

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 :

Zouhir HOCINI

Abderrezak LETTIFI

Thème

Dimensionnement d'une centrale de traitement d'air destinée au confort des occupants

— Promotion immobilière Profain Immo —

Soutenu le 13/06/2023 devant le jury composé de :

Mr. Abdelhakim BENSLIMANE Président

Mr. Adel SAHI Rapporteur

Mr. Nadjib HAMICI Examineur

Année Universitaire 2022-2023

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 : HOCINI
Prénom : Zouhir
Matricule : 171733015142
Spécialité et/ou Option : Energétique
Département : Génie Mécanique
Faculté : Technologie
Année universitaire : 2022 / 2023

et chargé de préparer un mémoire de : Master

Intitulé: Dimensionnement d'une centrale de traitement d'air destinée au confort des occupants — Promotion immobilière PROFAIN-IMMO.

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 Béjaia, le

08/06/2023

Signature de l'intéressé

(*) *Lu et approuvé*

.....



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 : LETTIFI
Prénom : Abderrezak
Matricule : 161633016957
Spécialité et/ou Option : Energétique
Département : Génie Mécanique
Faculté : Technologie
Année universitaire : 2022/2023

et chargé de préparer un mémoire de : Master

Intitulé: Dimensionnement d'une centrale de traitement d'air destinée au confort des occupants — Promotion immobilière PROFAIN-IMMO.

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 Béjaïa, le

08/06/2023

Signature de l'intéressé

(*) *Lu et approuvé*

.....

Sommaire

Sommaire	i
Liste des figures	v
Liste des tableaux	vii
NOMENCLATURE	viii
Introduction générale.....	1
Chapitre I : Confort et conditionnement d'air	
I.1 Introduction	3
I.2 Confort.....	3
I.2.1 Confort thermique (température).....	3
I.2.2 Confort et hygrométrie (humidité)	4
a. Impact sur l'individu	4
b. Effet dans le bâtiment.....	4
I.2.3 Confort hygrothermique (température et humidité)	4
I.2.4 Confort et métabolisme	5
I.2.5 Confort et vitesse de l'air	5
I.3 Climatisation	6
I.3.1 Définition, principe et fonctionnement	6
I.3.2 Différents systèmes de climatisation	6
a. Systèmes à détente directe.....	6
b. Système de pompe à chaleur sur boucle d'eau.....	8
c. Système tout air	8
d. Système tout eau.....	9
I.4 Bouches de soufflage et de reprise	9
I.5 Conclusion.....	9
Chapitre II : Méthodologie de calculs	
II.1 Introduction	10
II.2 Processus de calculs	10
II.2.1 Apports sensibles et latents	11

II.2.2	DTR.....	11
a.	Présentation	11
b.	Son utilité	11
c.	Exploitation du DTR dans l'étude de ce mémoire	12
II.3	Calculs des apports calorifiques sensibles et latents	14
II.3.1	Calcul des apports	14
II.4	Conditions de base	15
II.4.1	Conditions de base extérieures	15
a.	Caractéristiques de l'air extérieur.....	15
b.	Rayonnement de base	15
c.	Rayonnement réel.....	15
II.4.2	Apports à travers les parois opaques	15
a.	Parois aériennes	15
b.	Coefficient K	15
c.	Différence de température équivalente.....	16
d.	Parois intérieures	16
II.4.3	Apports à travers les parois vitrées.....	16
II.4.4	Apports calorifiques internes.....	16
a.	Apports dus aux occupants	17
b.	Apports dus aux machines électriques	17
c.	Apports dus à l'éclairage	17
II.4.5	Apports de chaleur par introduction d'air extérieur	17
a.	Apports calorifiques dus aux infiltrations	17
b.	Débit dû aux infiltrations.....	17
c.	Apports calorifiques dus au renouvellement d'air	18
d.	Débit d'air neuf	18
e.	Cas des logements	18
II.5	Débit de soufflage nécessaire	18
II.6	Air humide	18
II.6.1	Caractéristiques de l'air humide.....	19
a.	Diagramme de l'air humide (Carrier) et formules psychrométriques	19
b.	Température sèche θ_s (axe horizontal noir)	21
c.	Pression de saturation P_s	21
d.	Axe d'humidité absolue ou teneur en humidité r_s (axe vertical noir)	21

e.	Courbe d'humidité relative ou hygrométrie ψ (courbe fine noire).....	21
f.	Limite de saturation de l'air $\psi = 100\%$ (courbe noire en gras).....	21
g.	Axe d'enthalpie H_s (axe oblique bleu)	21
h.	Volume spécifique de l'air V_s (ligne oblique pointillée)	21
i.	Température de rosée – température humide	22
II.7	Opérations de traitement d'air humide	22
II.7.1	Mélange adiabatique de deux airs humides.....	22
II.7.2	Échauffement à humidité spécifique constante	23
II.7.3	Refroidissement à humidité spécifique constante	23
II.7.4	Refroidissement avec diminution d'humidité spécifique.....	23
II.7.5	Humidification.....	23
a.	Par injection de vapeur d'eau	23
b.	Par injection directe d'eau au contact de l'air	23
II.8	Puissance frigorifique.....	24
II.9	Conclusion.....	24

Chapitre III : Bilan frigorifique

III.1	Introduction	25
III.2	Projet de l'étude.....	25
III.2.1	Présentation et localisation de l'immeuble étudié	25
III.2.2	Conditions climatiques	26
a.	Conditions de l'air extérieur.....	26
III.3	Apports calorifiques – Débits de soufflage – Puissances requises.....	27
III.3.1	Apports calorifiques	28
a.	Détermination des paramètres nécessaires pour quantifier les apports	28
b.	Résultats	31
III.3.2	Débits de soufflage.....	46
a.	Nombre de bouches de soufflage	47
III.3.3	Puissance frigorifique.....	48
a.	Appartement A	48
b.	Immeuble.....	51
III.4	Système de conditionnement d'air proposé.....	53
III.4.1	Description du système	53
III.4.2	Limites et considérations.....	55

III.5	Puissance consommée au niveau de la machine frigorifique	55
III.5.1	Démarche suivie	56
III.5.2	Choix du fluide frigorigène	56
III.5.3	Hypothèses	56
III.5.4	Calcul du débit du fluide frigorigène mis en jeu	57
III.5.5	Puissance réelle et coefficient de performance (COP_f)	57
III.5.6	Consommation réelle de la machine frigorifique installée.....	58
III.6	Conclusion.....	58
	Conclusion générale	60

Références bibliographiques

ANNEXES

Annexe A : Bilan frigorifique appartement (A).....	a
Annexe B : Bilans frigorifiques appartements (B-C-F-G).....	u
Annexe C : Bilans frigorifiques appartements (D-E-H)	bb
Annexe D : Bilan frigorifique (restaurant).....	oo
Annexe E : Cycles frigorifiques.....	qq
Annexe F : Plans d'architecture	ss

Résumé/Abstract

Liste des figures

Figure I.1 : Paramètres influençant sur le confort des individus.....	3
Figure I.2 : Plage de confort hygrothermique représentée sur le diagramme de Carrier.	4
Figure I.3 : Impact de la vitesse de l'air sur le confort des occupants.	5
Figure I.4 : Climatiseurs gainable et de type cassette.	7
Figure I.5 : Système de climatisation VRV (ou DRV).	7
Figure I.6 : Centrale de traitement d'air chaud/froid à double flux.	8
Figure I.7 : Différentes formes de bouches de soufflage.....	9
Figure II.1 : étapes de détermination de la puissance frigorifique.	11
Figure II.2 : éléments essentiels de calcul d'apports sensibles et latents.	13
Figure II.3 : composants d'apports sensibles et latents aux calculs.	14
Figure II.4: Diagramme de l'air humide.	20
Figure II.5 : Opération de mélange adiabatique.	22
Figure III.1 : Conditions extérieures et intérieures.....	26
Figure III.2 : Courbe de la variation de température sèche extérieure.	27
Figure III.3 : Coefficients de transmission pour chaque paroi.	28
Figure III.4 : Différence de température à l'heure (t), pour l'orientation de la paroi considérée.	29
Figure III.5 : Plan de la chambre 1 – Appartement A.	31
Figure III.6 : Apports à travers les parois opaques (intérieures et extérieures).....	32
Figure III.7 : Apports à travers les parois vitrées (NE).	32
Figure III.8 : Apports internes sensibles.	33
Figure III.9 : Apports sensibles dus au renouvellement de l'air.	34
Figure III.10 : Apports sensibles dus aux infiltrations.	34
Figure III.11 : Apports sensibles.	35
Figure III.12 : Plan de la chambre 2 – Appartement A.	36
Figure III.13 : Apports à travers les parois opaques.....	37
Figure III.14 : Apports à travers les parois vitrées – Orientation (NE).	37
Figure III.15 : Apports internes sensibles.	38
Figure III.16 : Apports sensibles dus au renouvellement d'air.	39
Figure III.17 : Apports sensibles.	40
Figure III.18 : Plan de l'Open-Space – Appartement A.....	41
Figure III.19 : Apports à travers les parois opaques.....	42

Figure III.20 : Apports à travers toutes les parois vitrées.....	42
Figure III.21 : Apports internes sensibles.	43
Figure III.22 : Apports sensibles dus au renouvellement de l’air.	43
Figure III.23 : Apports latents dus aux infiltrations.	44
Figure III.24 : Apports sensibles.	44
Figure III.25 : Plan de l’appartement A illustrant les différents apports calorifiques.	45
Figure III.26 : Plan illustrant les bouches et débits de soufflage, ainsi que le réseau de gaines.	46
Figure III.27 : Caractéristiques des points de soufflage avec reprise d’air.	47
Figure III.28 : Puissance frigorifique cas tout air neuf.....	48
Figure III.29 : Puissance frigorifique cas d’une partie d’air recyclé.....	49
Figure III.30 : Évolution de l’air humide – Appartement A.	50
Figure III.31 : Puissance frigorifique cas tout air recyclé.	51
Figure III.32 : Puissance frigorifique pour chaque étage du 2 au 20 ^{ème}	52
Figure III.33 : Besoin en terme de puissance frigorifique pour tout le bâtiment.	52
Figure III.34 : Type de centrale de traitement d’air proposée.....	53
Figure III.35 : Plan d’étages 2-20 illustrant le réseau de gaines avec débits de soufflage, reprise, air neuf et débit rejeté.	54

Liste des tableaux

Tableau I.1 : Valeurs de métabolisme en fonction de l'activité physique	5
Tableau III.1 : Rayonnement total et diffus maximaux réels.	27
Tableau III.2 : Apports internes.	33
Tableau III.3 : Apports latents dus aux renouvellements et infiltrations d'air.	35
Tableau III.4 : Apports internes.	38
Tableau III.5 : Apports latents dus aux renouvellement et infiltrations d'air.	39
Tableau III.6 : Apports internes.	43
Tableau III.7 : Apports latents dus aux renouvellement et infiltrations d'air.	44

Nomenclature

Symboles	Définition	Unité (SI)
C_{ts}	Coefficient correcteur	%
$C\Delta\theta_e$	Facteur correcteur	$^{\circ}\text{C}$
C_{inc}	Coefficient correcteur	$^{\circ}\text{C}$
C_{cadre}	Coefficient tenant compte de la nature de cadre	-
C_{limp}	Coefficient tenant compte de la limpidité de l'atmosphère	-
C_{alt}	Coefficient tenant compte de l'altitude	-
C_{ros}	Coefficient tenant compte de point de rosée	-
CS_j	Coefficient de simultanéité relatif à l'apport interne j	-
$C_{s,oc}$	Chaleur sensible par occupant	W
$C_{l,oc}$	Chaleur latente par occupant	W
C_{me}	Coefficient de majoration	-
C_{cr}	Pourcentage de chaleur résiduelle correspondant à la partie d'énergie restante dans la salle	%
COP_f	Coefficient de performance	-
e	Epaisseur de matériau considéré	m
EAT	Ecart annuel de température	$^{\circ}\text{C}$
Eb	Ecart diurne de base	$^{\circ}\text{C}$
FS	Facteur solaire de vitrage	%
$\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e}$	Somme des résistances d'échange superficiel	$\text{m}^2 \text{ } ^{\circ}\text{C} / \text{W}$
h_e	Enthalpie à l'entrée	kJ / kg
h_s	Enthalpie à la sortie	kJ / kg
H^s	Enthalpie spécifique	$\text{kJ} / \text{kg}_{as}$
$I_{t,b}$	Rayonnement total de base	W / m^2
$I_{d,b}$	Rayonnement diffus de base	W / m^2
$I_{t,b(40)}$	Rayonnement total de base pour latitude 40°	W / m^2
I_t	Rayonnement total maximal réel	W / m^2

I_d	Rayonnement diffus maximal réel	W / m^2
K	Coefficient de transmission de la paroi considérée	$W / m^2 \text{ } ^\circ C$
k	Nombre de bouches de soufflages	-
M	Masse surfacique de matériau considéré	kg / m^2
N_{pvi}	Coefficient d'amortissement	%
$N_{ai,j}$	Coefficient d'amortissement relatif à l'apport interne j	-
n	Nombre d'occupants	-
P	Pression de l'air humide	Pa
p_s	Pression de saturation de vapeur d'eau	Pa
p_v	Pression partielle de vapeur d'eau	Pa
P_{BF}	Puissance de la batterie froide	W
P_K	Puissance réelle du compresseur	W
$P_{\text{élec}}$	Puissance électrique consommée par le compresseur	Wh
Q_{BF}	Chaleur absorbée au niveau de l'évaporateur	kJ / kg
qV_{inf}	Débit d'air dû aux infiltrations	m^3/h
$qvo_{inf,i}$	Débit d'infiltration par unité de surface de l'ouvrant i	m^3 / hm^2
$qve_{\text{réf}}$	Débit extrait de référence	m^3/h
qve_{max}	Débit extrait maximal de référence	m^3/h
qve_{min}	Débit extrait minimal de référence	m^3/h
$qm_{a,sf}$	Débit massique d'air soufflé	kg/s
$qm_{a,n}$	Débit massique d'air neuf	kg/s
$qm_{a,rej}$	Débit massique d'air rejeté	kg/s
$qm_{a,rec}$	Débit massique d'air recyclé	kg/s
qm	Débit massique	kg/s
qV	Débit volumique	m^3/h
ΣR	Somme des résistances thermiques	$m^2 \text{ } ^\circ C / W$
$r_{b,e}^s$	Humidité spécifique de base de l'air extérieur	$kg_{\text{eau}} / kg_{\text{as}}$
$r_{b,i}^s$	Humidité spécifique de base de l'air intérieur	$kg_{\text{eau}} / kg_{\text{as}}$

r^s	Humidité spécifique	$\text{kg}_{\text{eau}} / \text{kg}_{\text{as}}$
S_{ouv}	Surface de l'ouverture dans la paroi considérée	m^2
SV	Surface totale vitrée	m^2
SV_{ens}	Surface vitrée ensoleillée	m^2
T	Température sèche	K
V_h	Volume habitable	m^3
V^s	Volume spécifique	$\text{m}^3 / \text{kg}_{\text{as}}$
W_n	Puissance nominale de l'ampoule	W

Symboles	Définition	Unité (SI)
-----------------	-------------------	-------------------

grecs

Φ_{po}	Apports à travers les parois opaques	W
Φ_v	Apports à travers les parois vitrées extérieures	W
Φ_{vt}	Apports à travers les parois vitrées intérieures	W
Φ_{ve}	Apports dus au rayonnement solaire à travers les parois vitrées	W
Φ_i	Apports calorifiques internes	W
$\Phi_{\text{s,oc}}$	Apports internes sensibles dus aux occupants	W
$\Phi_{\text{l,oc}}$	Apports internes latents dus aux occupants	W
$\Phi_{\text{é}}$	Apports dus à l'éclairage	W
$\Phi_{\text{i,s}}$	Partie sensible des apports internes	W
$\Phi_{\text{i,l}}$	Partie latente des apports internes	W
Φ_l	Apports calorifiques latents	W
Φ_s	Apports calorifiques sensibles	W
$\Phi_{\text{inf,s}}$	Apports calorifiques sensibles dus aux infiltrations	W
$\Phi_{\text{inf,l}}$	Apports calorifiques latents dus aux infiltrations	W
$\Phi_{\text{ren,s}}$	Apports calorifiques sensibles dus au renouvellement de l'air	W
$\Phi_{\text{ren,l}}$	Apports calorifiques latents dus au renouvellement de l'air	W
λ	Conductivité thermique	$\text{W} / \text{m} \text{ } ^\circ\text{C}$

ψ	Humidité relative	%
α	Facteur d'absorption de la paroi	-
$\Delta\theta_e(t)$	Différence de température équivalente à l'heure (t)	° C
$\Delta\theta_{es}(t)$	Différence de température équivalente à l'heure (t) considérant que la paroi est à l'ombre	° C
$\Delta\theta_{em}(t)$	Différence de température à l'heure (t) pour l'orientation de la paroi considérée	° C
$\Delta\theta_{inc}(t)$	Ecart de température entre le local non conditionné et le local considéré	° C
θ_s	Température sèche	° C
θ_r	Température de rosé	° C
θ_h	Température humide	° C
$\theta_{b,e}$	Température sèche de base de l'air extérieur	° C
$\theta_{b,i}$	Température sèche de base de l'air intérieur	° C

Abréviations

CTA	Centrale de traitement d'air
DTR	Document Technique Règlementaire
RDC	Rez-de-chaussée
BTU	British Thermal Unit
DRV	Débit de réfrigérant variable

Introduction générale

Introduction générale

Le confort hygrothermique dans les bâtiments est un aspect essentiel de notre vie quotidienne. La capacité de maintenir des conditions intérieures agréables en termes de température, d'humidité et de qualité de l'air, est devenue une priorité pour garantir le bien-être des occupants et optimiser leur productivité. Dans les régions où les saisons estivales sont chaudes et étouffants, la climatisation joue un rôle crucial en permettant de créer des environnements intérieurs confortables, même lorsque les températures extérieures atteignent des niveaux extrêmes.

