
12		1,2673		11,700993	2412,920	11,7580568	2424,688	11,8940115	2452,724
13		1,2673		9,51608906	1962,360	9,55036961	1969,43	9,63204325	1986,272
14		1,2673		8,83470139	1821,848	8,85599033	1826,238	8,90671134	1836,697
15		1,2673		8,75772196	1805,974	8,77228757	1808,977	8,80699023	1816,133
16		1,2673		8,84329516	1823,620	8,85228795	1825,475	8,87371331	1829,893
17		1,2673		9,20165	1897,518	9,20912765	1899,060	9,22694321	1902,734

Tableau C.5 Apports à travers les parois extérieures, mur Est.

Annexes

« Sud » :

Mur 6		Sud			Juillet		Aout		septembre
heure	<i>Coef</i>	$K_{été}$	S parois	Δt_e	APO (W)	Δt_e	APO (W)	Δt_e	APO (W)
8	1,2	1,2673	38,58	0,96275518	56,485	0,97111952	56,976	0,97710787	57,327
9		1,2673		1,35806618	79,678	1,36643052	80,169	1,37241887	80,521
10		1,2673		1,83243938	107,510	1,84080372	108,001	1,84679207	108,352
11		1,2673		3,90501175	229,110	4,04427509	237,281	4,14397908	243,131
12		1,2673		5,15304697	302,334	5,36215189	314,602	5,51185816	323,385
13		1,2673		7,706152	452,127	8,00570837	469,702	8,22017232	482,285
14		1,2673		9,46494163	555,316	9,79465243	574,661	10,0307051	588,510
15		1,2673		10,3778087	608,875	10,700767	627,823	10,9319853	641,389
16		1,2673		11,1511256	654,246	11,4576165	672,228	11,6770452	685,102
17		1,2673		11,0262977	646,923	11,2734223	661,422	11,4503483	671,802

Tableau C.6 Apports à travers les parois extérieures, mur Sud

Apports totaux à travers les parois extérieures :

Pour le mois de Juillet :

	Mur 1	Mur 2	Mur 3	Mur 4	Mur 5	Mur 6	APO (W)
Heure	Ouest	Nord	Est	Nord-Est	Est	Sud	
8	562,109	237,549	404,772	118,858	455,873	56,485	1835,65054
9	606,7893	346,662	1401,234	259,716	1578,134	79,678	4272,2164
10	660,404	477,598	1914,327	619,850	2156,003	107,510	5935,69474
11	836,860	608,533	2063,420	627,785	2323,919	229,110	6689,63119
12	1004,381	717,646	2142,446	634,031	2412,920	302,334	7213,76011
13	1375,712	1117,526	1742,391	583,780	1962,360	452,127	7233,89937
14	1726,350	1501,363	1617,629	532,518	1821,848	555,316	7755,0263
15	2440,909	1776,086	1603,534	574,879	1805,974	608,875	8810,26091
16	3010,885	2045,031	1619,202	615,694	1823,620	654,246	9768,68085
17	3661,079	2210,642	1684,817	656,755	1897,518	646,923	10757,7372

Tableau C.7 Apports totaux à travers les parois extérieures pour le mois de Juillet.

Annexes

Pour le moins d'Aout :

	Mur 1	Mur 2	Mur 3	Mur 4	Mur 5	Mur 6	APO (W)
heure	Ouest	Nord	Est	Nord-Est	Est	Sud	
8	564,262	237,549	406,322	119,377	457,619	56,976	1842,10809
9	608,591	346,662	1408,578	261,284	1586,405	80,169	4291,69204
10	661,786	477,598	1924,343	624,471	2167,284	108,001	5963,4861
11	838,593	608,533	2073,827	632,152	2335,639	237,281	6726,02755
12	1006,533	717,646	2152,894	638,181	2424,688	314,602	7254,54706
13	1377,883	1117,526	1748,667	586,453	1969,43	469,702	7269,66414
14	1728,502	1501,363	1621,527	533,743	1826,238	574,661	7786,03697
15	2445,955	1776,086	1606,201	575,812	1808,977	627,823	8840,85836
16	3017,951	2045,031	1620,849	616,333	1825,475	672,228	9797,86985
17	3671,266	2210,642	1686,186	657,364	1899,060	661,422	10785,9426

Tableau C.8 Apports totaux à travers les parois extérieures pour le mois d'Aout.

Pour le mois de Septembre :

	Mur 1	Mur 2	Mur 3	Mur 4	Mur 5	Mur 6	APO (W)
heure	Ouest	Nord	Est	Nord-Est	Est	Sud	
8	569,390	237,549	410,015	128,957	461,778	57,327	1865,01945
9	612,885	346,662	1426,075	290,223	1606,111	80,521	4362,47961
10	665,079	477,598	1948,208	709,779	2194,161	108,352	6103,17982
11	842,720	608,533	2098,621	712,756	2363,563	243,131	6869,32706
12	1011,661	717,646	2177,787	714,803	2452,724	323,385	7398,0089
13	1383,055	1117,526	1763,622	635,794	1986,272	482,285	7368,55636
14	1733,630	1501,363	1630,814	556,372	1836,697	588,510	7847,38995
15	2457,977	1776,086	1612,555	593,031	1816,133	641,389	8897,17505
16	3034,786	2045,031	1624,772	628,142	1829,893	685,102	9847,72897
17	3695,535	2210,642	1689,448	668,603	1902,734	671,802	10838,7671

Tableau C.9 Apports totaux à travers les parois extérieures pour le moins de Septembre.

Apports à travers les parois intérieures :

Apports à travers le plancher :

	K_{sol}	S_{sol}	$TS_{b,m}$	$TS_{b,i}$	APPO (W)
Plancher	3,3709	1350,20583	26	24	9102,81766

Tableau C.10 Apports à travers les plancher.

Apports à travers le toit :

	K_{toit}	S_{sol}	$TS_{b,m}$	$TS_{b,i}$	APPO (W)
Toiture	2,0979	1350,20583	27	24	8497,79043

Tableau C.11 Apports à travers la toiture.

Annexes

Déperdition à travers les parois séparant la chambre froide et le local :

Δ_T (°C)	K_s (w/°C.m ₂)	A (m ²)	D_s (w)	D_p (w)	D_T (w)
12	0,2744	357,66	1177,9550	235,5910	1413,5461

Tableau C.12 Déperdition à travers les parois surfaciques et par pont thermique.

Apports totaux à travers les parois intérieures :

APO_{Sol} (w)	APO_{Toit} (w)	D_T (w)	$APO_{int(Totaux)}$ (w)
9102,81766	8497,79043	1413,5461	16187,062

Tableau C.13 Apports totaux à travers les parois intérieures.