Le présent travail, se concentre sur une étude de besoins en puissance frigorifique d'un bâtiment, visant à conditionner l'espace pendant l'été. L'objectif principal de cette étude est de dimensionner et concevoir un système de climatisation adéquat, capable de répondre aux exigences de confort hygrothermique spécifiques de cet immeuble.

Le premier chapitre de ce mémoire expose les généralités du confort hygrothermique et de la climatisation. Il examine les principes fondamentaux du confort thermique, y compris les différentes variables telles que la température, l'humidité relative, la vitesse de l'air, le métabolisme et la qualité de l'air intérieur. De plus, il explore les différentes solutions de climatisation disponibles, en mettant l'accent sur leurs avantages, leurs inconvénients et leurs applications spécifiques.

Le deuxième chapitre présente la méthodologie suivie pour calculer les apports calorifiques en utilisant le DTR algérien, les caractéristiques de l'air humide, les débits de soufflage, les nombres de bouches de soufflage et de reprise, ainsi que les puissances frigorifiques nécessaires pour vaincre les apports. Il détaille les formules et les approches utilisées pour déterminer ces paramètres clés, en tenant compte des spécificités de l'immeuble étudié. Une analyse rigoureuse des données est réalisée afin de garantir des résultats précis et fiables pour la conception du système de climatisation, qui seront communiqués à la société propriétaire de la résidence étudiée.

Enfin, le troisième et dernier chapitre présente les résultats obtenus tels que les apports calorifiques, les caractéristiques de l'air humide, les débits de soufflage, les nombres de bouches de soufflage et de reprise, ainsi que les puissances frigorifiques requises pour chaque pièce déterminées. De plus, une évaluation de la puissance nécessaire du compresseur de la machine frigorifique, qui produit le froid dans le système de climatisation proposé (CTA) est réalisée, en tenant compte des différentes contraintes énergétiques.

Ce mémoire offre donc une contribution précieuse à la compréhension des besoins en puissance frigorifique pour la climatisation d'un immeuble spécifique pendant la saison estivale. Les résultats obtenus permettront de guider les professionnels du domaine dans la conception de systèmes de climatisation efficaces, fiables et adaptés aux exigences de confort hygrothermique des bâtiments, ainsi que dans la phase d'installation de ces systèmes. De plus, ces résultats pourraient servir de base pour des études ultérieures visant à améliorer les performances énergétiques des systèmes de climatisation.

Il convient de souligner que cette étude repose sur une approche méthodologique rigoureuse, en prenant en compte les caractéristiques spécifiques de notre immeuble, ainsi que les données climatiques pertinentes de la commune de Béjaïa. L'analyse des apports calorifiques, des caractéristiques de l'air humide, des débits de soufflage et de reprise et des puissances frigorifiques nécessaires réalisées avec une précision minutieuse, afin d'obtenir des résultats fiables et significatifs.

En outre, la consommation en énergie électrique du système de climatisation est un aspect crucial à prendre en considération. L'évaluation de la puissance nécessaire du compresseur de la machine frigorifique joue un rôle essentiel dans la conception d'un système économe en énergie.

Il est important de noter que cette étude s'inscrit dans un contexte plus large de préoccupation croissante envers l'efficacité énergétique des bâtiments. La conception de systèmes de climatisation performants revêt une importance capitale pour atteindre les objectifs de durabilité énergétique. Ce mémoire s'inscrit donc dans une perspective de contribution aux connaissances et à la pratique de la conception de systèmes de climatisation efficaces et fiables.

En conclusion, ce mémoire de fin d'études Master vise à fournir une étude de dimensionnement d'une centrale de traitement d'air pour conditionner notre bâtiment pendant la saison estivale. Les chapitres successifs abordent les généralités du confort hygrothermique et de la climatisation, la méthodologie utilisée pour les calculs des différents paramètres, les résultats obtenus, ainsi que les propositions et recommandations formulées. Les résultats de cette étude contribueront à la conception de systèmes de climatisation efficaces, optimisés sur le plan énergétique, et permettront de créer des environnements intérieurs confortables et durables pour les occupants.

Chapitre I

Confort et conditionnement d'air

Confort et conditionnement d'air

I.1 Introduction

Le confort et la climatisation sont essentiels dans la conception des espaces bâtis. Ils influencent le bien-être, la productivité et la santé. Ce chapitre qui présente les bases du confort et de la climatisation pour étudier les besoins de refroidissement d'un bâtiment étudié en été, nous aidera à comprendre le confort et la climatisation. Nous explorerons les facteurs tels que la température, l'humidité et la vitesse de l'air, afin de proposer des solutions adaptées et nous examinerons les objectifs et les technologies utilisées pour conditionner l'espace, comme les systèmes centraux et les climatiseurs individuels, qui nous permettront ainsi, de développer des recommandations pour optimiser le conditionnement de l'espace en été.

I.2 Confort

Il se réfère à la sensation de satisfaction corporelle par rapport à l'environnement thermique dans lequel on se trouve. Il est déterminé par divers paramètres, tel que la température, l'humidité, le métabolisme et la vitesse de l'air au sein de l'espace conditionné [2].

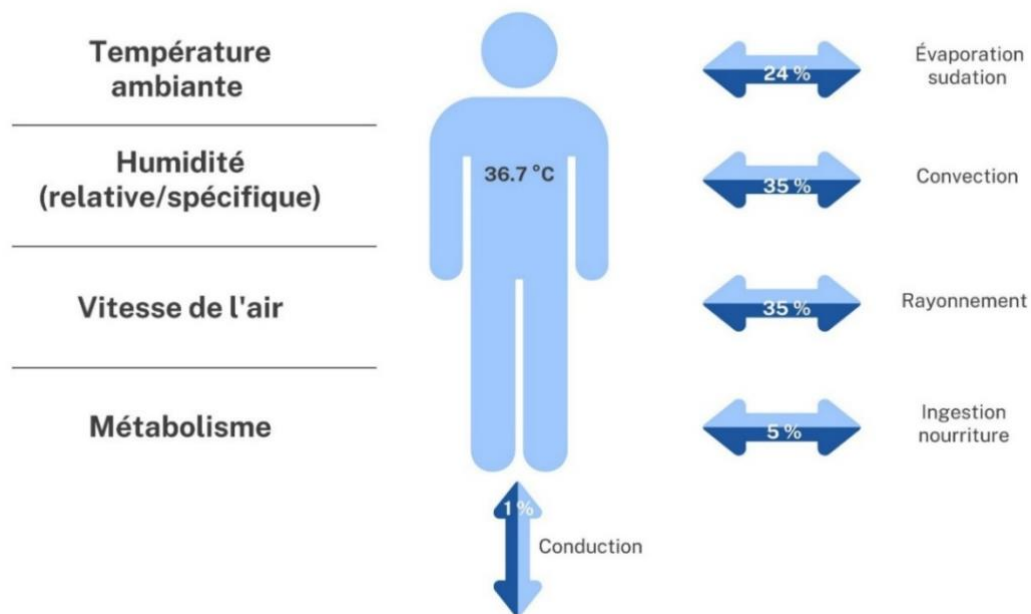


Figure I.1 : Paramètres influençant sur le confort des individus.

I.2.1 Confort thermique (température)

La température ambiante et le confort sont liés à l'équilibre entre l'individu et son environnement. Les humains maintiennent leur température corporelle autour de 36,7 °C, qui est plus élevée que la température ambiante. Trouver un équilibre est donc essentiel pour le bien-être. Cependant, il est impossible de définir une température universelle qui convienne à

tous, car les préférences varient. Les personnes au repos sont sensibles aux variations de température, tandis que celles qui sont actives et produisent plus de chaleur préfèrent des températures plus fraîches [2].

I.2.2 Confort et hygrométrie (humidité)

a. Impact sur l'individu

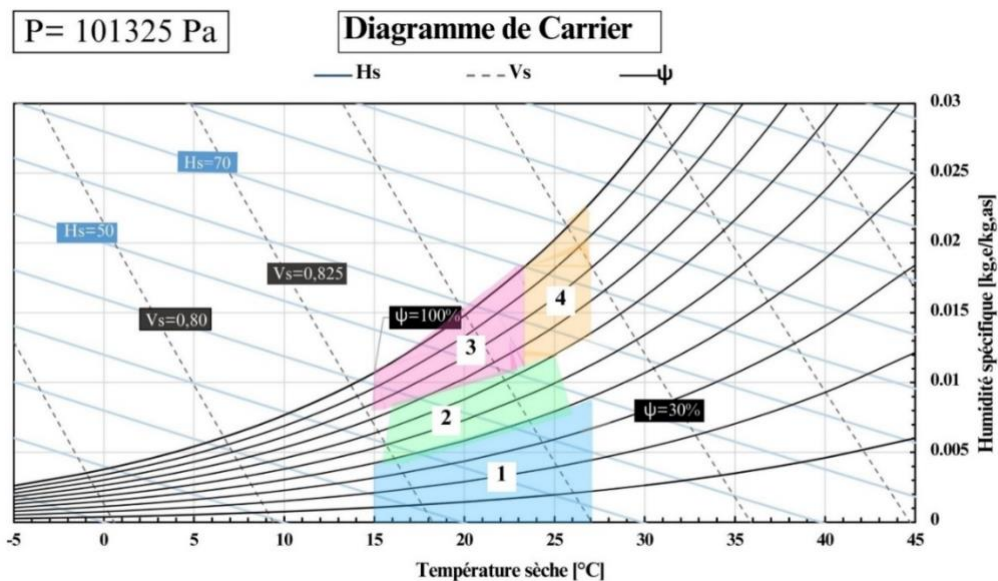
Le corps se refroidit principalement par l'évaporation de la transpiration. Cependant, lorsque l'humidité est élevée, l'air a une capacité limitée à absorber davantage d'humidité [2]. Par conséquent, par temps chaud, la transpiration ne peut pas s'évaporer efficacement, ce qui empêche le corps de se refroidir. Lorsque l'humidité relative est au dessus de 70 %, l'air est tellement saturé qu'il devient quasiment impossible pour l'évaporation de se produire. De plus, la sueur a tendance à rester sur la peau, ce qui accentue la sensation de chaleur.

b. Effet dans le bâtiment

Les niveaux d'humidité inférieurs à 30 % engendrent divers problèmes tels qu'une gêne accrue et une irritation face à la fumée de tabac, ainsi qu'une augmentation de la concentration de poussière dans l'air. À l'opposé, des niveaux d'humidité supérieurs à 70 % favorisent une croissance microbienne importante et la formation de condensation sur les surfaces froides [2].

I.2.3 Confort hygrothermique (température et humidité)

Afin d'assurer un confort optimal et une température de l'air d'environ 22 °C, il est recommandé de maintenir l'humidité relative entre 40 et 65 % [2].



- 1) Problèmes de sécheresse.
- 2) Polygone de confort hygrothermique.
- 3) Zone de développement de bactéries et de microchampignons.
- 4) Zone de développement d'acariens.

Figure I.2 : Plage de confort hygrothermique représentée sur le diagramme de Carrier.

I.2.4 Confort et métabolisme

Le métabolisme fait référence à la production interne de chaleur dans le corps humain, qui permet de maintenir une température corporelle d'environ 37 °C. En plus du métabolisme de base qui se produit au repos, un métabolisme en fonction de l'activité supplémentaire exercée se produit, affectant ainsi le niveau hygrothermique requis pour garantir le confort [2].

Activité	Métabolisme	W/m ²
Repos, couché	0.8	45
Repos, assis	1	58
Activité légère, assis (bureau, école)	1.2	70
Activité légère, debout (laboratoire, industrie légère)	1.6	95
Activité moyenne, debout (travail sur machine)	2	115
Activité soutenue, travail lourd sur machine	3	175

Tableau I.1 : Valeurs de métabolisme en fonction de l'activité physique [2].

I.2.5 Confort et vitesse de l'air

La vitesse de l'air, en particulier par rapport à l'individu, influence les échanges de chaleur et l'évaporation de la peau. Le mouvement de l'air peut abaisser la température corporelle, souhaitable en été mais gênant en hiver (courants d'air). À l'intérieur des bâtiments, la ventilation d'une pièce ne doit entraîner qu'un faible mouvement d'air pour le confort, maintenu en dessous de 0,3 m/s près des occupants [2].

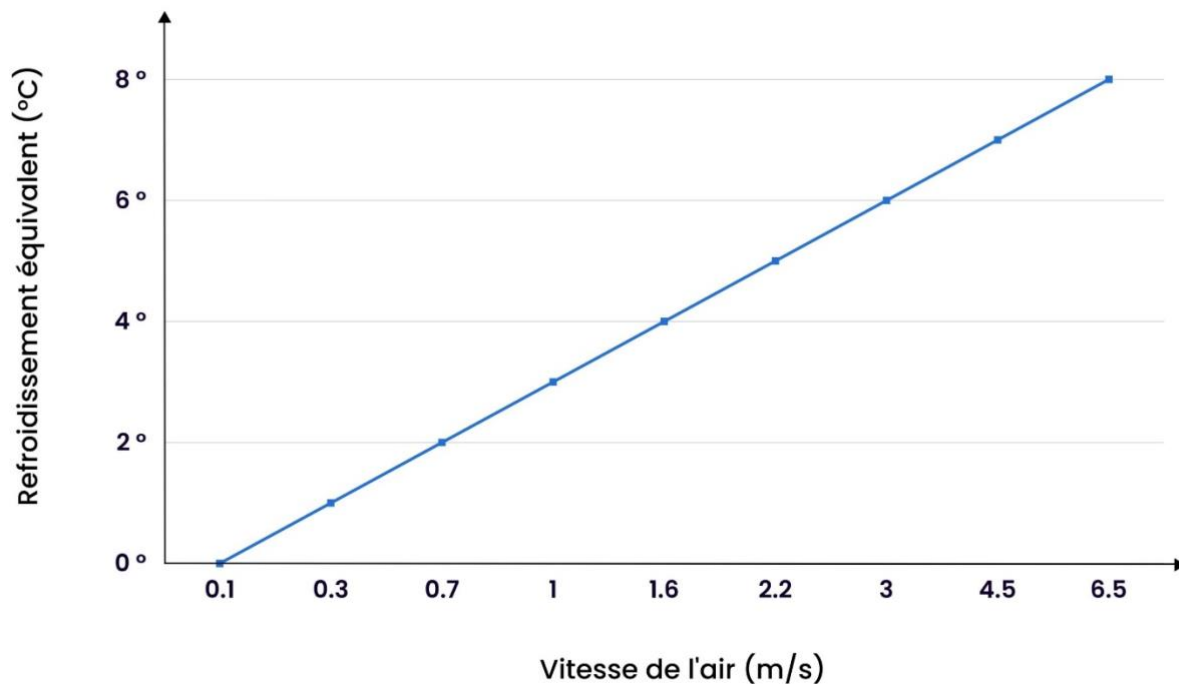


Figure I.3 : Impact de la vitesse de l'air sur le confort des occupants [2].