Annexes

Apports totaux à travers les parois opaques :

Pour le moins de Juillet :

Heure	$APO_{ext(Totaux)}(w)$	$APO_{int(Totaux)}(w)$	$APO_{Totaux}(w)$
8	1835,65054	16187,062	18022,7125
9	4272,2164		20459,2784
10	5935,69474		22122,7567
11	6689,63119		22876,6932
12	7213,76011		23400,8221
13	7233,89937		23420,9614
14	7755,0263		23942,0883
15	8810,26091		24997,3229
16	9768,68085		25955,7428
17	10757,7372		26944,7992

Tableau C.14 Apports totaux à travers les parois opaque pour le moins de Juillet.

Pour le moins d'Aout :

Heure	$APO_{ext(Totaux)}(w)$	$APO_{int(Totaux)}(w)$	$APO_{Totaux}(w)$
8	1842,10809	16187,062	18029,1701
9	4291,69204		20478,754
10	5963,4861		22150,5481
11	6726,02755		22913,0895
12	7254,54706		23441,609
13	7269,66414		23456,7261
14	7786,03697		23973,099
15	8840,85836		25027,9204
16	9797,86985		25984,9318
17	10785,9426		26973,0045

Tableau C.15 Apports totaux à travers les parois opaque pour le moins d'Aout.

Pour le moins de Septembre :

Heure	$APO_{ext(Totaux)}(w)$	$APO_{int(Totaux)}(w)$	$APO_{Totaux}(w)$
8	1865,01945	16187,062	18052,0814
9	4362,47961		20549,5416
10	6103,17982		22290,2418
11	6869,32706		23056,389
12	7398,0089		23585,0709
13	7368,55636		23555,6184
14	7847,38995		24034,4519
15	8897,17505		25084,237
16	9847,72897		26034,791
17	10838,7671		27025,8291

Tableau C.16 Apports totaux à travers les parois opaque pour le moins de Septembre.

Annexes

Apports à travers les parois vitrées :

Apports du a aux gradients de température :

« Est » :

	fenêtre					Juillet		Aout		Septembre
heure	<i>coeff</i>	$K_{été}$	S_{ouv}	T_{s_e}	$T_{s_{b,i}}$	AVT (W)	T_{s_e}	AVT (W)	T_{s_e}	AVT (W)
8	1,2	5,9	3	36,76	24	271,022	29,3	112,572	27,07	65,206
9	1,2	5,9	3	38,44	24	306,705	30,7	142,308	28,33	91,969
10	1,2	5,9	3	40,24	24	344,937	32,2	174,168	29,68	120,643
11	1,2	5,9	3	41,8	24	378,072	33,5	201,78	30,85	145,494
12	1,2	5,9	3	43,48	24	413,755	34,9	231,516	32,11	172,256
13	1,2	5,9	3	45,196	24	450,203	36,33	261,889	33,397	199,592
14	1,2	5,9	3	46	24	467,28	37	276,12	34	212,4
15	1,2	5,9	3	46	24	467,28	37	276,12	34	212,4
16	1,2	5,9	3	46	24	467,28	37	276,12	34	212,4
17	1,2	5,9	3	45,436	24	455,3	36,53	266,137	33,577	203,415

Tableau C.17 Apports dus au gradient de température à travers les parois vitrées, mur Est
« fenêtre ».

		Porte				Juillet		Aout		Septembre
heure	<i>coeff</i>	$K_{été}$	S_{ouv}	T_{s_e}	$T_{s_{b,i}}$	AVT (W)	T_{s_e}	AVT (W)	T_{s_e}	AVT (W)
8	1,2	6,33	2,6	36,76	24	252,004	29,3	104,672	27,07	60,631
9	1,2	6,33	2,6	38,44	24	285,184	30,7	132,322	28,33	85,515
10	1,2	6,33	2,6	40,24	24	320,733	32,2	161,946	29,68	112,177
11	1,2	6,33	2,6	41,8	24	351,542	33,5	187,621	30,85	135,284
12	1,2	6,33	2,6	43,48	24	384,722	34,9	215,270	32,11	160,169
13	1,2	6,33	2,6	45,196	24	418,612	36,33	243,512	33,397	185,586
14	1,2	6,33	2,6	46	24	434,491	37	256,744	34	197,496
15	1,2	6,33	2,6	46	24	434,491	37	256,744	34	197,496
16	1,2	6,33	2,6	46	24	434,4912	37	256,744	34	197,496
17	1,2	6,33	2,6	45,436	24	423,352	36,53	247,462	33,577	189,141

Tableau C.18 Apports dus au gradient de température à travers les parois vitrées, mur Est
« porte ».

Annexes

Mur 4 « Nord-Est » :

						Juillet		Aout		Septembre
heure	<i>coeff</i>	$K_{été}$	S_{ouv}	T_{s_e}	$T_{s_{b,i}}$	AVT (W)	T_{s_e}	AVT (W)	T_{s_e}	AVT (W)
8	1,2	5,9	7,8	36,76	24	704,658	29,3	292,687	27,07	169,537
9	1,2	5,9	7,8	38,44	24	797,434	30,7	370	28,33	239,119
10	1,2	5,9	7,8	40,24	24	896,837	32,2	452,836	29,68	313,672
11	1,2	5,9	7,8	41,8	24	982,987	33,5	524,628	30,85	378,284
12	1,2	5,9	7,8	43,48	24	1075,763	34,9	601,941	32,11	447,866
13	1,2	5,9	7,8	45,196	24	1170,527	36,33	680,911	33,397	518,939
14	1,2	5,9	7,8	46	24	1214,928	37	717,912	34	552,24
15	1,2	5,9	7,8	46	24	1214,928	37	717,912	34	552,24
16	1,2	5,9	7,8	46	24	1214,928	37	717,912	34	552,24
17	1,2	5,9	7,8	45,436	24	1183,781	36,53	691,9567	33,577	528,880

Tableau C.19 Apports dus au gradient de température à travers les parois vitrées, mur Nord-est.

Mur 5 « Est » :

						Juillet		Aout		Septembre
heure	<i>coeff</i>	$K_{été}$	S_{ouv}	T_{s_e}	$T_{s_{b,i}}$	AVT (W)	T_{s_e}	AVT (W)	T_{s_e}	AVT (W)
8	1,2	5,9	23,4	36,76	24	2113,974	29,3	878,061	27,07	508,613
9	1,2	5,9	23,4	38,44	24	2392,303	30,7	1110,002	28,33	717,359
10	1,2	5,9	23,4	40,24	24	2690,513	32,2	1358,510	29,68	941,016
11	1,2	5,9	23,4	41,8	24	2948,961	33,5	1573,884	30,85	1134,853
12	1,2	5,9	23,4	43,48	24	3227,290	34,9	1805,824	32,11	1343,599
13	1,2	5,9	23,4	45,196	24	3511,583	36,33	2042,735	33,397	1556,819
14	1,2	5,9	23,4	46	24	3644,784	37	2153,736	34	1656,72
15	1,2	5,9	23,4	46	24	3644,784	37	2153,736	34	1656,72
16	1,2	5,9	23,4	46	24	3644,784	37	2153,736	34	1656,72
17	1,2	5,9	23,4	45,436	24	3551,344	36,53	2075,870	33,577	1586,640

Tableau C.20 Apports dus au gradient de température à travers les parois vitrées, mur Est.

Annexes

Apport totaux dus au gradient de température :

Pour le moins de Juillet :

	Est	Est	Nord-Est	Est	
Heure	fenêtre	Porte	Mur 4	Mur 5	AVT (W)
8	271,022	252,004	704,658	2113,974	3341,66026
9	306,705	285,184	797,434	2392,303	3781,62806
10	344,937	320,733	896,837	2690,513	4253,02214
11	378,072	351,542	982,987	2948,961	4661,56368
12	413,755	384,722	1075,763	3227,290	5101,53149
13	450,203	418,612	1170,527	3511,583	5550,92718
14	467,28	434,491	1214,928	3644,784	5761,4832
15	467,28	434,491	1214,928	3644,784	5761,4832
16	467,28	434,4912	1214,928	3644,784	5761,4832
17	455,3	423,352	1183,781	3551,344	5613,77972

Tableau C.21 Apports totaux dus au gradient de température pour le moins de Juillet.

Pour le moins d'Aout :

	Est	Est	Nord-Est	Est	
Heure	Fenêtre	Porte	Mur 4	Mur 5	AVT (W)
8	112,572	104,672	292,687	878,061	1387,99368
9	142,308	132,322	370	1110,002	1754,63352
10	174,168	161,946	452,836	1358,510	2147,46192
11	201,78	187,621	524,628	1573,884	2487,9132
12	231,516	215,270	601,941	1805,824	2854,55304
13	261,889	243,512	680,911	2042,735	3229,04945
14	276,12	256,744	717,912	2153,736	3404,5128
15	276,12	256,744	717,912	2153,736	3404,5128
16	276,12	256,744	717,912	2153,736	3404,5128
17	266,137	247,462	691,9567	2075,870	3281,42657

Tableau C.22 Apports totaux dus au gradient de température pour le moins d'Aout.

Pour le moins de Septembre :

	Est	Est	Nord-Est	Est	
Heure	fenêtre	Porte	Mur 4	Mur 5	AVT (W)
8	65,206	60,631	169,537	508,613	803,988792
9	91,969	85,515	239,119	717,359	1133,96465
10	120,643	112,177	313,672	941,016	1487,51021
11	145,494	135,284	378,284	1134,853	1793,91636
12	172,256	160,169	447,866	1343,599	2123,89222
13	199,592	185,586	518,939	1556,819	2460,93898
14	212,4	197,496	552,24	1656,72	2618,856
15	212,4	197,496	552,24	1656,72	2618,856
16	212,4	197,496	552,24	1656,72	2618,856
17	203,415	189,141	528,880	1586,640	2508,07839

Tableau C.23 Apports totaux dus au gradient de température pour le moins de Septembre.

Annexes

Apports du au rayonnement solaire :

Mur 1 « Ouest » :

Pour le moins de Juillet :

							juillet
Heure	FS	N_{pvi}	SV	SV_{ens}	I_t	I_d	AVE (W)
8	1	0,07096432	36,8	36,8	519,984	519,984	1357,93159
9		0,08096432					1549,28572
10		0,08548216					1635,73642
11		0,08548216					1635,73642
12		0,08548216					1635,73642
13		0,18451784					3530,82496
14		0,38710703					7407,45274
15		0,58969622					11284,0805
16		0,72776758					13926,1328
17	0,75680326	14481,7425					

Tableau C.24 Apports du au rayonnement solaire, mur Ouest pour le moins de Juillet.

Pour le moins d'Aout :

							Aout (W)
Heure	FS	N_{pvi}	SV	SV_{ens}	I_t	I_d	AVE
8	1	0,07096432	36,8	36,8	518,174	514,945	1353,20515
9		0,08096432					1543,89324
10		0,08548216					1630,04305
11		0,08548216					1630,04305
12		0,08548216					1630,04305
13		0,18451784					3518,5355
14		0,38710703					7381,67021
15		0,58969622					11244,8049
16		0,72776758					13877,6613
17	0,75680326	14431,3371					

Tableau C.25 Apports du au rayonnement solaire, mur Ouest pour le moins d'Aout.

Annexes

Pour le moins de Septembre :

Heure	FS	N_{pvi}	SV	SV_{ens}	I_t	I_d	Septembre AVE (W)
8	1	0,07096432	36,8	36,8	483,673	473,628	1263,10797
9		0,08096432					1441,09994
10		0,08548216					1521,51384
11		0,08548216					1521,51384
12		0,08548216					1521,51384
13		0,18451784					3284,26937
14		0,38710703					6890,19433
15		0,58969622					10496,1193
16		0,72776758					12953,6785
17		0,75680326					13470,4903

Tableau C.26 Apports du au rayonnement solaire, mur Ouest pour le moins de Septembre.

Mur 2 « Nord »

Pour le moins de Juillet :

Heure	FS	N_{pvi}	SV	SV_{ens}	I_t	I_d	juillet AVE (W)
8	1	0,70162487	34,5	34,5	48,439	47,362	1172,52046
9		0,76969622					1286,27791
10		0,81421406					1360,6739
11		0,84421406					1410,80841
12		0,8687319					1451,78139
13		0,8887319					1485,2044
14		0,89969622					1503,52743
15		0,91969622					1536,95043
16		0,92517839					1546,11194
17		0,94066055					1571,98496

Tableau C.27 Apports du au rayonnement solaire, mur Nord pour le moins de Juillet.

Pour le moins d'Aout :

Heure	FS	N_{pvi}	SV	SV_{ens}	I_t	I_d	Aout AVE (W)
8	1	0,70162487	34,5	34,5	34,262	34,262	829,360402
9		0,76969622					909,824604
10		0,81421406					962,447215
11		0,84421406					997,908917
12		0,8687319					1026,89039
13		0,8887319					1050,53153
14		0,89969622					1063,49198
15		0,91969622					1087,13311
16		0,92517839					1093,61334
17		0,94066055					1111,91413

Tableau C.28 Apports du au rayonnement solaire, mur Nord pour le moins d'Aout.