I.3 Climatisation

I.3.1 Définition, principe et fonctionnement

La climatisation est un système qui permet de réguler les paramètres climatiques d'un espace, que ce soit pour des raisons de confort dans des maisons ou des bureaux, ou pour des raisons techniques dans des laboratoires médicaux, des blocs opératoires ou des locaux de fabrication de composants électroniques. Elle vise à contrôler la température, l'humidité, la pollution de l'air et la concentration en particules, tout en assurant le renouvellement de l'air [3]. Le fonctionnement de la climatisation est similaire à celui des réfrigérateurs. Un fluide frigorigène circule dans le système et permet de refroidir l'air chaud capté grâce à un compresseur. Les calories de chaleur sont évacuées à l'extérieur de l'espace de vie, tandis que l'air froid est diffusé dans la pièce. Ce processus est répété jusqu'à ce que la température désirée soit atteinte [3]. De nos jours, de plus en plus de climatiseurs sont réversibles, ce qui signifie qu'ils peuvent non seulement refroidir une pièce, mais la chauffer aussi.

I.3.2 Différents systèmes de climatisation

a. Systèmes à détente directe

Le système de climatisation à détente directe fonctionne en extrayant la chaleur de l'air intérieur pour produire de l'air froid, qui peut ensuite être rejeté à l'extérieur. Ce processus implique la circulation d'un fluide frigorigène à travers les échangeurs qui sont en contact avec l'air intérieur (évaporateur) et l'air extérieur (condenseur à air). Lorsque l'air est refroidi sur l'évaporateur, il peut entraîner la formation de condensats qui vont être évacués [5].

i Climatiseur Mono-bloc

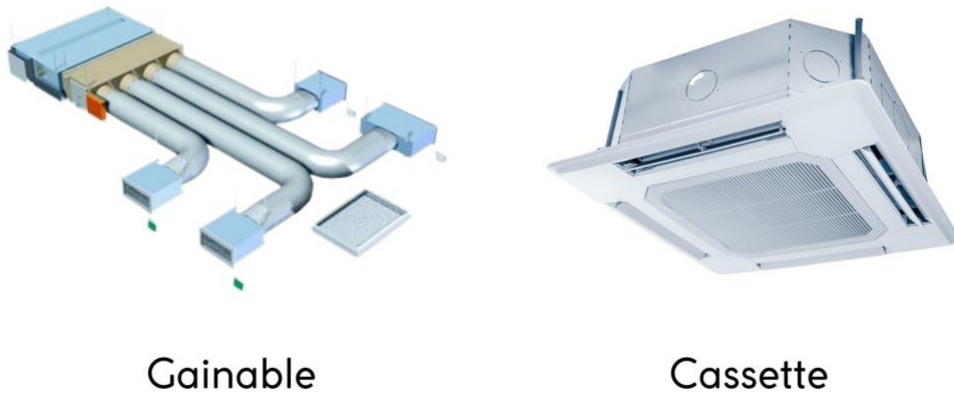
La climatisation monobloc intègre tous les composants en un seul appareil, fixe ou mobile. La version mobile peut être déplacée mais a une capacité de refroidissement limitée (10 à 30 m²). Elle nécessite une ouverture proche pour évacuer l'air vicié [4].

ii Climatiseur Split

Cette configuration comprend deux unités distinctes. L'unité intérieure rafraîchit l'espace et est installée dans la pièce désirée. L'unité extérieure, avec le compresseur, évacue l'air vicié. La chaleur est transférée entre les deux unités via un fluide frigorigène. Le système split existe en version mobile ou fixe. Les unités sont reliées par une gaine [4].

iii Climatiseur de type cassette

Le climatiseur de type cassette est un système de climatisation à double unité, comprenant une unité intérieure qui s'installe discrètement dans un faux-plafond.



Gainable

Cassette

Figure I.4 : Climatiseurs gainable et de type cassette.

iv Climatiseur gainable

Il se compose d'un climatiseur split composé d'unités dissimulées dans un faux-plafond ou une sur-cloison. Seuls les diffuseurs ou les bouches de soufflage sont visibles. Il fonctionne comme un climatiseur mural split avec une unité extérieure évacuant l'air chaud et des unités intérieures rafraîchissant l'air. Il peut chauffer en mode réversible pendant l'hiver [4].

v Climatiseurs à débit de réfrigérant variable (DRV)

C'est un système de climatisation adapté aux configurations multi-zones, qu'il soit réversible ou non. Ce système se compose d'une ou de plusieurs unités extérieures et d'un nombre potentiellement élevé d'unités intérieures, et offre une fonctionnalité réversible [4].

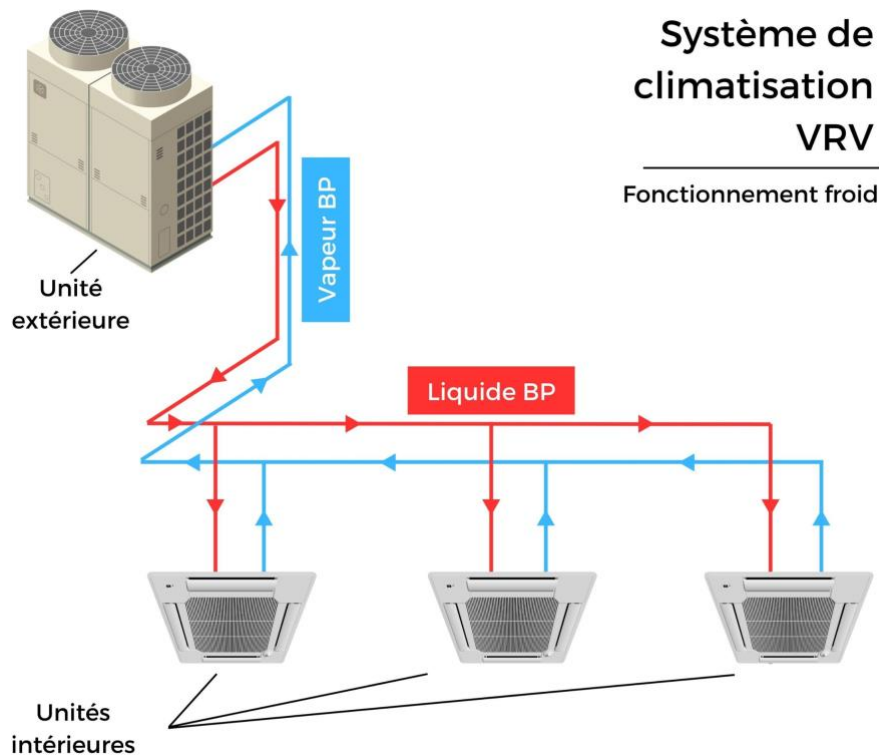


Figure I.5 : Système de climatisation VRV (ou DRV).

vi Centrale de traitement d'air (CTA)

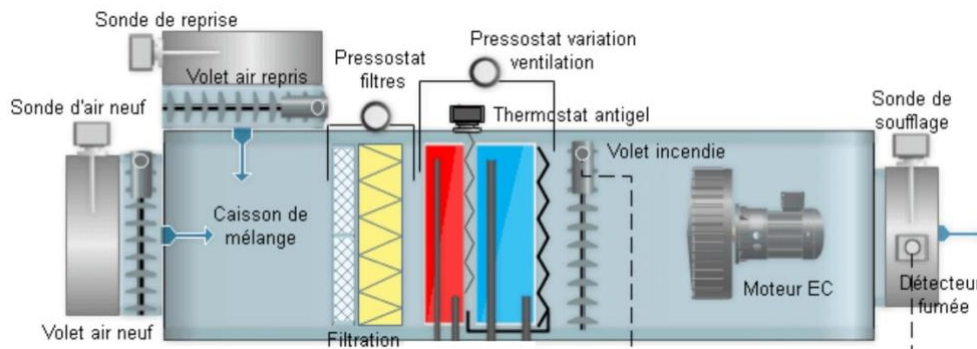


Figure I.6 : Centrale de traitement d'air chaud/froid à double flux.

Il s'agit d'un système tout air fonctionnant à débit constant ou variable. Elle est conçue pour subir toutes les différentes opérations de traitement d'air. Elle peut être de type monobloc, c'est-à-dire constituée d'une seule unité, ou composée de modules interconnectés en fonction de la configuration requise. Ces modules peuvent inclure des éléments tels que la ventilation, les batteries de refroidissement et de chauffage et les filtres [4]. Il existe trois types de CTA :

– CTA à simple flux

Elle peut traiter soit un air totalement neuf, totalement repris.

– CTA à double flux

Elle peut fonctionner en configuration d'air totalement repris ou totalement neuf, mais peut également fonctionner en mode de recyclage partiel d'air où une partie de l'air extrait du local conditionné est rejetée, et remplacée ainsi par une quantité équivalente d'air neuf.

– CTA à soufflage constant

Elle traite uniquement de l'air complètement neuf.

b. Système de pompe à chaleur sur boucle d'eau

La boucle d'eau représente un système décentralisé et à température modérée pour la distribution de chaleur. Des tuyaux parcourant l'intégralité d'un bâtiment permettent aux pompes à chaleur réversibles eau/air, réparties le long de la boucle d'eau, de fournir de la chaleur ou du froid selon les besoins de chaque pièce [5].

c. Système tout air

Les systèmes de climatisation tout air (ou air-air), sont responsables de la préparation, du transport et de la distribution de l'air refroidi. Ils utilisent un réseau de gaines et de bouches de soufflage, pour récupérer et diffuser simultanément l'air ambiant et l'air frais. Ils permettent d'introduire progressivement de l'air extérieur afin de respecter les normes d'hygiène établies [5].

d. Système tout eau

Les systèmes tout-eau requièrent la mise en place d'un réseau de canalisations qui achemine de l'eau réfrigérée vers des points stratégiques des pièces afin de rafraîchir l'air ambiant. Pour cela, ces systèmes nécessitent un groupe refroidisseur ainsi qu'un approvisionnement en eau. Il est essentiel d'installer un système de renouvellement d'air pour garantir des conditions d'hygiène adéquates [5].

I.4 Bouches de soufflage et de reprise

La bouche de soufflage est un dispositif aéraulique visible qui a pour fonction de projeter ou de diffuser de l'air traité, chauffé ou rafraîchi dans l'espace de confort, qui est le cas opposant d'une bouche de reprise (extraction). Fabriquée en métal ou en plastique, elle est dotée d'ailettes qui, lorsqu'elles sont orientées, permettent une diffusion de l'air plutôt que sa projection. La bouche de soufflage peut orienter le jet d'air pour générer des mouvements inductifs, et une accélération de l'air sous le plafond provoquant une induction d'air. La bouche de soufflage peut orienter le jet d'air pour générer des mouvements inductifs et une accélération de l'air sous le plafond provoquant une induction d'air. Certains diffuseurs intelligents ajustent l'inclinaison des ailettes en fonction de la température de l'air [3].



Figure I.7 : Différentes formes de bouches de soufflage.

I.5 Conclusion

Ce chapitre présente un aperçu complet du confort et de la climatisation, posant ainsi les bases de notre étude sur les besoins en puissance frigorifique de l'immeuble étudié. Nous avons identifié les facteurs clés du confort et exploré les principes fondamentaux de la climatisation, y compris les objectifs et les technologies disponibles. Cela nous permettra de choisir les solutions appropriées pour assurer le confort thermique et la qualité de l'air pour notre étude. Les chapitres suivants détailleront la méthodologie d'évaluation des besoins en puissance frigorifique et proposeront des solutions efficaces pour le conditionnement de notre immeuble pour la période d'été.

Chapitre II

Méthodologie de calculs

Méthodologie de calculs

II.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous allons présenter les différentes formules utilisées dans le Document Technique Réglementaire (DTR) de la thermique du bâtiment, pour le calcul des apports calorifiques à l'immeuble. Ces formules sont spécifiques à notre contexte algérien et nous permettent d'évaluer avec précision les différentes sources de chaleur qui peuvent influencer le confort thermique à l'intérieur de l'immeuble. Après avoir déterminé les apports de chaleur, on doit utiliser des formules dites psychrométriques, qui seront présentées dans le présent chapitre, pour la détermination des caractéristiques de l'air humide, intérieur et extérieur, qui sont fondamentales pour dimensionner la centrale de traitement d'air pour conditionner l'immeuble étudié. Nous allons donc passer en revue les formules les plus importantes, en expliquant leur signification et leur utilité dans le contexte de notre étude de conditionnement de l'immeuble.

II.2 Processus de calculs

Afin de déterminer la puissance frigorifique requise pour conditionner une pièce donnée, il faut suivre certaines étapes fondamentales et spécifiques. L'organigramme suivant présente la démarche suivie dans cette étude pour dimensionner la centrale de traitement d'air nécessaire pour garantir le confort hygrothermique. Il montre qu'il est primordial de déterminer cinq éléments essentiels pour atteindre l'objectif de l'étude. À partir de ce-ci, on va décortiquer ces éléments et les détailler au sein de ce chapitre, afin de mieux comprendre la méthode suivie et la simplifier.

On voit bien que, la première étape de calculs de la puissance frigorifique, est la détermination des apports sensibles et latents. Ces apports de chaleur se calculent à l'aide d'un Document Technique Réglementaire (DTR) algérien de la thermique du bâtiment. Ensuite, il reste quatre autres éléments dans cet organigramme, qui sont un ensemble de paramètres psychométriques, permettant de connaître les caractéristiques de l'air humide dans ses différentes évolutions au sein de la centrale de traitement d'air. Ces paramètres sont fondamentaux, et se calculent à l'aide des formules empiriques et semi-empiriques psychrométriques, ou à l'aide d'un diagramme psychométrique (Carrier), en connaissant au moins deux caractéristiques de l'air humide.



Figure II.1 : étapes de détermination de la puissance frigorifique.

II.2.1 Appports sensibles et latents

Ils se calculent en utilisant le DTR de la thermique du bâtiment algérien.

II.2.2 DTR

a. Présentation

Le DTR C3-T intitulé « Règlementation thermique des bâtiments » utilisé dans l'étude de ce mémoire, répond aux enjeux relatifs à la thermique du bâtiment et aux préoccupations énoncées dans la loi 99-09 du 28 juillet 1999 sur la maîtrise de l'énergie [1].

b. Son utilité

Ce document définit les principes généraux réglementaires pour la conception des systèmes de chauffage et de climatisation et fournit aux professionnels des méthodes d'évaluation des besoins énergétiques pour les périodes hivernales et estivales. Les méthodes de calcul présentées dans le DTR sont simples et suffisantes pour proposer des solutions techniques viables. Ce DTR traite les règles de calcul des déperditions (saison hivernale) et

apports calorifiques (saison estivale) des bâtiments [1]. Il sert à dimensionner les installations de climatisation et chauffage des bâtiments, par :

- La détermination des déperditions et apports de chaleur à un bâtiment ;
- La vérification de la conformité des bâtiments à la réglementation thermique.

c. Exploitation du DTR dans l'étude de ce mémoire

Étant donné que l'étude a comme objectif le dimensionnement de la centrale de traitement d'air pour conditionner notre immeuble, dans ce mémoire, on a utilisé le DTR pour déterminer les apports sensibles et latents affectant l'immeuble étudié qui sont dans la partie des apports calorifiques. L'organigramme suivant présente les points critiques dans la partie des apports calorifiques qui représentent l'entièreté de la démarche suivie dans le calcul des apports de chaleur à l'immeuble [1].