Annexes

Pour le moins de Septembre :

Heure	FS	N_{pvi}	SV	SV_{ens}	I_t	I_d	Septembre AVE (W)
8	1	0,70162487	34,5	34,5	28 ,216	28,216	683,002684
9		0,76969622					749,267321
10		0,81421406					792,603589
11		0,84421406					821,807343
12		0,8687319					845,674442
13		0,8887319					865,143611
14		0,89969622					875,816924
15		0,91969622					895,286094
16		0,92517839					900,622751
17		0,94066055					915,693992

Tableau C.29 Apports du au rayonnement solaire, mur Nord pour le moins de Septembre.

Mur 3 « Est » :

Pour le moins de Juillet :

Heure	FS	N_{pvi}	SV	SV_{ens}	I_t	I_d	Juillet AVE (W)
8	1	0,71776758	29,6	29,6	519,984	519,984	11047,5394
9		0,70228542					10809,2453
10		0,57421406					8838,03152
11		0,38162487					5873,78967
12		0,24451784					3763,50303
13		0,20644648					3177,52673
14		0,18192865					2800,15975
15		0,16192865					2492,3292
16		0,13741081					2114,96221
17		0,11741081					1807,13166

Tableau C.30 Apports du au rayonnement solaire, mur Est pour le moins Juillet.

Pour le moins d'Aout :

Heure	FS	N_{pvi}	SV	SV_{ens}	I_t	I_d	Aout (W) AVE
8	1	0,71776758	29,6	29,6	518,174	514,945	11009,0871
9		0,70228542					10771,6224
10		0,57421406					8807,26969
11		0,38162487					5853,34524
12		0,24451784					3750,4037
13		0,20644648					3166,46697
14		0,18192865					2790,41345
15		0,16192865					2483,65435
16		0,13741081					2107,60083
17		0,11741081					1800,84172

Tableau C.31 Apports du au rayonnement solaire, mur Est pour le moins d'Aout.

Annexes

Pour le moins de Septembre :

							Septembre
Heure	FS	N_{pvi}	SV	SV_{ens}	I_t	I_d	AVE (W)
8	1	0,71776758	29,6	29,6	483,673	473,628	10276,0957
9		0,70228542					10054,4416
10		0,57421406					8220,87657
11		0,38162487					5463,62612
12		0,24451784					3500,69965
13		0,20644648					2955,64177
14		0,18192865					2604,62611
15		0,16192865					2318,2912
16		0,13741081					1967,27555
17	0,11741081	1680,94064					

Tableau C.32 Apports du au rayonnement solaire, mur Est pour le moins de Septembre.

Mur 4 « Nord -Est » :

Pour le mois de Juillet :

							Juillet
Heure	FS	N_{pvi}	SV	SV_{ens}	I_t	I_d	AVE (W)
8	1	0,64228542	7,8	7,8	407,752	403,084	2042,76734
9		0,51421406					1635,44067
10		0,32710703					1040,353
11		0,24					763,311993
12		0,19548216					621,724492
13		0,18096432					575,550991
14		0,16096432					511,941658
15		0,14644648					465,768157
16		0,13644648					433,963491
17	0,12096432	384,722993					

Tableau C.33 Apports du au rayonnement solaire, mur Nord-est pour le mois de Juillet.

Pour le moins de d'Aout :

							Aout (W)
Heure	FS	N_{pvi}	SV	SV_{ens}	I_t	I_d	AVE
8	1	0,64228542	7,8	7,8	330,294	323,478	1654,71889
9		0,51421406					1324,76886
10		0,32710703					842,72532
11		0,24					618,311614
12		0,19548216					503,620378
13		0,18096432					466,218094
14		0,16096432					414,692126
15		0,14644648					377,289842
16		0,13644648					351,526858
17	0,12096432	311,640191					

Tableau C.34 Apports du au rayonnement solaire, Nord-est pour le mois d'Aout.

Annexes

Pour le moins de Septembre :

							Septembre
Heure	FS	N_{pvi}	SV	SV_{ens}	I_t	I_d	AVE (W)
8	1	0,64228542	7,8	7,8	220,646	184,412	1105,40093
9		0,51421406					884,984597
10		0,32710703					562,96532
11		0,24					413,050359
12		0,19548216					336,433237
13		0,18096432					311,44741
14		0,16096432					277,026547
15		0,14644648					252,04072
16		0,13644648					234,830289
17		0,12096432					208,184821

Tableau C.35 Apports du au rayonnement solaire, Nord-est pour le mois de Septembre.

Mur 5 « Est » :

Pour le moins de Juillet :

							Juillet
Heure	FS	N_{pvi}	SV	SV_{ens}	I_t	I_d	AVE (W)
8	1	0,71776758	23,4	23,4	519,984	519,984	8733,52777
9		0,70228542					8545,14661
10		0,57421406					6986,82221
11		0,38162487					4643,46886
12		0,24451784					2975,20172
13		0,20644648					2511,9637
14		0,18192865					2213,6398
15		0,16192865					1970,28727
16		0,13741081					1671,96337
17		0,11741081					1428,61084

Tableau C.36 Apports du au rayonnement solaire, Est pour le moins de Juillet.

Pour le moins d'Aout :

							Aout
Heure	FS	N_{pvi}	SV	SV_{ens}	I_t	I_d	AVE (W)
8	1	0,71776758	23,4	23,4	518,174	514,945	8703,12968
9		0,70228542					8515,4042
10		0,57421406					6962,50374
11		0,38162487					4627,30671
12		0,24451784					2964,84617
13		0,20644648					2503,22051
14		0,18192865					2205,93496
15		0,16192865					1963,42945
16		0,13741081					1666,1439
17		0,11741081					1423,63839

Tableau C.37 Apports du au rayonnement solaire, Est pour le moins d'Aout.

Annexes

Pour le moins de Septembre :

Heure	FS	N_{pvi}	SV	SV_{ens}	I_t	I_d	Septembre AVE (W)
8	1	0,71776758	23,4	23,4	483,673	473,527	8123,67026
9		0,70228542					7948,44366
10		0,57421406					6498,93621
11		0,38162487					4319,21795
12		0,24451784					2767,445
13		0,20644648					2336,55464
14		0,18192865					2059,06253
15		0,16192865					1832,70318
16		0,13741081					1555,21108
17		0,11741081					1328,85172

Tableau C.38 Apports du au rayonnement solaire, Est pour le moins de Septembre.