On détaillera et explicitera les différents étapes de calcul des apports calorifiques de cet organigramme dans les prochaines pages de ce chapitre.

Apports sensibles et latents

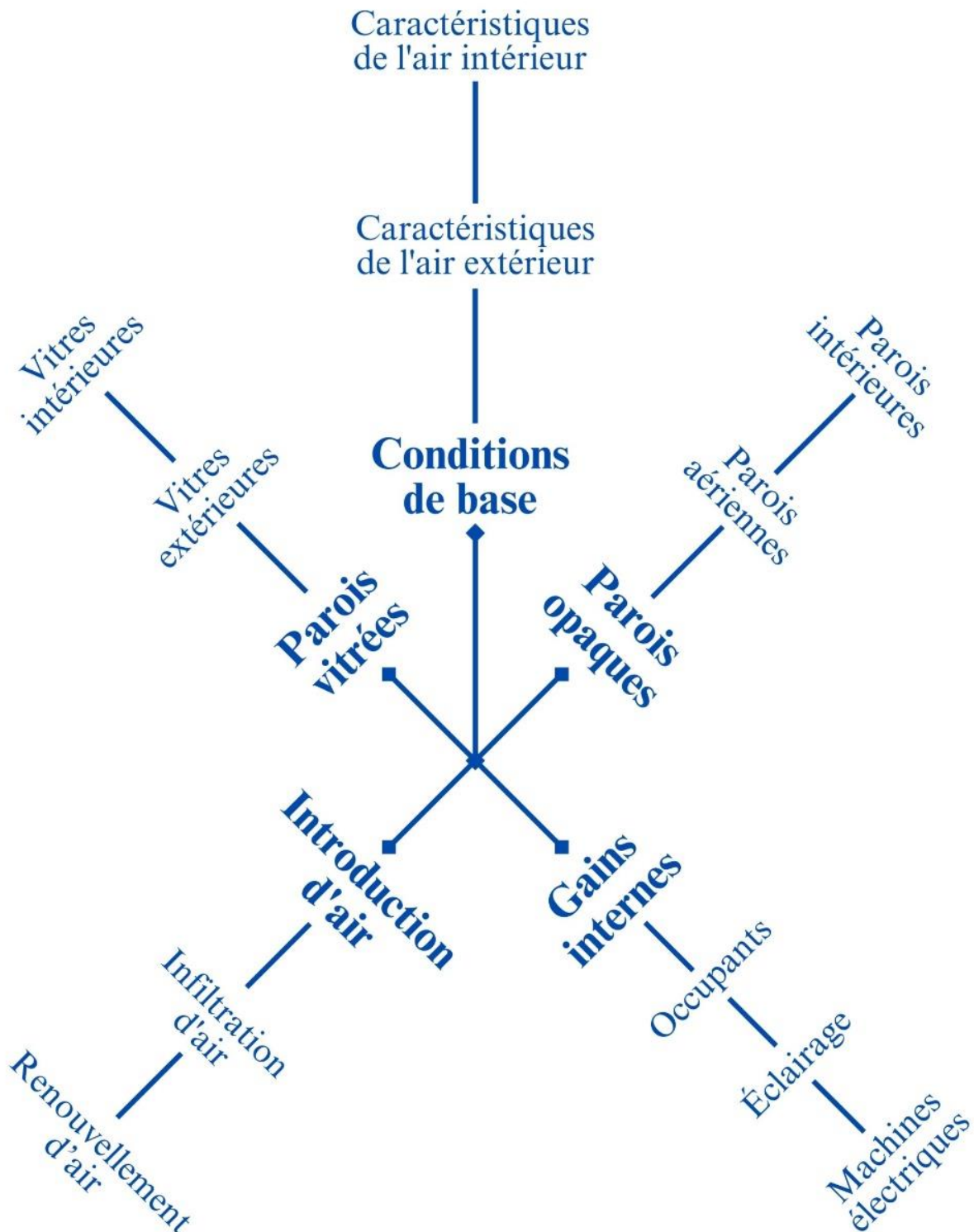


Figure II.2 : éléments essentiels de calcul d'apports sensibles et latents.

II.3 Calculs des apports calorifiques sensibles et latents

II.3.1 Calcul des apports

Les apports pénétrant une pièce étudiée sont deux types différents. Les apports de chaleur sensibles Φ_s (affectant directement la température), et latents Φ_l (affectent le taux d'humidité).

Ils se calculent selon les formules suivantes :

$$\Phi_s = \Phi_{po} + \Phi_v + \Phi_{i,s} + \Phi_{inf,s} \quad (\text{II.1})$$

$$\Phi_l = \Phi_{i,l} + \Phi_{inf,l} \quad (\text{II.2})$$

Comme les formules le montrent, les apports sensibles et latents représentent la somme de différents types d'apport, qu'on va détailler dans les titres et formules prochains.

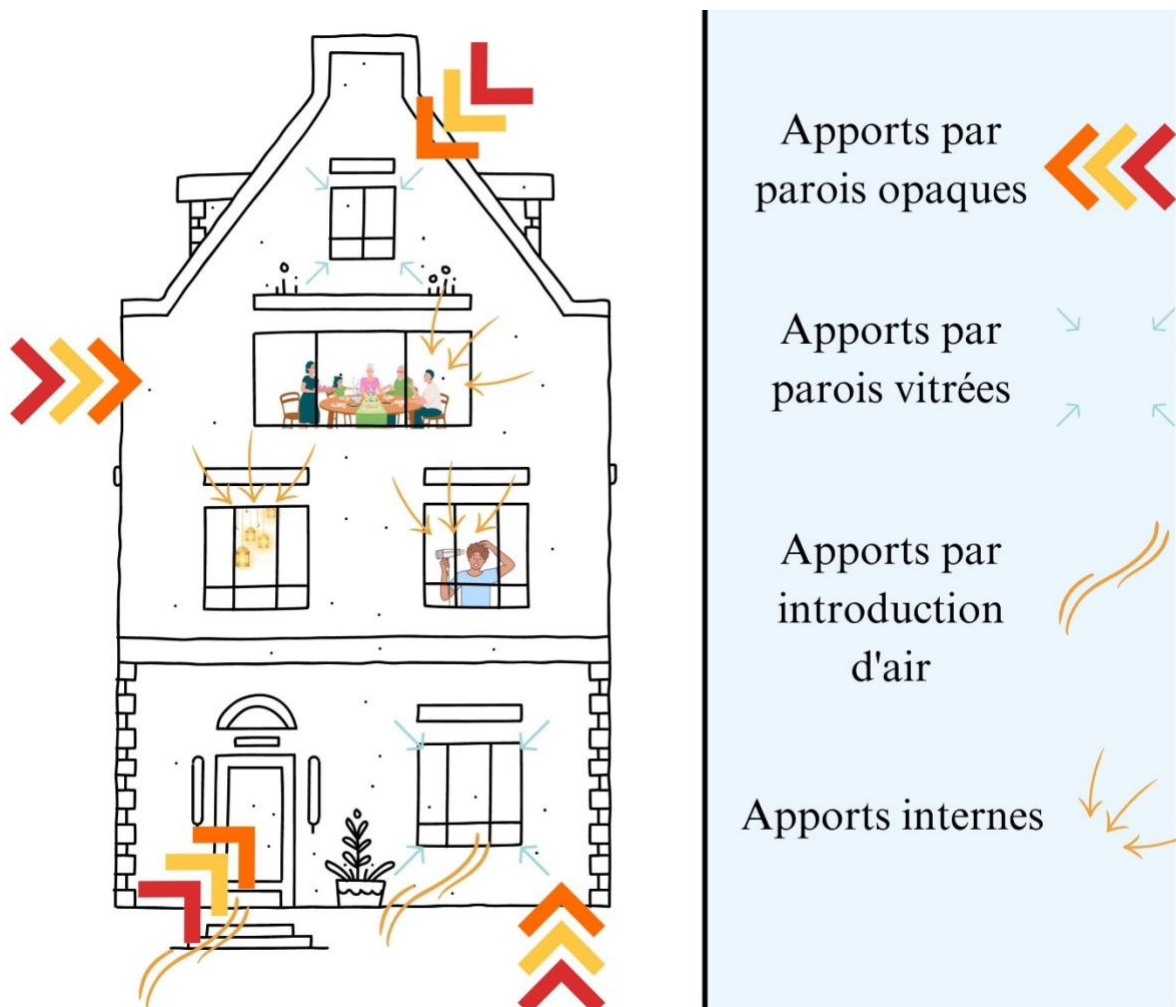


Figure II.3 : composants d'apports sensibles et latents aux calculs.

II.4 Conditions de base

II.4.1 Conditions de base extérieures

a. Caractéristiques de l'air extérieur

La variation de la température sèche extérieure $\theta_{se}(t)$ durant la saison estivale (juillet, août et septembre), est donné par la formule suivante :

$$\theta_{s_e}(t) = \theta_{s_{b,e}} - (C_{ts}(t) E_b) \quad (II.3)$$

b. Rayonnement de base

On distingue deux types de rayonnement solaire :

- Rayonnement direct. Il est constitué par la proportion du rayonnement initial, parvenant jusqu'à la surface terrestre [1] ;
- Rayonnement diffus. Il est dû aux réflexions par des particules d'eau, d'ozone ou de poussière et réparti de façon uniforme à la surface de la terre [1].

Ils dépendent de la limpidité de l'atmosphère, l'altitude, l'humidité de l'air, l'orientation et de la latitude et du mois considéré. La somme de ces deux types, donne le rayonnement total.

c. Rayonnement réel

Le rayonnement diffus maximal (réel) I_d et le rayonnement total maximal (réel) I_t , se déterminent en utilisant ces formules :

$$I_d = (C_{cadre} C_{limp} C_{alt} C_{ros}) I_{d,b} \quad (II.4)$$

$$I_t = (C_{cadre} C_{limp} C_{alt} C_{ros}) I_{t,b} \quad (II.5)$$

II.4.2 Apports à travers les parois opaques

a. Parois aériennes

Les apports calorifiques à travers les parois qui sont en contact direct avec l'air l'extérieur, à un instant t , se calculent par la formule si-dessous :

$$\Phi_{po}(t) = 1,2 K S_{int} \Delta\theta_e(t) \quad (II.6)$$

- 1.2 : coefficient majorateur qui tient compte des apports à travers les ponts thermiques.

b. Coefficient K

Il est donné par l'expression suivante :

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{h_i} + \sum R + \frac{1}{h_e} \quad (II.7)$$

Où la résistance thermique d'une paroi est de :

$$R = \frac{e}{\lambda} \quad (\text{II.8})$$

La résistance thermique totale, s'exprime alors, par :

$$R_{\text{tot}} = R_1 + R_2 + R_3 + R_n \quad (\text{II.9})$$

c. Différence de température équivalente

Elle est donnée par deux expressions, dans deux cas différents :

– Cas d'une paroi ensoleillée :

$$\Delta\theta_e(t) = \Delta\theta_{\text{es}}(t) + C\Delta\theta_e + \frac{\alpha}{0.9} (\Delta\theta_{\text{em}}(t) - \Delta\theta_{\text{es}}(t)) \frac{I_{t,b}}{I_{t,b(40)}} \quad (\text{II.10})$$

– Cas d'une paroi 24h/24h à l'ombre :

$$\Delta\theta_e(t) = \Delta\theta_{\text{es}}(t) + C\Delta\theta_e \quad (\text{II.11})$$

d. Parois intérieures

Les apports de chaleur pénétrant à travers les parois opaques intérieures, séparant entre un local conditionné et un aère non-conditionné, sont donnés par la formule suivante :

$$\Phi_{\text{po}}(t) = K S_{\text{int}} \Delta\theta_{\text{inc}}(t) \quad (\text{II.12})$$

Avec :

$$\Delta\theta_{\text{inc}}(t) = (\theta_{\text{se}}(t) - C_{\text{inc}}) - \theta_{\text{sb,i}} \quad (\text{II.13})$$

II.4.3 Apports à travers les parois vitrées

Les apports calorifiques à travers les parois vitrées extérieures sont donnés par l'expression suivante :

$$\Phi_v(t) = \Phi_{\text{vt}}(t) + \Phi_{\text{ve}}(t) \quad (\text{II.14})$$

Cette expression est la somme des gains dus au gradient de température $\Phi_{\text{vt}}(t)$, et les gains dus au rayonnement solaire. Ils sont donnés par les formules suivantes :

$$\Phi_{\text{vt}}(t) = 1,2 K S_{\text{ouv}} (\theta_{\text{se}}(t) - \theta_{\text{sb,i}}) \quad (\text{II.15})$$

$$\Phi_{\text{ve}}(t) = [SV_{\text{ens}} I_t + (SV - SV_{\text{ens}}) I_d] FS \times N_{\text{pvi}}(t) \quad (\text{II.16})$$

II.4.4 Apports calorifiques internes

Ils sont désignés par les gains sensibles ou latents, à l'intérieur du local à conditionner [1]. Ils sont dus soit par les occupants, éclairage, machines électriques ou autres sources qui vont être détaillées et expliquées dans les prochaines lignes. À un instant t , les apports calorifiques internes sont exprimés par la formule si-dessous :

$$\Phi_i(t) = \sum (CS_j \Phi_{is,j} N_{ai,j}) + \sum (CS_j \Phi_{il,j}) \quad (\text{II.17})$$

a. Apports dus aux occupants

Ils représentent une source sensible et latente, et se calculent de la manière suivante :

$$\Phi_{s,oc} = n C_{s,oc} \quad (\text{II.18})$$

$$\Phi_{l,oc} = n C_{l,oc} \quad (\text{II.19})$$

b. Apports dus aux machines électriques

Les machines électriques dégagent complètement la puissance calorifique électrique moyenne absorbée, au sein du local à conditionner. Ils peuvent représenter une source de chaleur sensible ou latente, ou les deux en même temps [1].

c. Apports dus à l'éclairage

Ils constituent une source de chaleur sensible seulement. Au cas de connaissance de la puissance de l'éclairage installé, on peut déterminer l'apport de chaleur causé par cet éclairage en utilisant cette expression :

$$\Phi_{i,e} = \sum (W_n C_{me} C_{cr}) \quad (\text{II.20})$$

II.4.5 Apports de chaleur par introduction d'air extérieur

Ils constituent une source de chaleur sensible et latente. On distingue deux types d'apports. Apports dus aux infiltrations, et apports dus à l'introduction d'air neuf [1].

a. Apports calorifiques dus aux infiltrations

À un instant t donné, les apports sensibles dus aux infiltrations, se calculent de cette façon:

$$\Phi_{inf,s}(t) = 0,32 qv_{inf} (\theta_{s_e}(t) - \theta_{s_{b,i}}) \quad (\text{II.21})$$

- 0,32 : désigne le produit de chaleur spécifique de l'air (1006 J/kgK) par la masse volumique de l'air (1.15 kg/m³) et divisé par un facteur de conversion (3600).

Par contre, les gains latents à un instant t, sont représentés par :

$$\Phi_{inf,l}(t) = 0,799 qv_{inf} \text{Max} \left[(r_{b,e}^s - r_{b,i}^s); 0 \right] \quad (\text{II.22})$$

- 0,799 : désigne 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 divisé par un facteur de conversion (3600).

b. Débit dû aux infiltrations

On considérant seulement les infiltrations par les ouvrants (portes, fenêtres, impostes...), la détermination de ce débit, est permise par cette relation :

$$q_{v,inf} = \sum (q_{vo,inf,i} S_{ouv,i}) \quad (II.23)$$

c. Apports calorifiques dus au renouvellement d'air

Les gains sensibles causés par le renouvellement d'air, à un instant t, sont exprimés par l'expression si-dessous :

$$\Phi_{rev,s}(t) = 0,32 q_{v,an} (\theta_{s_e}(t) - \theta_{s_{b,i}}) \quad (II.24)$$

Or, les gains latents sont donnés par l'expression :

$$\Phi_{rev,l}(t) = 0,799 q_{v,an} \text{Max} \left[(r_{b,e}^s - r_{b,i}^s); 0 \right] \quad (II.25)$$

d. Débit d'air neuf

Le débit d'air neuf, est le flux minimum d'air neuf nécessaire pour maintenir un niveau adéquat d'oxygène, et de dioxyde de carbone dans l'air ambiant d'un espace donné et d'éliminer les mauvaises odeurs et l'humidité [1]. Pour assurer une qualité d'air optimale, l'air extérieur utilisé pour le renouvellement de l'air doit être sain et non pollué, avec un taux d'oxygène approprié.

e. Cas des logements

Dans ce cas, le débit d'air neuf se calcule par cette formule :

$$q_{v,an} = \text{Max} [0,6 Vh; q_{v,ref}] \quad (II.26)$$

Avec :

$$q_{v,ref} = \frac{5 q_{ve_{min}} + q_{ve_{max}}}{6} \quad (II.27)$$

II.5 Débit de soufflage nécessaire

Pour vaincre les apports de chaleur à l'immeuble, on doit soufflé avec un débit minimal nécessaire requis. Ce débit peut être calculé soit en utilisant les apports calorifiques sensibles ou latents, en utilisant les expressions suivantes :

$$q_{m_{a,sf}} = \frac{\Phi_{sensibles}}{1006 (\theta_{b,i} - \theta_{sf})} \quad (II.28)$$

$$q_{m_{a,sf}} = \frac{\Phi_{latents}}{2500,8 (r_i^s - r_{sf}^s)}$$

(II.29)

II.6 Air humide

Le conditionnement de l'air pour créer une ambiance spécifique requiert un traitement préalable pour atteindre les conditions requises de température et d'humidité. Pour ce faire,

différentes étapes sont nécessaires, notamment le réchauffage d'un air humide, le refroidissement avec ou sans déshumidification, le mélange adiabatique de deux airs humides de différentes caractéristiques, ainsi que l'humidification et la déshumidification.

Pour illustrer ces opérations, le diagramme de l'air humide (comme le diagramme de Carrier) peut être utilisé. Or, il existe des formules empiriques et semi-empiriques qui sont la base pour tracer ce diagramme.

II.6.1 Caractéristiques de l'air humide

a. Diagramme de l'air humide (Carrier) et formules psychrométriques

$$\text{Air humide} = \text{Air sec} + \text{vapeur d'eau}$$

Les caractéristiques fondamentales de l'air sont les sept grandeurs suivantes :

- La température sèche θ_s ;
- La température humide θ_h ;
- La température de rosé θ_r ;
- L'humidité spécifique r_s en $\text{kg}_{\text{eau}}/\text{kg}_{\text{air.sec}}$;
- L'humidité relative ψ en % ;
- L'enthalpie spécifique H_s en $\text{kJ}/\text{kg}_{\text{air.sec}}$;
- Le volume spécifique V_s en $\text{m}^3/\text{kg}_{\text{air.sec}}$ [2].

Ces sept grandeurs fondamentales peuvent être déterminées simplement par lecture sur un diagramme appelé « diagramme de l'air humide » ou « diagramme psychométrique / Carrier », en connaissant au moins deux paramètres [2]. Le diagramme de Carrier peut être utilisé afin d'établir un diagnostic de l'air ou suivre l'évolution d'un traitement de l'air et la représenter graphiquement [2]. Chaque diagramme de Carrier est spécifié pour une pression atmosphérique déterminée, généralement celle enregistrée au niveau de la mer, soit : $P = 101325 \text{ Pa}$.

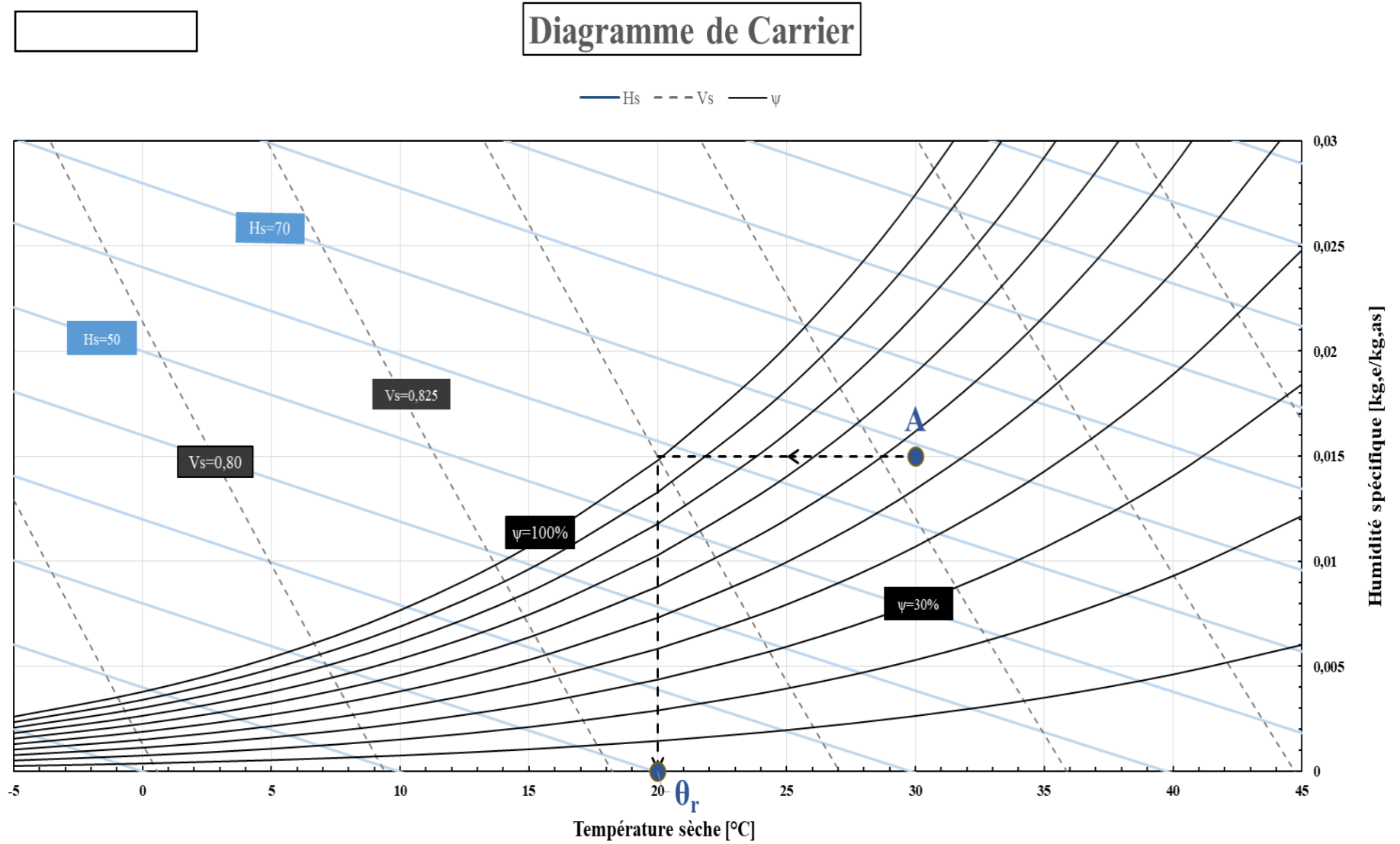


Figure II.4: Diagramme de l'air humide.

b. Température sèche θ_s (axe horizontal noir)

L'axe est gradué de -5 °C à 45 °C.

c. Pression de saturation P_s

C'est la valeur maximale que la pression partielle de la vapeur d'eau peut atteindre [2]. Une formule est proposée par Cadiergues :

$$\lg_{10}(p_{s,e}) = \frac{7,625\theta}{241+\theta} + 2,7877 \quad (\text{II.30})$$

d. Axe d'humidité absolue ou teneur en humidité r_s (axe vertical noir)

L'humidité absolue désigne la quantité de vapeur d'eau présente dans chaque kilogramme d'air sec [2]. Elle est donnée par la formule suivante :

$$r^s = 0,622 \frac{P_v}{p - P_v} \quad (\text{II.31})$$

e. Courbe d'humidité relative ou hygrométrie ψ (courbe fine noire)

L'humidité relative mesure le pourcentage d'humidité absolue de l'air par rapport à l'humidité absolue maximale (à saturation) [2]. Elle peut être calculée comme suit :

$$\psi = \frac{P_v}{P_{s,\theta}} 100 \quad (\text{II.32})$$

f. Limite de saturation de l'air $\psi = 100\%$ (courbe noire en gras)

Lorsque l'humidité relative atteint 100%, l'air est considéré comme étant complètement saturé [2].

g. Axe d'enthalpie H_s (axe oblique bleu)

L'enthalpie représente la quantité d'énergie présente dans l'air et est exprimée en kilojoules par kilogramme d'air sec (kJ/kg_{as}) [2]. Elle peut également être déterminée par cette formule empirique :

$$H^s = 1,006\theta + r^s (2500,8 + 1,8266\theta) \quad (\text{II.33})$$

h. Volume spécifique de l'air V_s (ligne oblique pointillée)

Le volume spécifique de l'air représente la quantité d'espace occupé par 1 kilogramme d'air humide [2]. On peut déterminer le volume spécifique d'un air considéré en utilisant cette formule empirique :

$$V^s = \frac{461,24(0,622 + r^s)T}{p} \quad (\text{II.34})$$

i. Température de rosée – température humide

i Température de rosée θ_r

La température de rosée est la température à laquelle l'air doit être refroidi à pression constante pour que la condensation se produise, c'est-à-dire pour que la vapeur d'eau contenue dans l'air se transforme en gouttelettes d'eau [2].

ii Température humide θ_h

Elle est mesurée à l'aide d'un thermomètre humide, est déterminée en recouvrant le bulbe d'un thermomètre d'un chiffon mouillé et en faisant évaporer l'eau grâce à une ventilation [2].

II.7 Opérations de traitement d'air humide

Pendant une période de temps t donnée en régime permanent, on peut distinguer six opérations différentes de traitement d'air, où les caractéristiques de l'air en aval du traitement, peuvent être déterminées par des bilans massique, d'air sec et d'eau, et un bilan énergétique.

II.7.1 Mélange adiabatique de deux airs humides

Il entre en deux points différents, deux airs humides de caractéristiques différentes (m_{as} , r_s , H_s , θ_s), pour donner en se mélangeant, un air humide résultant de caractéristiques comprises entre celles des deux airs mélangés. La figure suivante illustre l'opération de mélange.

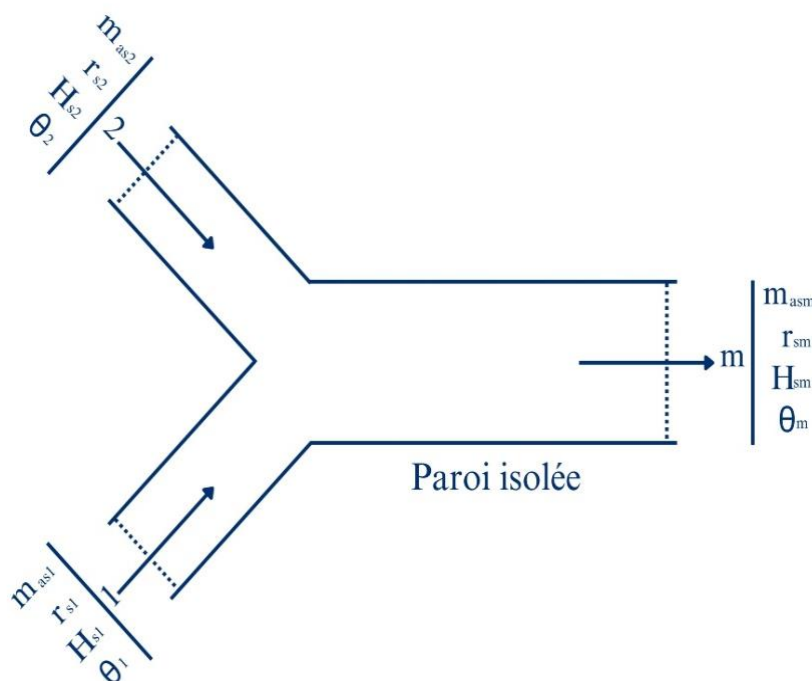


Figure II.5 : Opération de mélange adiabatique.

II.7.2 Échauffement à humidité spécifique constante

Une quantité d'air humide avec une humidité spécifique et une enthalpie spécifique, contenant une masse d'air sec, est introduite. Une source de chaleur est ensuite fournie comme apport sensible par l'intermédiaire du réchauffeur utilisé, qui permet à l'air de sortir avec une humidité spécifique et une masse d'air sec inchangées, mais une enthalpie spécifique différente.

II.7.3 Refroidissement à humidité spécifique constante

Ce processus d'extraction de chaleur entraîne un refroidissement purement sensible de l'air. Bien que la température de rosée reste inchangée, la température du bulbe humide diminue, tandis que l'humidité relative augmente.

II.7.4 Refroidissement avec diminution d'humidité spécifique

Le processus consiste à mettre de l'air en contact avec une surface solide ou liquide dont la température est inférieure à la température de rosée de l'air. Cette fois-ci, on extrait de plus de la chaleur, une quantité d'eau m_e d'enthalpie massique H_e^* .

II.7.5 Humidification

a. Par injection de vapeur d'eau

Cette opération s'effectue à température sèche θ_s considérée constante, et uniquement si l'air évolue au dessous du seuil de saturation.

b. Par injection directe d'eau au contact de l'air

i Humidification adiabatique

Elle se réalise en utilisant un laveur d'air à re-circulation d'eau d'une température ambiante. Puisque l'énergie consommée par la pompe utilisée dans le processus est très faible, on peut prendre en considération que cette opération, s'effectue à une enthalpie spécifique constante. Dans le cas idéal de traitement, on obtient comme résultat, un air humide saturé ($\psi=100\%$), qui n'est pas le cas – bien sûr – dans la réalité.

ii Humidification à l'eau chauffée

Dans ce processus, l'eau est réchauffée dans un échangeur avant qu'elle soit dirigée vers le laveur d'air. En négligeant la puissance consommée par la pompe, il faut fournir une quantité de chaleur.

iii Humidification à l'eau refroidie

Il est obligatoire, pour une humidification à eau refroidie, que la température de l'eau θ_e refroidie par l'échangeur utilisé pour extraire une quantité de chaleur.

II.8 Puissance frigorifique

Il convient d'évaluer la capacité d'un dispositif de refroidissement à retirer de la chaleur de l'environnement, ce qui se mesure en kilowatts (kW) ou en BTU (British Thermal Unit). Elle se détermine en utilisant cette expression :

$$P_{BF} = \dot{m} Q_{BF} = \dot{m} \Delta H^s = \dot{m} (H_s^s - H_e^s) \quad (\text{II.35})$$

II.9 Conclusion

Ce chapitre a été consacré à la présentation des différentes formules utilisées dans le Document Technique Réglementaire (DTR) de la thermique du bâtiment, du Ministère de l'Habitat Algérien, pour le calcul des apports de chaleur à l'immeuble. Ces formules sont spécifiques à notre contexte algérien et nous permettent d'évaluer avec précision les différentes sources de chaleur qui peuvent influencer le confort thermique à l'intérieur de l'immeuble. Ensuite, nous avons présenté les différentes formules psychrométriques de l'air humide, permettant de déterminer les caractéristiques intérieures et extérieures de l'air humide. En comprenant ces formules, nous disposons des outils pour analyser les résultats de notre étude et proposer des solutions visant à améliorer l'efficacité énergétique de l'immeuble étudié dans le contexte algérien.

Chapitre III

Bilan frigorifique

Bilan frigorifique

III.1 Introduction

La détermination précise des besoins en puissance frigorifique est essentielle pour assurer le confort thermique des occupants de notre immeuble pendant la saison estivale. Elle repose sur une analyse approfondie des différentes charges thermiques internes et externes, telles que la chaleur générée par les occupants, les équipements électriques, l'enveloppe du bâtiment et les conditions climatiques extérieures. La compréhension de ces facteurs permet de dimensionner adéquatement le système de climatisation, en termes de capacité frigorifique, afin de maintenir des conditions intérieures optimales.