Apport totaux du au rayonnement solaire :

Pour le moins de juillet :

Heure	AVE (O)	AVE (N)	AVE (E)	AVE (N-E)	AVE (E)	AVE_{Tot} (W)
8	1357,93159	1172,52046	11047,5394	2042,76734	8733,52777	24354,2866
9	1549,28572	1286,27791	10809,2453	1635,44067	8545,14661	23825,3962
10	1635,73642	1360,6739	8838,03152	1040,353	6986,82221	19861,6171
11	1635,73642	1410,80841	5873,78967	763,311993	4643,46886	14327,1153
12	1635,73642	1451,78139	3763,50303	621,724492	2975,20172	10447,9471
13	3530,82496	1485,2044	3177,52673	575,550991	2511,9637	11281,0708
14	7407,45274	1503,52743	2800,15975	511,941658	2213,6398	14436,7214
15	11284,0805	1536,95043	2492,3292	465,768157	1970,28727	17749,4156
16	13926,1328	1546,11194	2114,96221	433,963491	1671,96337	19693,1339
17	14481,7425	1571,98496	1807,13166	384,722993	1428,61084	19674,193

Tableau C.39 Apports totaux dus au rayonnement solaire pour le moins de Juillet.

Pour le moins d'Aout :

Heure	AVE (O)	AVE (N)	AVE (E)	AVE (N-E)	AVE (E)	AVE_{Tot} (W)
8	1353,20515	829,360402	11009,0871	1654,71889	8703,12968	23549,5012
9	1543,89324	909,824604	10771,6224	1324,76886	8515,4042	23065,5133
10	1630,04305	962,447215	8807,26969	842,72532	6962,50374	19204,989
11	1630,04305	997,908917	5853,34524	618,311614	4627,30671	13726,9155
12	1630,04305	1026,89039	3750,4037	503,620378	2964,84617	9875,80369
13	3518,5355	1050,53153	3166,46697	466,218094	2503,22051	10704,9726
14	7381,67021	1063,49198	2790,41345	414,692126	2205,93496	13856,2027
15	11244,8049	1087,13311	2483,65435	377,289842	1963,42945	17156,3117
16	13877,6613	1093,61334	2107,60083	351,526858	1666,1439	19096,5462
17	14431,3371	1111,91413	1800,84172	311,640191	1423,63839	19079,3715

Tableau C.40 Apports totaux dus au rayonnement solaire pour le moins d'Aout.

Annexes

Pour le moins de Septembre :

Heure	AVE (O)	AVE (N)	AVE (E)	AVE (N-E)	AVE (E)	AVE_{Tot} (W)
8	1263,10797	683,002684	10276,0957	1105,40093	8123,67026	21451,2776
9	1441,09994	749,267321	10054,4416	884,984597	7948,44366	21078,2371
10	1521,51384	792,603589	8220,87657	562,96532	6498,93621	17596,8955
11	1521,51384	821,807343	5463,62612	413,050359	4319,21795	12539,2156
12	1521,51384	845,674442	3500,69965	336,433237	2767,445	8971,76617
13	3284,26937	865,143611	2955,64177	311,44741	2336,55464	9753,05679
14	6890,19433	875,816924	2604,62611	277,026547	2059,06253	12706,7264
15	10496,1193	895,286094	2318,2912	252,04072	1832,70318	15794,4405
16	12953,6785	900,622751	1967,27555	234,830289	1555,21108	17611,6182
17	13470,4903	915,693992	1680,94064	208,184821	1328,85172	17604,1615

Tableau C.41 Apports totaux dus au rayonnement solaire pour le moins de Septembre.

Apport totaux à travers les parois vitrées :

Pour le moins de Juillet :

Heure	AVE (W)	AVT (W)	AV (W)
8	24354,2866	3341,66026	27695,9468
9	23825,3962	3781,62806	27607,0243
10	19861,6171	4253,02214	24114,6392
11	14327,1153	4661,56368	18988,679
12	10447,9471	5101,53149	15549,4785
13	11281,0708	5550,92718	16831,998
14	14436,7214	5761,4832	20198,2046
15	17749,4156	5761,4832	23510,8988
16	19693,1339	5761,4832	25454,6171
17	19674,193	5613,77972	25287,9727

Tableau C.42 Apports totaux à travers les parois vitrées pour le moins de Juillet.

Pour le moins d'Aout :

Heure	AVE (W)	AVT (W)	AV (W)
8	23549,5012	1387,99368	24937,4949
9	23065,5133	1754,63352	24820,1468
10	19204,989	2147,46192	21352,4509
11	13726,9155	2487,9132	16214,8287
12	9875,80369	2854,55304	12730,3567
13	10704,9726	3229,04945	13934,022
14	13856,2027	3404,5128	17260,7155
15	17156,3117	3404,5128	20560,8245
16	19096,5462	3404,5128	22501,059
17	19079,3715	3281,42657	22360,7981

Tableau C.43 Apports totaux à travers les parois vitrées pour le moins d'Aout.

Annexes

Pour le moins de Septembre :

Heure	AVE (W)	AVT (W)	AV (W)
8	21451,2776	803,988792	22255,2663
9	21078,2371	1133,96465	22212,2017
10	17596,8955	1487,51021	19084,4057
11	12539,2156	1793,91636	14333,132
12	8971,76617	2123,89222	11095,6584
13	9753,05679	2460,93898	12213,9958
14	12706,7264	2618,856	15325,5824
15	15794,4405	2618,856	18413,2965
16	17611,6182	2618,856	20230,4742
17	17604,1615	2508,07839	20112,2398

Tableau C.44 Apport totaux à travers les parois vitrées pour le mois de Septembre.

Apport du a l'introduction d'air :

Pour le moins de juillet :

heure	coef	Qv_{an}	Qv_{inf}	$TS_{b,e}$	$TS_{b,i}$	$A_{(ren)s}$ (W)	$A_{(inf)s}$ (W)
8	0,32	900	523,74	36,76	24	3674,88	2138,53517
9	0,32			38,44		4158,72	2420,09779
10	0,32			40,24		4677,12	2721,77203
11	0,32			41,8		5126,4	2983,22304
12	0,32			43,48		5610,24	3264,78566
13	0,32			45,196		6104,448	3552,38177
14	0,32			46		6336	3687,1296
15	0,32			46		6336	3687,1296
16	0,32			46		6336	3687,1296
17	0,32			45,436		6173,568	3592,605

Tableau C.45 Apport du a l'introduction d'air sensible pour le mois de Juillet.

Pour le moins d'Aout :

heure	coef	Qv_{an}	Qv_{inf}	$TS_{b,e}$	$TS_{b,i}$	$A_{(ren)s}$ (W)	$A_{(inf)s}$ (W)
8	0,32	900	523,74	29,3	24	1526,4	888,26304
9	0,32			30,7		1929,6	1122,89856
10	0,32			32,2		2361,6	1374,29376
11	0,32			33,5		2736	1592,1696
12	0,32			34,9		3139,2	1826,80512
13	0,32			36,33		3551,04	2066,46854
14	0,32			37		3744	2178,7584
15	0,32			37		3744	2178,7584
16	0,32			37		3744	2178,7584
17	0,32			36,53		3608,64	2099,9879

Tableau C.46 Apport du a l'introduction d'air sensible pour le moins d'Aout.