Parallèlement, la puissance requise au niveau du compresseur de la machine frigorifique est un paramètre crucial dans la conception de la solution de climatisation. Elle détermine la performance et l'efficacité énergétique globale du système. Une estimation précise de cette puissance permet de sélectionner un compresseur adapté, de concevoir un système de refroidissement efficace et d'optimiser la consommation d'énergie.

Ce chapitre présentera les résultats obtenus à partir des analyses réalisées, en mettant en évidence les besoins en puissance frigorifique spécifiques de l'immeuble, ainsi que la puissance requise au niveau du compresseur de la machine frigorifique, fournissant ainsi une base solide pour la mise en œuvre d'un système de climatisation performant et économe en énergie.

III.2 Projet de l'étude

III.2.1 Présentation et localisation de l'immeuble étudié

L'immeuble étudié s'agit d'une résidence appelée THE ONE, construite par la société de construction ETB TCE BOURAI Fawzi. La promotion immobilière EURL Profain Immo est le propriétaire de ce bâtiment. Le bâtiment est situé au cœur de la ville (commune) de Béjaïa, exactement à, Rue Tekamera Rachid.

Il comporte :

- 164 Appartements F3 de différentes surfaces ;
- 12 Duplex de différentes surfaces ;
- 1 Restaurant panoramique au 25^{ème} étage (dernier étage) ;
- 1 Salle polyvalente au RDC (Rez-De-Chaussée) ;
- 1 Espace d'accueil et de consommation avec Hall au RDC ;
- 1 Bureau pour la protection civile, et 1 office, au RDC ;

- 2 Sous-sols (Parking de voitures), qui représente la seule partie qui ne sera ni conditionnée, ni étudiée.

Dans ce mémoire, on étudiera la quasi-totalité de l'immeuble, en excluant le rez-de-chaussée, et les étages 1, 21-24.

III.2.2 Conditions climatiques

Elles sont représentées par la figure suivante :

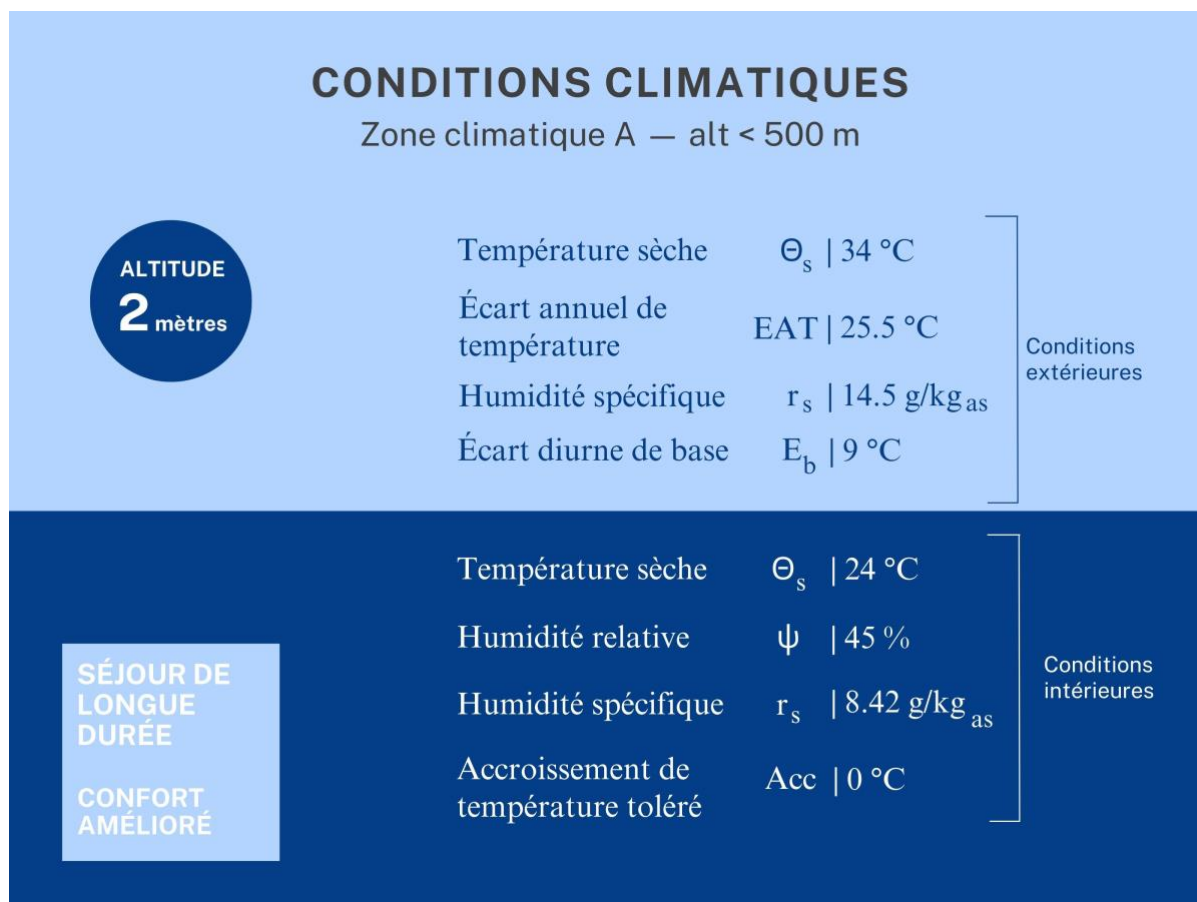


Figure III.1 : Conditions extérieures et intérieures.

a. Conditions de l'air extérieur

i Température extérieure $\theta_{s_e}(t)$

Elle est calculée pendant toute la saison estivale (chaque heure du jour, pendant les mois de juillet, août et septembre) par la formule (II.3), permettant d'étudier les apports calorifiques affectant l'immeuble à chaque heure de la saison.

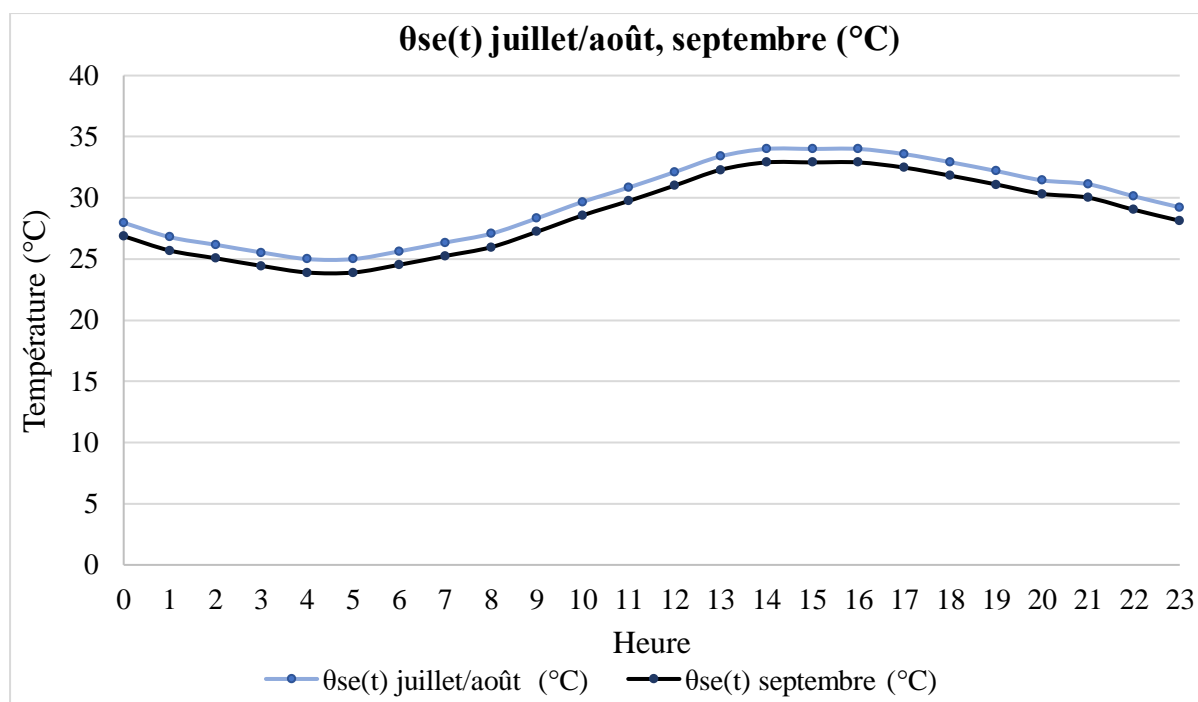


Figure III.2 : Courbe de la variation de température sèche extérieure.

ii Rayonnement De base

Les valeurs du rayonnement total et diffus de base pour la latitude du lieu de l'immeuble étudié, sont calculées par interpolation linéaire entre les latitudes 30° et 40°, et représentées dans le tableau (voir l'annexe A, page a).

iii Rayonnement réel (maximal)

L'application des formules (II.4) et (II.5) donne les valeurs du rayonnement total et diffus maximaux réels respectivement, représentées dans le tableau suivant :

Latitude	Mois	Orientation								
		N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	Horiz
36.72° N	Juillet	48,3	407,3	519,984	370,9	178	370,9	519,9	407,3	753,5
	Août	34,2	329,7	517,9	445	282,8	445	517,9	329,7	702
	Septembre	28,2	217,7	482,8	504,3	407,7	504,3	482,8	217,7	611,5

Tableau III.1 : Rayonnement total et diffus maximaux réels.

III.3 Apports calorifiques – Débits de soufflage – Puissances requises

À cause de la taille du bâtiment étudié, nous présenterons dans ce chapitre seulement l'étude et résultats trouvés d'une manière détaillée, uniquement de l'appartement A (voir les plans dans l'annexe F, page ss). Les autres résultats seront présentés dans l'annexe de ce mémoire. L'appartement A (du 2 au 20^{ème} étage), se compose de trois pièces. Nous étudierons chaque pièce séparément.

III.3.1 Apports calorifiques

a. Détermination des paramètres nécessaires pour quantifier les apports

Afin de calculer les apports calorifiques affectant une pièce étudiée, il faut d'abord déterminer les paramètres requis pour effectuer le calcul. Pour chaque type d'apport de chaleur, nous présenterons la démarche, formules et résultats trouvés.

i Apports à travers les parois opaques

– Résistance thermique R

Le tableau (voir l'annexe A, page a) cite les différents matériaux composant l'enveloppe du bâtiment et leurs différentes caractéristiques. La résistance thermique R est calculée en utilisant la formule (II.8).

– Coefficient K

Il est calculé par la formule (II.7), et la résistance thermique totale des parois R_{tot} par la formule (II.9). La figure suivante présente les valeurs coefficients de transfert thermique K de chaque paroi pénétrée par un apport calorifique.

Coefficients de transfert K, et sommes des résistances d'échange superficiel

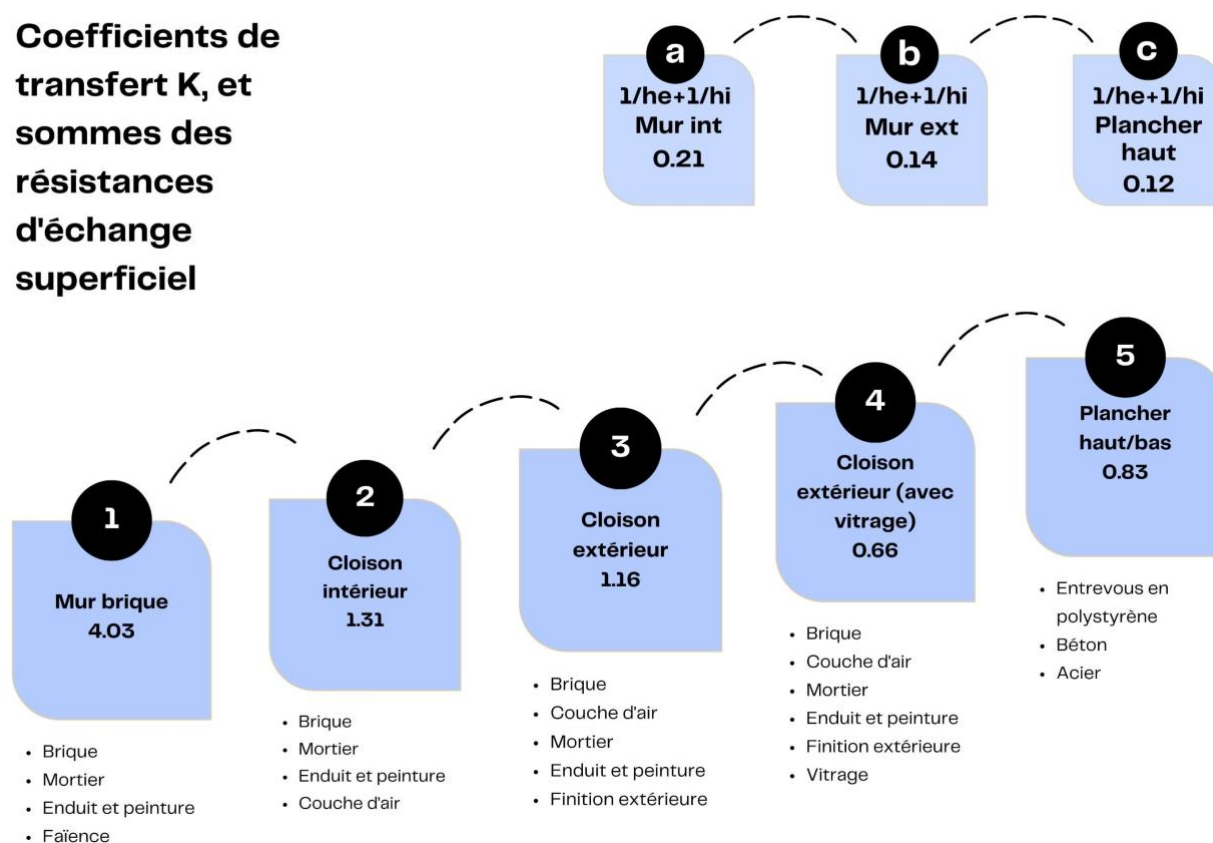


Figure III.3 : Coefficients de transmission pour chaque paroi.

– Différence de température équivalente

Elle est calculée en appliquant la formule (II.10) et (II.11), pour le cas d'une paroi ensoleillée et le cas d'une paroi tout le temps à l'ombre respectivement.

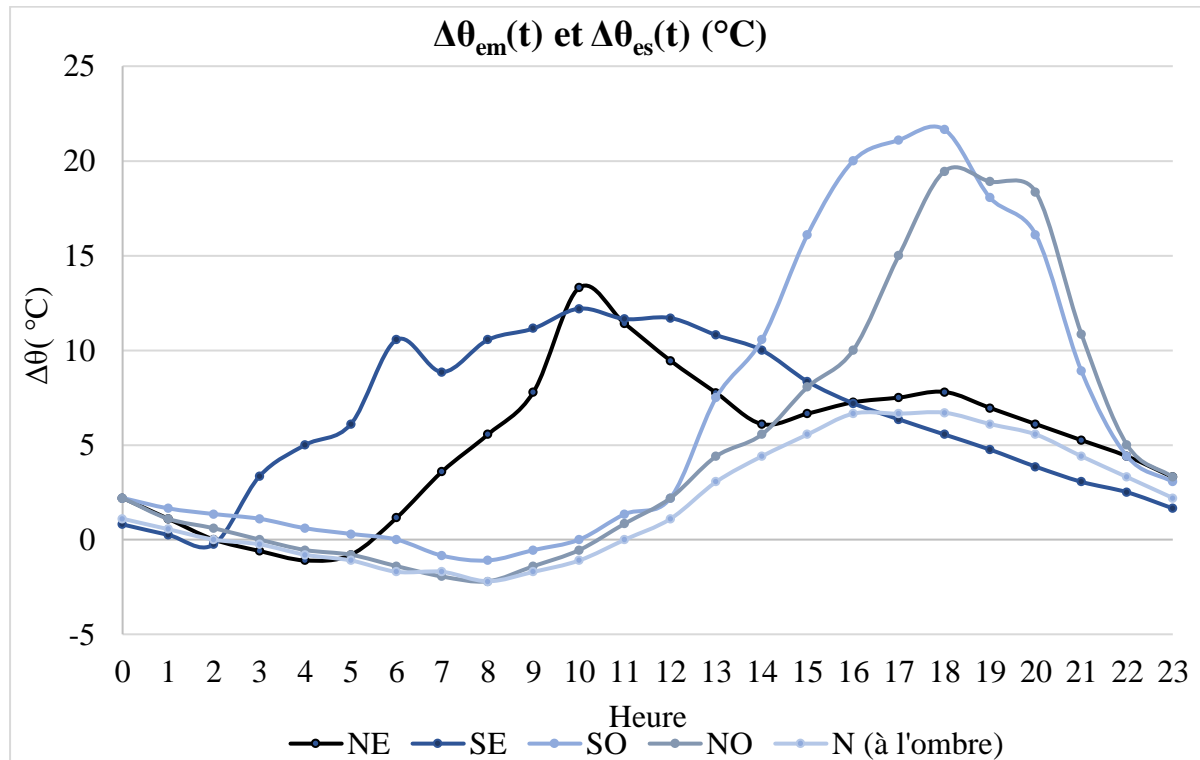


Figure III.4 : Différence de température à l'heure (t), pour l'orientation de la paroi considérée.

ii Apports à travers les parois vitrées

Avant de calculer les apports $\Phi_v(t)$ affectant les parois vitrées du bâtiment, on doit d'abord :

- Déterminer la durée d'ensoleillement durant la journée pour une paroi donnée selon son orientation à l'aide du DTR ;
- Connaître les différentes données nécessaires (coefficient de transmission de chaleur K, surface d'ouverture S_{ouv} et le facteur solaire FS du vitrage, et le coefficient d'amortissement $N_{pvi}(t)$ déterminé à partir du DTR) ;
- Les gains dus au gradient de température $\Phi_{vt}(t)$ à travers les parois vitrées extérieures (l'immeuble ne comporte pas de vitrages intérieurs) calculés par la formule (II.15) ;
- Les gains dus au rayonnement solaire à travers les parois vitrées extérieures $\Phi_{ve}(t)$ calculés par la formule (II.16) (voir l'annexe A, page c).

iii Gains internes

Les gains internes dans notre cas, calculés en appliquant la formule (II.17), sont dus soit aux :

- Occupants, qui sont calculés en utilisant la formule (II.18) pour la partie de chaleur sensible, et par la formule II.19) pour la partie latente ;
- Éclairages, qui sont calculés par l'application de la formule (II.20).
- Machines électriques, qui sont donnés par le DTR (voir l'annexe A, page g).

Pour chaque pièce de l'appartement, les résultats trouvés sont présentés par les tableaux présentés dans l'annexe de ce mémoire selon les pièces de l'appartement A suivantes :

- **Chambre 1**

Voir l'annexe A, page f.

- **Chambre 2**

Voir l'annexe A, page g.

- **Open-Space**

Voir l'annexe A, page g.

iv Apports par introduction d'air extérieur

Afin de les calculer, il faut déterminer d'abord les débits appropriés :

- Débit dû aux infiltrations, qui se détermine en appliquant la formule (II.23) ;
- Débit d'air neuf, qui se détermine (cas des logements), en utilisant les formules (II.26) et (II.27). Ensuite, on pourra calculer les apports :

- **Dus aux infiltrations**

Ils sont déterminés en appliquant la formule (II.21) pour la partie sensible de chaleur, et la formule (II.22) pour la partie latente.

- **Dus au renouvellement d'air**

Ils sont déterminés en appliquant la formule (II.24) pour la partie sensible de chaleur, et la formule (II.25) pour la partie latente. Pour chaque pièce de l'appartement, les résultats trouvés sont présentés par les tableaux (présentés dans l'annexe), et histogrammes qui suivent.

- **Chambre 1**

Voir l'annexe A, page h.

- **Chambre 2**

Voir l'annexe A, page i.

- **Open-Space**

Voir l'annexe A, page j.

b. Résultats**i Chambre 1****– Plan d'architecture**

Le plan qui apparaît dans la figure suivante représente la chambre 1 de l'appartement A avec l'orientation de ses parois, séparément, afin de pouvoir étudier les apports qui l'affectent.



**Documents privés de la société propriétaire
de l'immeuble étudié.**

Figure III.5 : Plan de la chambre 1 – Appartement A.

– Apports à travers les parois opaques

Les apports à travers les parois aériennes sont calculés par l'application de la formule (II.6).

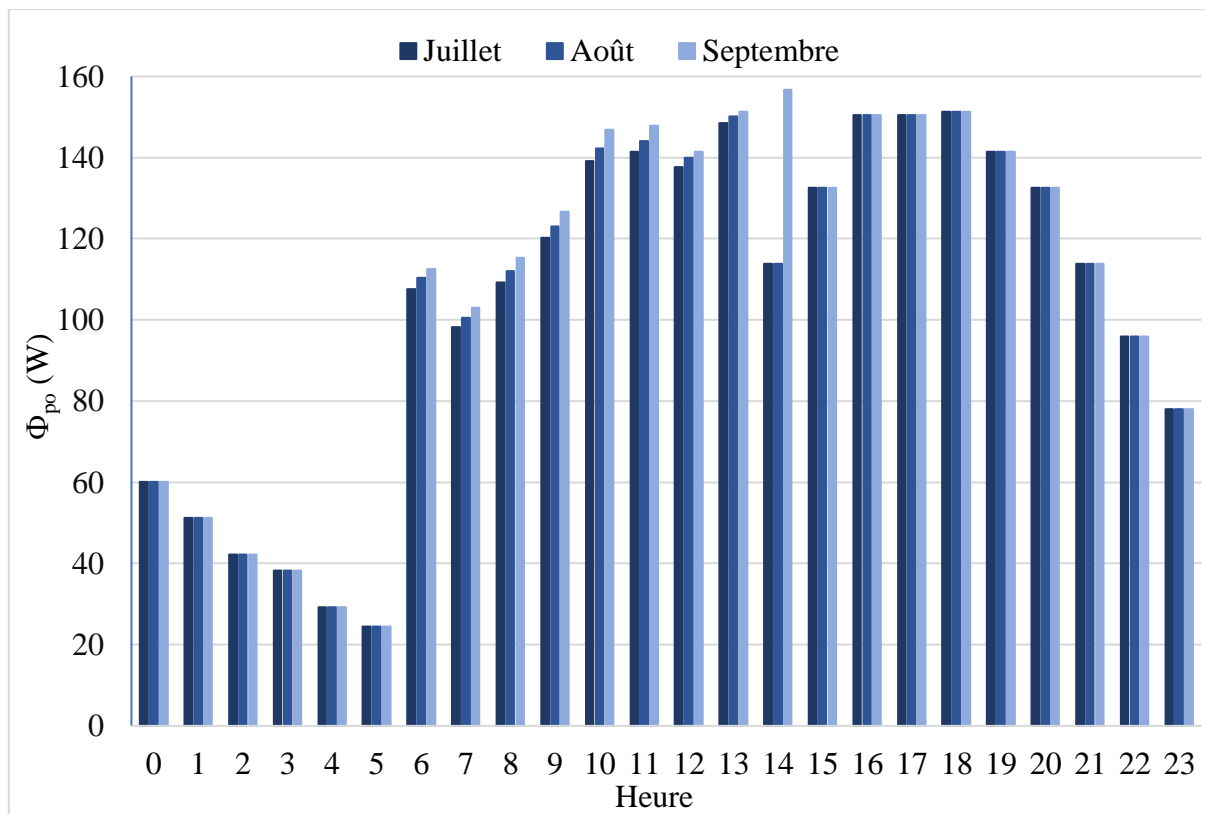


Figure III.6 : Apports à travers les parois opaques (intérieures et extérieures).

– **Apports à travers les parois vitrées**

Afin de calculer les apports $\Phi_v(t)$, il faut utiliser la formule (II.14).

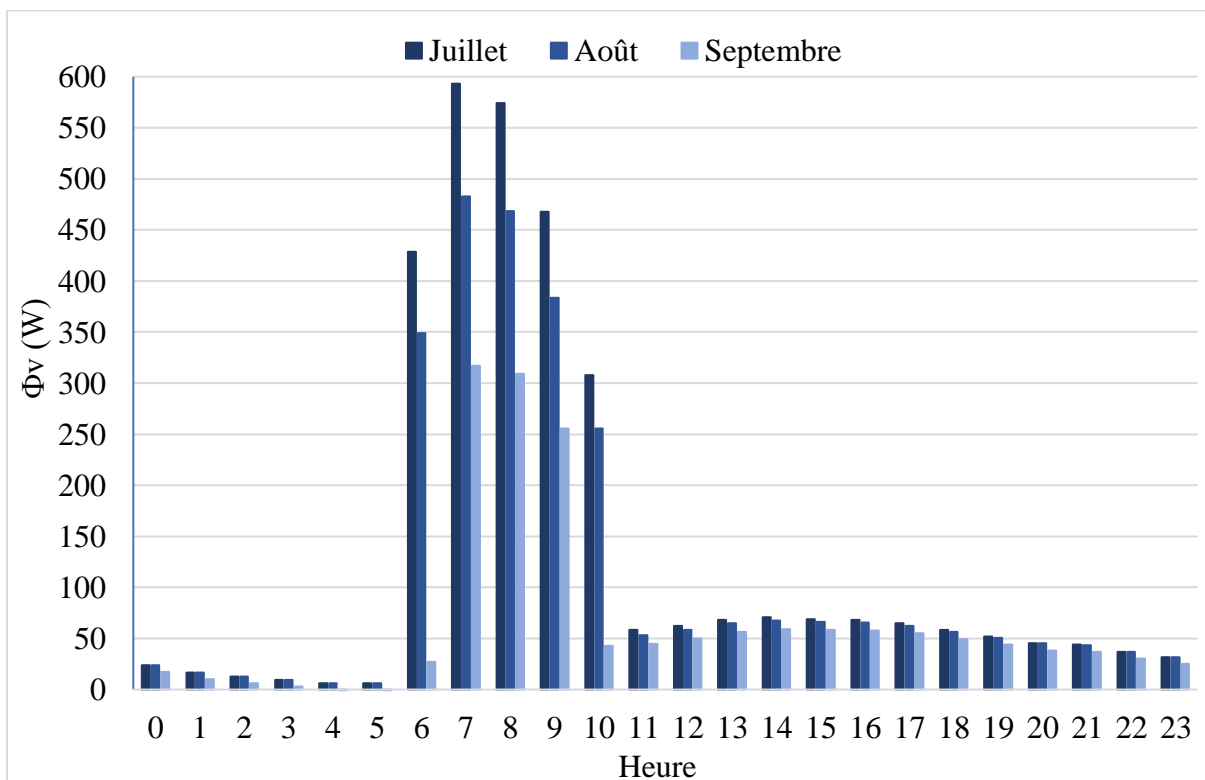


Figure III.7 : Apports à travers les parois vitrées (NE).

– **Gains internes**

Les gains internes $\Phi_{i,l}$ sont calculés en appliquant la formule (II.17).

$\Phi_{s,oc}$ (W)	$\Phi_{l,oc}$ (W)	$\Phi_{s,é}$ (W)	$\Phi_{l,é}$ (W)	$\Phi_{s,m}$ (W)	$\Phi_{l,m}$ (W)	$\Phi_{i,l}$ (W)
159,75	135	10	0	15	0	67,5

Tableau I.2 : Apports internes.

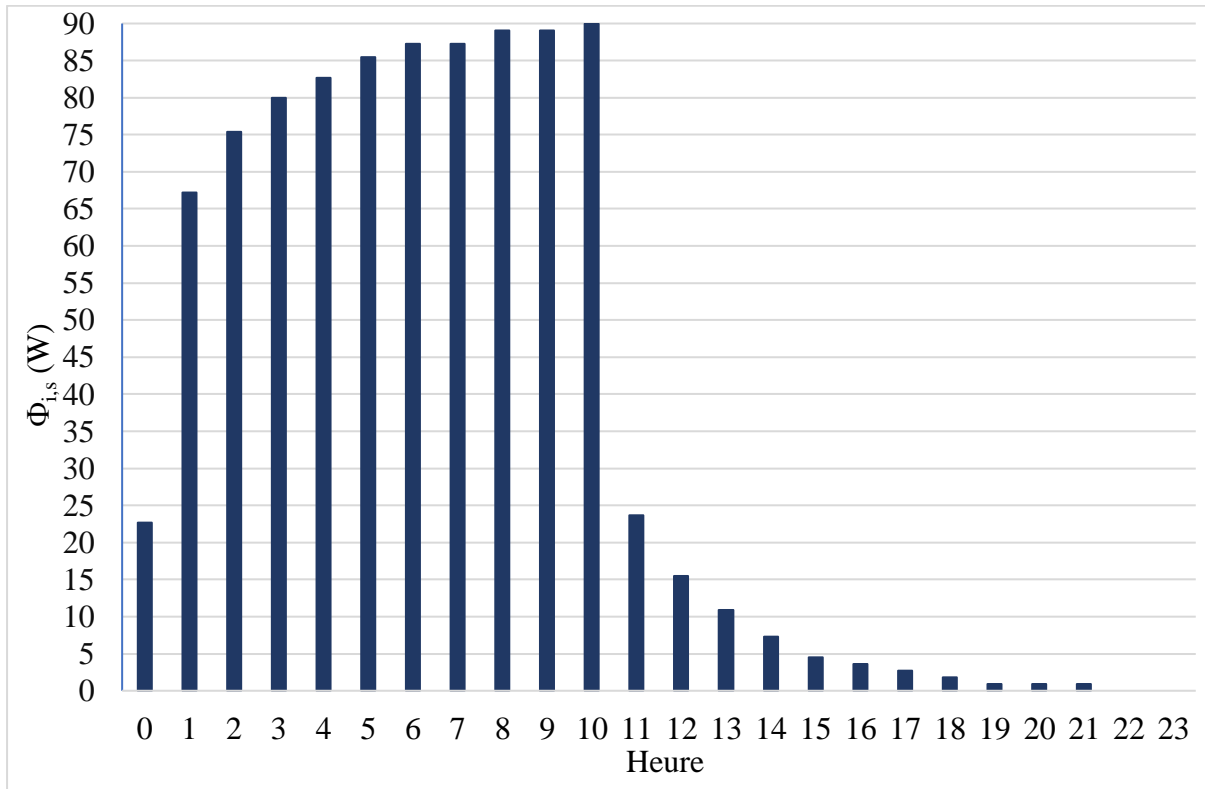


Figure III.8 : Apports internes sensibles.

– **Apports par introduction d'air extérieur**

Les apports dus au renouvellement d'air sont déterminés en appliquant la formule (II.24) pour la partie sensible de chaleur, et la formule (II.25) pour la partie latente.