Annexes

Pour le moins de Septembre :

heure	coef	Qv_{an}	Qv_{inf}	$Ts_{b,e}$	$Ts_{b,i}$	$A_{(ren)s}$ (W)	$A_{(inf)s}$ (W)
8	0,32	900	523,74	27,07	24	884,16	514,522176
9	0,32			28,33		1247,04	725,694144
10	0,32			29,68		1635,84	951,949824
11	0,32			30,85		1972,8	1148,03808
12	0,32			32,11		2335,68	1359,21005
13	0,32			33,397		2706,336	1574,90713
14	0,32			34		2880	1675,968
15	0,32			34		2880	1675,968
16	0,32			34		2880	1675,968
17	0,32			33,577		2758,176	1605,07455

Tableau C.47 Apport du a l'introduction d'air sensible pour le moins de Septembre.

Apport latent du à l'introduction d'air

Pour le moins de Juillet :

coef	Qv_{an}	Qv_{inf}	Hb_e	Hb_i	$A_{(ren)l}$ (W)	$A_{(inf)l}$ (W)
0,797	900	523,74	47,2960797	9,3713969	27271,63939	15870,276

Tableau C.48 Apport du à l'introduction d'air latent pour le mois de Juillet.

Pour le moins d'Aout :

coef	Qv_{an}	Qv_{inf}	Hb_e	Hb_i	$A_{(ren)l}$ (W)	$A_{(inf)l}$ (W)
0,797	900	523,74	30,231157	9,371396	15000,2539	8729,1477
			7	9	6	9

Tableau C.49 Apport du à l'introduction d'air latent pour le mois d'Aout.

Pour le moins de Septembre :

coef	Qv_{an}	Qv_{inf}	Hb_e	Hb_i	$A_{(ren)l}$ (W)	$A_{(inf)l}$ (W)
0,797	900	523,74	26,132944	9,371396	12053,2290	7014,1757
			7	9	2	4

Tableau C.50 Apport du à l'introduction d'air latent pour le mois de Septembre.

Apport de chaleur interne :

Apport du aux occupant :

C_{soc}	C_{loc}	n	Ais_{occ} (W)	Ail_{occ} (W)
86	143	36	3096	5148

Tableau C.51 Apports sensibles et latents dus aux occupants.

heure	Cs	N_{al}	Ais_{occ} (W)	Ail_{occ} (W)	Ais_{occ} (W)	Ail_{occ} (W)
24/24	0,9	1	3096	5148	2786,4	4633,2

Tableau C.52 Apport de chaleur interne sensible et latent dus aux occupant.

Annexes

Apport du aux éclairages :

W_n	C_{me}	N de lampe	C_{mr}	$Ais_{écl}$ (W)
150	1,2	28	1	5040

Tableau C.53 Apport sensible dus à l'éclairage.

heure	Cs	N_{al}	$Ais_{écl}$ (W)	$Ais_{écl}$ (W)
24/24	0,85	1	5040	4284

Tableau C.54 Apport de chaleur interne sensible dus à l'éclairage.

Apport du au machine entrainées par les moteurs électrique :

Type de moteur	Nombre de moteur	$W_{eff}(w)$	$W_a(w)$	$\eta(\%)$	Ais_{mot} (W)
15 kw	4	15000	13815	92,10	5146,5798
55 kw	4	55000	60165,248	91	20660,992
18,5 kw	5	18500	20247,92	91	8739,6
30 kw	9	30000	32791,112	91	26703,2967
20 kw	12	20000	182000	91	23736,2337
Total					84986,7332

Tableau C.55 Apport sensible dus aux machines entrainées par les moteurs électriques.

heure	Cs	N_{al}	Ais_{mot} (W)	Ais_{mot} (W)
8	0,85	1	84986,7322	72238,72237

Tableau C.56 Apport de chaleur interne dus aux machines entrainées

Par les moteurs électriques.

Apport du a un réservoir :

θ_f	$TS_{b,i}$	S_i	e	λ	r_e	$Ais_{rés}$ (W)	n	$Ais_{rés}$ (W)
50	24	23,56	0,0025	16,3	0,15	4079,562	10	40795,62

Tableau C.57 Apport de chaleur interne du a un réservoir.

Apport du aux tuyauteries :

K	L	Ais_{tuy} (W)
110,4	230	25392

Tableau C.58 Apport de chaleur interne du a la tuyauterie.

heure	Ais_{occ} (W)	$Ais_{écl}$ (W)	Ais_{mot} (W)	$Ais_{rés}$ (W)	Ais_{tuy} (W)	Ai_s (W)
24/24	2786,4	4284	72238,7224	40795,62	25392	145496,7424

Tableau C.59 Apport de chaleur interne sensible totaux.

Ail_{occ} (W)	Ai_l (W)
4633,2	4633,2

Tableau C.60 Apport de chaleur interne latent totaux.

Annexes

Apport sensible :

Pour le moins de Juillet

Heure	APO	AV	$A_{(inf)s}$	Ais	As
8	18022,7125	27695,9468	2138,53517	145496,742	193353,936
9	20459,2784	27607,0243	2420,09779	145496,742	195983,142
10	22122,7567	24114,6392	2721,77203	145496,742	194455,91
11	22876,6932	18988,679	2983,22304	145496,742	190345,337
12	23400,8221	15549,4785	3264,78566	145496,742	187711,828
13	23420,9614	16831,998	3552,38177	145496,742	189302,083
14	23942,0883	20198,2046	3687,1296	145496,742	193324,165
15	24997,3229	23510,8988	3687,1296	145496,742	197692,093
16	25955,7428	25454,6171	3687,1296	145496,742	200594,232
17	26944,7992	25287,9727	3592,605	145496,742	201322,119

Tableau C.61 Apport sensible pour le moins de Juillet.

Pour le moins d'Aout

Heure	APO	AV	$A_{(inf)s}$	Ais	As
8	18029,1701	24937,4949	888,26304	145496,742	189351,67
9	20478,754	24820,1468	1122,89856	145496,742	191918,541
10	22150,5481	21352,4509	1374,29376	145496,742	190374,035
11	22913,0895	16214,8287	1592,1696	145496,742	186216,83
12	23441,609	12730,3567	1826,80512	145496,742	183495,513
13	23456,7261	13934,022	2066,46854	145496,742	184953,959
14	23973,099	17260,7155	2178,7584	145496,742	188909,315
15	25027,9204	20560,8245	2178,7584	145496,742	193264,245
16	25984,9318	22501,059	2178,7584	145496,742	196161,491
17	26973,0045	22360,7981	2099,9879	145496,742	196930,533

Tableau C.62 Apport sensible pour le moins d'Aout.

Pour le moins de Septembre

Heure	APO	AV	$A_{(inf)s}$	Ais	As
8	18052,0814	22255,2663	514,522176	145496,742	186318,612
9	20549,5416	22212,2017	725,694144	145496,742	188984,179
10	22290,2418	19084,4057	951,949824	145496,742	187823,339
11	23056,389	14333,132	1148,03808	145496,742	184034,301
12	23585,0709	11095,6584	1359,21005	145496,742	181536,681
13	23555,6184	12213,9958	1574,90713	145496,742	182841,263
14	24034,4519	15325,5824	1675,968	145496,742	186532,744
15	25084,237	18413,2965	1675,968	145496,742	190670,244
16	26034,791	20230,4742	1675,968	145496,742	193437,975
17	27025,8291	20112,2398	1605,07455	145496,742	194239,885

Tableau C.63 Apport sensible pour le moins de Septembre.

Annexes

Apport latent :

	Juillet			Aout			Septembre		
Heure	$A_{(inf)l}$	Ail	Al (W)	$A_{(inf)l}$	Ail	Al (W)	$A_{(inf)l}$	Ail	Al (W)
24/24	15870,276	4633,2	20503,476	8729,147	4633,2	13362,347	7014,175	4633,2	11647,375

Tableau C.64 Apport latent.

Apport totaux sensible :

Pour le mois de Juillet :

heure	$C\Delta_{as}$	As	$A_{(ren)s}$	AT_s (W)
8	1,05	193353,936	3674,88	206696,513
9	1,05	195983,142	4158,72	209941,02
10	1,05	194455,91	4677,12	208855,825
11	1,05	190345,337	5126,4	204989,004
12	1,05	187711,828	5610,24	202707,66
13	1,05	189302,083	6104,448	204871,635
14	1,05	193324,165	6336	209326,373
15	1,05	197692,093	6336	213912,698
16	1,05	200594,232	6336	216959,943
17	1,05	201322,119	6173,568	217561,793

Tableau C.65 Apport totaux sensible pour le mois de Juillet.

Pour le mois de Aout :

heure	$C\Delta_{as}$	As	$A_{(ren)s}$	AT_s (W)
8	1,05	189351,67	1526,4	200345,654
9	1,05	191918,541	1929,6	203444,068
10	1,05	190374,035	2361,6	202254,336
11	1,05	186216,83	2736	198263,671
12	1,05	183495,513	3139,2	195809,488
13	1,05	184953,959	3551,04	197752,697
14	1,05	188909,315	3744	202098,781
15	1,05	193264,245	3744	206671,458
16	1,05	196161,491	3744	209713,566
17	1,05	196930,533	3608,64	210385,699

Tableau C.66 Apport totaux sensible pour le mois d'Aout.

Pour le moins de Septembre :

heure	$C\Delta_{as}$	As	$A_{(ren)s}$	AT_s (W)
8	1,05	186318,612	884,16	196518,702
9	1,05	188984,179	1247,04	199680,428
10	1,05	187823,339	1635,84	198850,346
11	1,05	184034,301	1972,8	195208,816
12	1,05	181536,681	2335,68	192949,195
13	1,05	182841,263	2706,336	194689,662
14	1,05	186532,744	2880	198739,382
15	1,05	190670,244	2880	203083,756
16	1,05	193437,975	2880	205989,874
17	1,05	194239,885	2758,176	206710,056

Tableau C.67 Apport totaux sensibles pour le mois de Septembre.

Apports totaux latent :

Pour le moins de Juillet :

Heure	$C\Delta_{al}$	Al	$A_{(ren)l}$	AT_l (W)
24/24	1	20503,476	27271,6394	47775,1154

Tableau C.68 Apports totaux latents pour le moins de Juillet.

Pour le moins de d'Aout :

Heure	$C\Delta_{al}$	Al	$A_{(ren)l}$	AT_l (W)
24/24	1	13362,3478	15000,254	28362,6017

Tableau C.69 Apports totaux latents pour le moins d'Aout.

Pour le moins de Septembre :

Heure	$C\Delta_{al}$	Al	$A_{(ren)l}$	AT_l (W)
24/24	1	11647,3757	12053,229	23700,6048

Tableau C.70 Apports totaux latents pour le moins de Septembre.

Apport totaux

Pour le moins de Juillet :

Heure	AT_s	AT_l	AT (W)
8	206696,513	47775,1154	254471,629
9	209941,02		257716,135
10	208855,825		256630,941
11	204989,004		252764,12
12	202707,66		250482,775
13	204871,635		252646,751
14	209326,373		257101,488
15	213912,698		261687,813
16	216959,943		264735,058
17	217561,793		265336,908

Tableau C.71 Apports totaux pour le mois de Juillet.

Pour le moins de d'Aout :

Heure	AT_s	AT_l	AT (W)
8	200345,654	28362,6017	228708,255
9	203444,068		231806,67
10	202254,336		230616,938
11	198263,671		226626,273
12	195809,488		224172,09
13	197752,697		226115,298
14	202098,781		230461,382
15	206671,458		235034,059
16	209713,566		238076,168
17	210385,699		238748,301

Tableau C.72 Apports totaux pour le moins d'Aout.

Pour le moins de Septembre :

Heure	AT_s	AT_l	AT (W)
8	196518,702	23700,6048	220219,307
9	199680,428		223381,033
10	198850,346		222550,951
11	195208,816		218909,421
12	192949,195		216649,8
13	194689,662		218390,267
14	198739,382		222439,986
15	203083,756		226784,36
16	205989,874		229690,479
17	206710,056		230410,66

Tableau C.73 Apports totaux pour le moins de Septembre.

Annexes

Apports effectifs :

Apports effectifs sensibles :

Pour le moins de juillet

heure	$C\Delta_{as}$	BF	As	$A_{(ren)s}$	AE_s (W)
8	1,05	0,2	193353,936	3674,88	203756,609
9	1,05	0,2	195983,142	4158,72	206614,044
10	1,05	0,2	194455,91	4677,12	205114,129
11	1,05	0,2	190345,337	5126,4	200887,884
12	1,05	0,2	187711,828	5610,24	198219,468
13	1,05	0,2	189302,083	6104,448	199988,077
14	1,05	0,2	193324,165	6336	204257,573
15	1,05	0,2	197692,093	6336	208843,898
16	1,05	0,2	200594,232	6336	211891,143
17	1,05	0,2	201322,119	6173,568	212622,938

Tableau C.74 Apports effectifs sensibles pour le moins de Juillet.

Pour le moins d'Aout

heure	$C\Delta_{as}$	BF	As	$A_{(ren)s}$	AE_s (W)
8	1,05	0,2	189351,67	1526,4	199124,534
9	1,05	0,2	191918,541	1929,6	201900,388
10	1,05	0,2	190374,035	2361,6	200365,056
11	1,05	0,2	186216,83	2736	196074,871
12	1,05	0,2	183495,513	3139,2	193298,128
13	1,05	0,2	184953,959	3551,04	194911,865
14	1,05	0,2	188909,315	3744	199103,581
15	1,05	0,2	193264,245	3744	203676,258
16	1,05	0,2	196161,491	3744	206718,366
17	1,05	0,2	196930,533	3608,64	207498,787

Tableau C.75 Apports effectifs sensibles pour le moins d'Aout.

Pour le moins de Septembre :

heure	$C\Delta_{as}$	BF	As	$A_{(ren)s}$	AE_s (W)
8	1,05	0,2	186318,612	884,16	195811,374
9	1,05	0,2	188984,179	1247,04	198682,796
10	1,05	0,2	187823,339	1635,84	197541,674
11	1,05	0,2	184034,301	1972,8	193630,576
12	1,05	0,2	181536,681	2335,68	191080,651
13	1,05	0,2	182841,263	2706,336	192524,594
14	1,05	0,2	186532,744	2880	196435,382
15	1,05	0,2	190670,244	2880	200779,756
16	1,05	0,2	193437,975	2880	203685,874
17	1,05	0,2	194239,885	2758,176	204503,515

Tableau C.76 Apport effectifs sensibles pour le moins de Septembre.

Apports effectifs latents :

Pour le moins de juillet :

Heure	$C\Delta_{al}$	BF	Al	$A_{(ren)s}$	AE_l (W)
24/24	1	0,2	20503,476	27271,6394	25957,8039

Tableau C.77 Apports effectifs latents pour le mois de Juillet.

Pour le mois d'Aout :

Heure	$C\Delta_{al}$	BF	Al	$A_{(ren)s}$	AE_l (W)
24/24	1	0,2	13362,3478	15000,254	16362,3986

Tableau C.78 Apports effectifs latents pour le mois d'Aout.

Pour le mois de Septembre :

Heure	$C\Delta_{al}$	BF	Al	$A_{(ren)s}$	AE_l (W)
24/24	1	0,2	11647,3757	12053,229	14058,0215

Tableau C.79 Apports effectifs latents pour le mois de Septembre.

Apports effectifs totaux :

Pour le moins de juillet :

heure	AE_s	AE_l	AE (W)
8	203756,609	25957,8039	229714,413
9	206614,044	25957,8039	232571,848
10	205114,129	25957,8039	231071,933
11	200887,884	25957,8039	226845,688
12	198219,468	25957,8039	224177,272
13	199988,077	25957,8039	225945,881
14	204257,573	25957,8039	230215,377
15	208843,898	25957,8039	234801,702
16	211891,143	25957,8039	237848,947
17	212622,938	25957,8039	238580,742

Tableau C.80 Apports effectifs totaux pour le mois de Juillet.

Pour le moins d'Aout :

heure	AE_s	AE_t	AE (w)
8	199124,534	16362,3986	215486,932
9	201900,388	16362,3986	218262,787
10	200365,056	16362,3986	216727,455
11	196074,871	16362,3986	212437,27
12	193298,128	16362,3986	209660,527
13	194911,865	16362,3986	211274,263
14	199103,581	16362,3986	215465,979
15	203676,258	16362,3986	220038,656
16	206718,366	16362,3986	223080,764
17	207498,787	16362,3986	223861,186

Tableau C.81 Apports effectifs totaux pour le mois d'Aout.

Pour le mois de Septembre :

heure	AE_s	AE_t	AE
8	195811,374	14058,0215	209869,396
9	198682,796	14058,0215	212740,818
10	197541,674	14058,0215	211599,696
11	193630,576	14058,0215	207688,598
12	191080,651	14058,0215	205138,673
13	192524,594	14058,0215	206582,615
14	196435,382	14058,0215	210493,403
15	200779,756	14058,0215	214837,777
16	203685,874	14058,0215	217743,896
17	204503,515	14058,0215	218561,536

Tableau C.82 Apports effectifs totaux pour le mois de Septembre.

Étude et vérification des paramètres de fonctionnement d'une centrale de traitement d'air de l'unité de margarine -CEVITAL- Bejaia

Résumé

Ce mémoire examine deux centrales de traitement d'air (CTA) utilisées pour alimenter le local de production de margarine chez Cévital. Le premier chapitre traite du confort thermique, de l'air humide et du rôle des CTA. Le deuxième chapitre se concentre sur la réglementation thermique, en exposant les normes et lois nécessaires pour effectuer un bilan thermique complet. Ce bilan permet de déterminer la puissance frigorifique requise pour le local et d'identifier les besoins spécifiques avant de vérifier et redimensionner les CTA. L'étude vise à améliorer le fonctionnement des CTA et à garantir un confort thermique optimal dans le local.

Mots clés : Air humide, Apports de chaleur CTA, DTR, pertes de charge, climatisation, confort thermique.

Abstract

This thesis examines two air handling units (AHU) used to supply the margarine production facility at Cévital. The first chapter addresses thermal comfort, humid air, and the role of AHUs. The second chapter focuses on thermal regulations, outlining the necessary standards and laws for conducting a comprehensive thermal assessment. This assessment determines the required cooling capacity for the facility and identifies specific needs before verifying and resizing the AHUs. The study aims to improve the functioning of the AHUs and ensure optimal thermal comfort in the facility..

Keywords : Humid air, Heat gains in AHUT, hermal Regulation Directive (DTR), Pressure drops, Air conditioning, Thermal comfort.

المخلص

يتناول هذا البحث اثنتين من وحدات معالجة الهواء (CTA) المستخدمة لتزويد غرفة إنتاج المارجرين في شركة سيفيتال. يتناول الفصل الأول الراحة الحرارية، والهواء الرطب، ودور وحدات معالجة الهواء. يركز الفصل الثاني على اللوائح الحرارية، موضحاً المعايير والقوانين اللازمة لإجراء توازن حراري شامل. يتيح هذا التوازن تحديد القدرة التبريدية المطلوبة للغرفة وتحديد الاحتياجات الخاصة قبل التحقق من وحدات معالجة الهواء وإعادة تصميمها. يهدف هذا البحث إلى تحسين أداء وحدات معالجة الهواء وضمان راحة حرارية مثالية في الغرفة.

كلمات مفتاحية: الهواء الرطب، مكاسب الحرارة في وحدة معالجة الهواء (AHU)، توجيه التنظيم الحراري (DTR)، انخفاضات الضغط، تكيف الهواء، الراحة الحرارية.