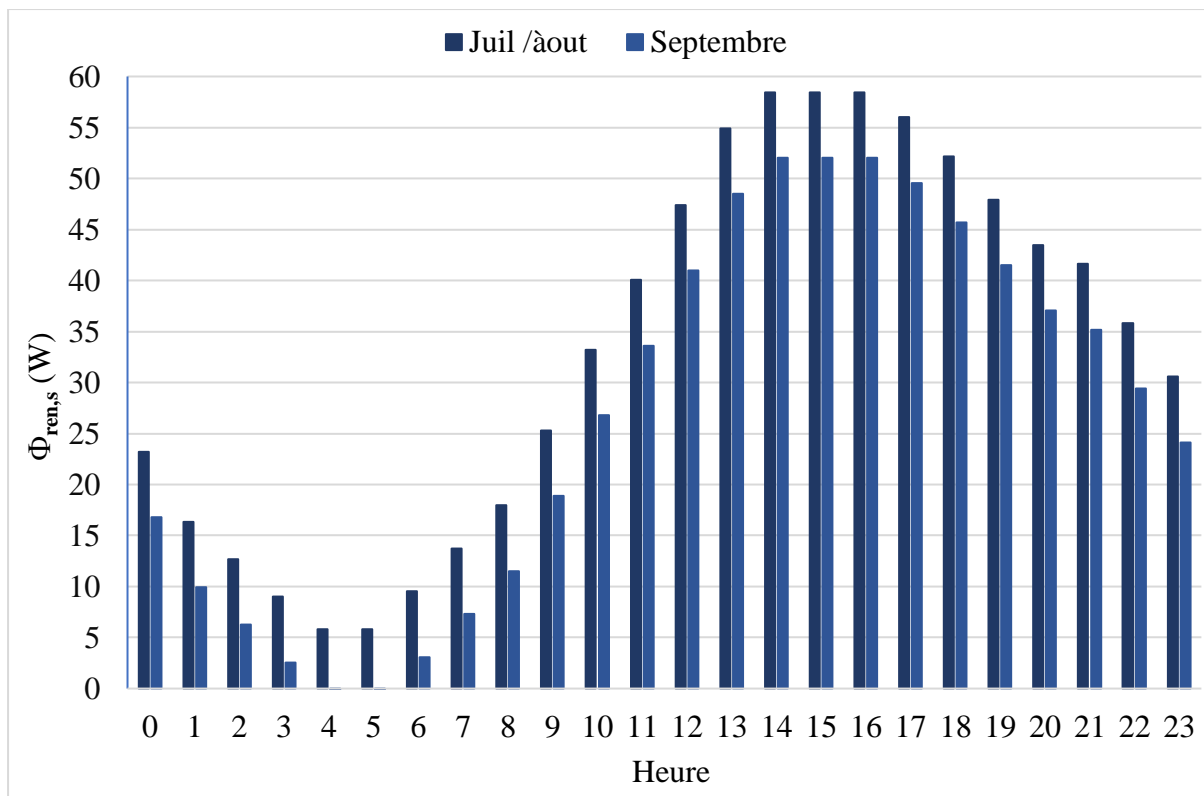


Figure III.9 : Apports sensibles dus au renouvellement de l'air.

Par contre, les apports dus aux infiltrations d'air sont déterminés en appliquant la formule (II.21) pour la partie sensible de chaleur, et la formule (II.22) pour la partie latente.

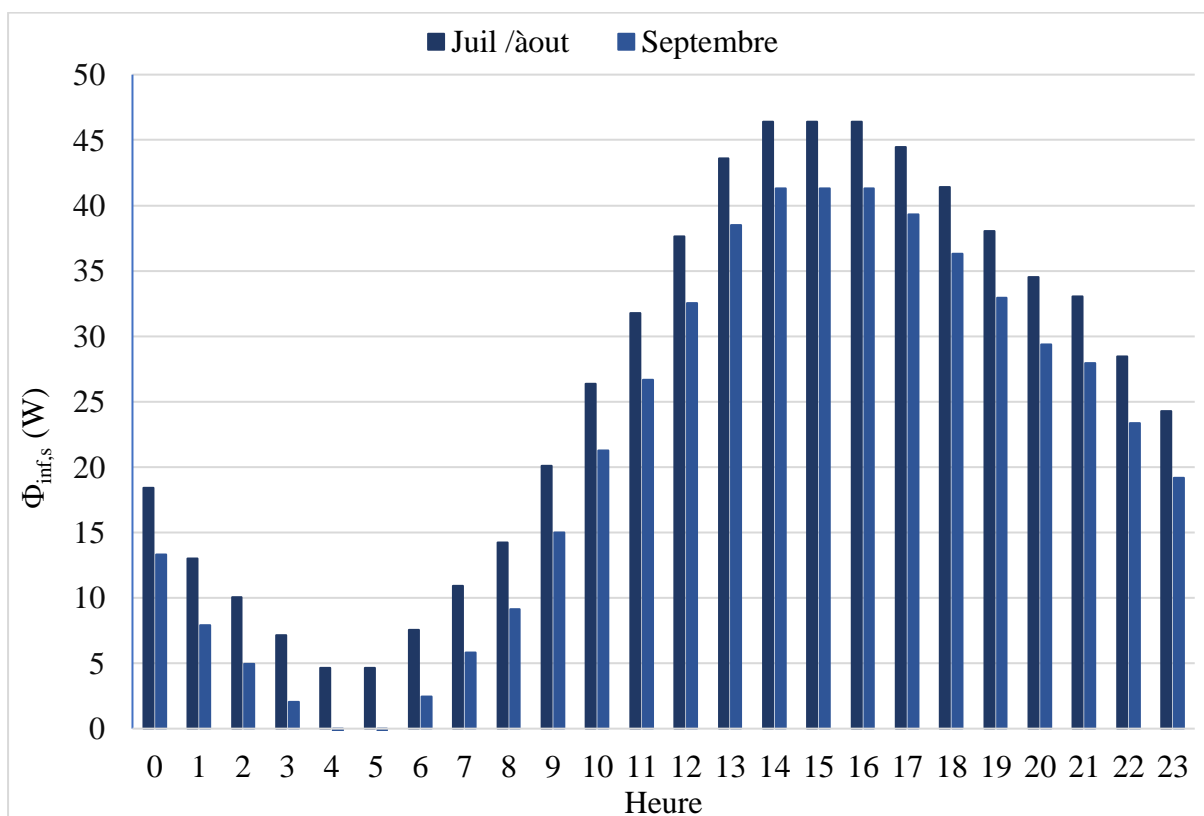


Figure III.10 : Apports sensibles dus aux infiltrations.

Heure	Coef	$\Phi_{ren,1}$ (W)	$\Phi_{inf,1}$ (W)
24/24h	0,799	88,7005	70,3973

Tableau III.3 : Apports latents dus aux renouvellements et infiltrations d'air.

– **Apports sensibles**

Les apports sensibles sont calculés par l'application de la formule (II.1).

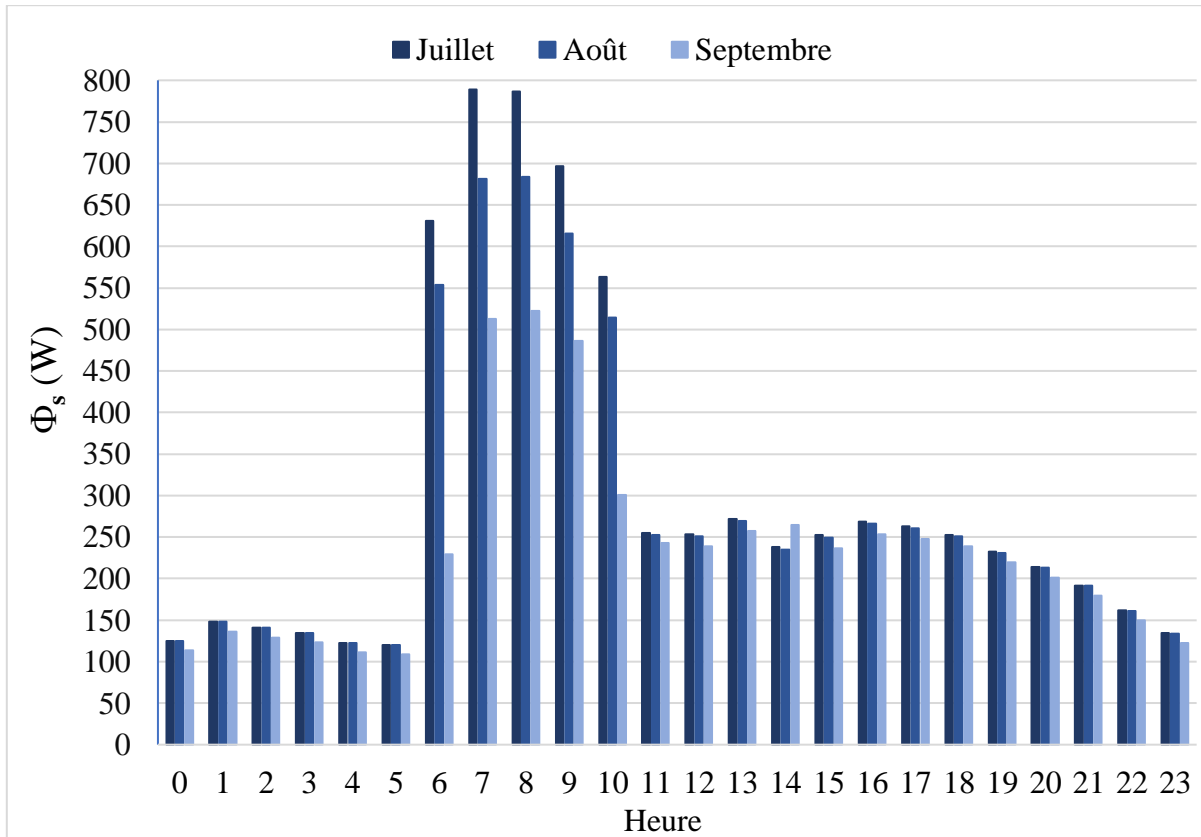


Figure III.11 : Apports sensibles.

– **Apports latents**

Les apports latents $\Phi_{i,1}$ sont calculés en utilisant la formule (II.2).

$$\Phi_1 = 137,9 \text{ W}$$

ii Chambre 2

– **Plan d'architecture**

Le plan qui apparaît dans la figure suivante représente la chambre 2.



**Documents privés de la société propriétaire
de l'immeuble étudié.**

Figure III.12 : Plan de la chambre 2 – Appartement A.

– Apports à travers les parois opaques

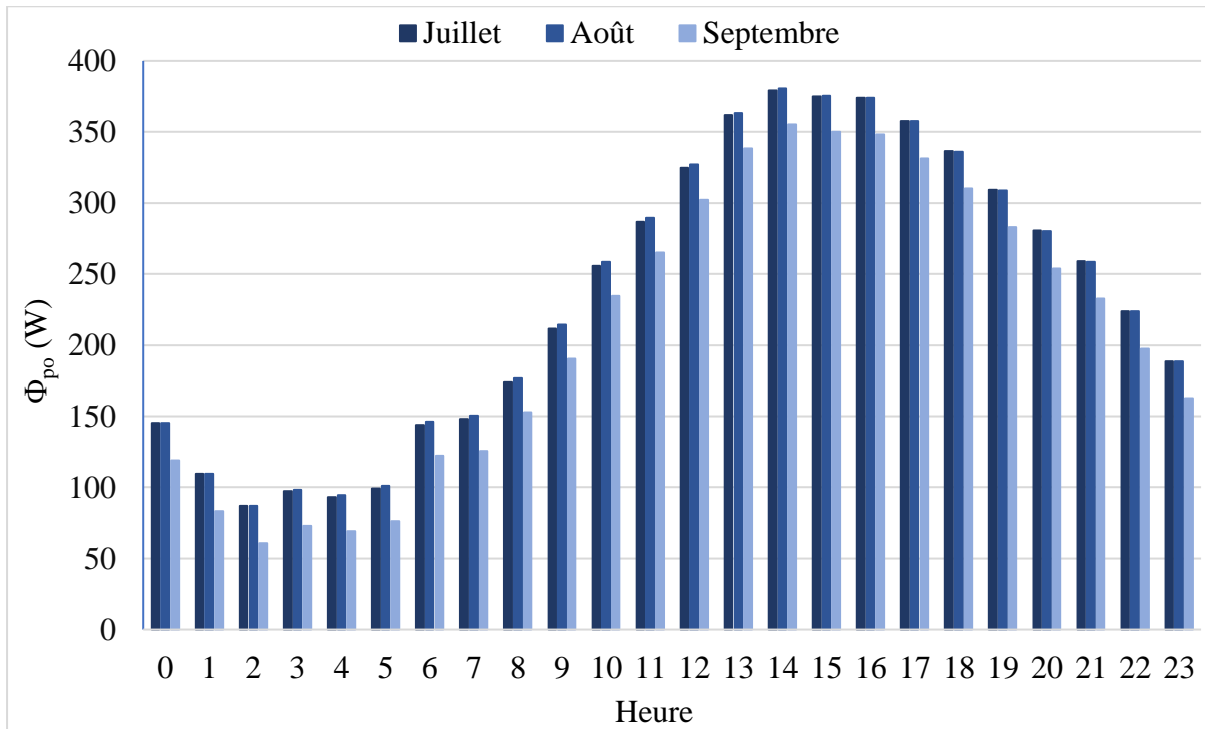


Figure III.13 : Apports à travers les parois opaques.

– Apports à travers les parois vitrées

Afin de calculer les apports $\Phi_v(t)$, il faut utiliser la formule (II.14).

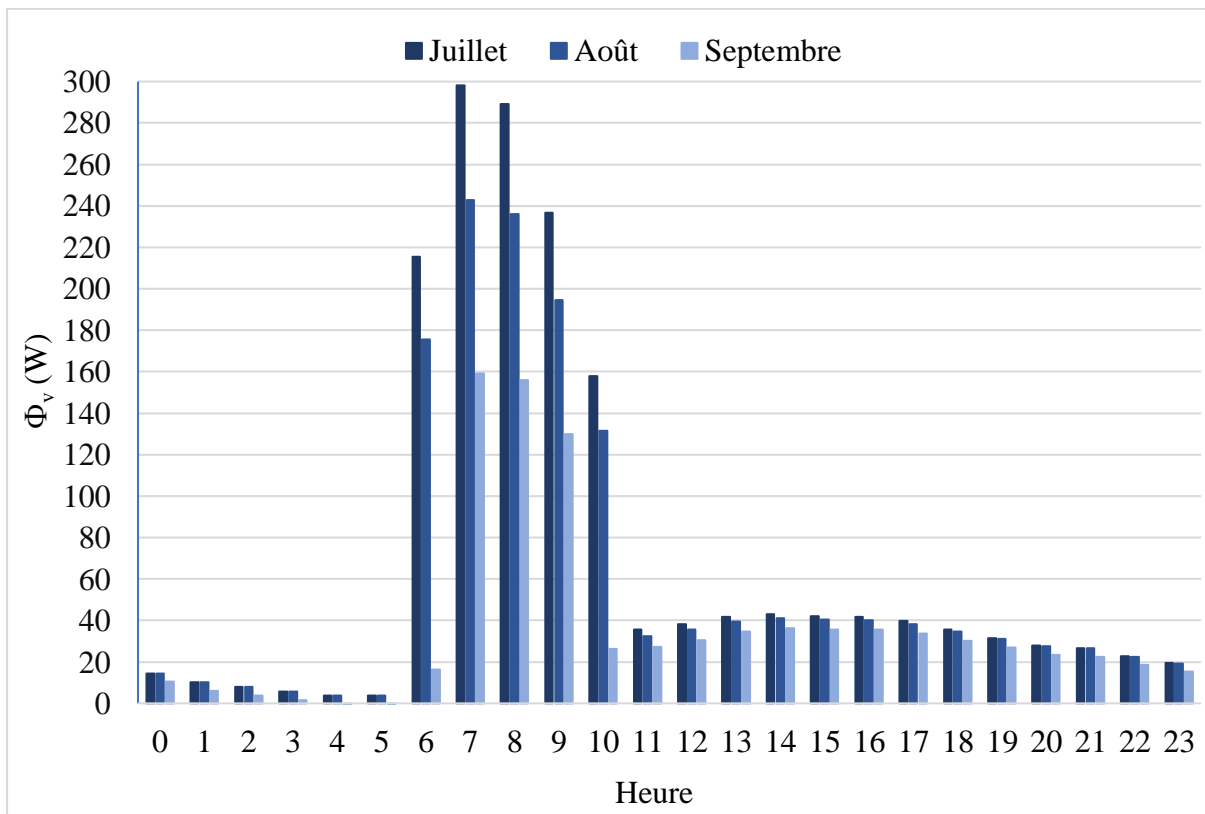


Figure III.14 : Apports à travers les parois vitrées – Orientation (NE).

– **Gains internes**

Les gains internes $\Phi_{i,l}$ se calculent en appliquant la formule (II.17).

$\Phi_{s,oc}$ (W)	$\Phi_{l,oc}$ (W)	$\Phi_{s,\acute{e}}$ (W)	$\Phi_{l,\acute{e}}$ (W)	$\Phi_{s,m}$ (W)	$\Phi_{l,m}$ (W)	$\Phi_{i,l}$ (W)
159,75	135	10	0	180	0	67,5

Tableau III.4 : Apports internes.

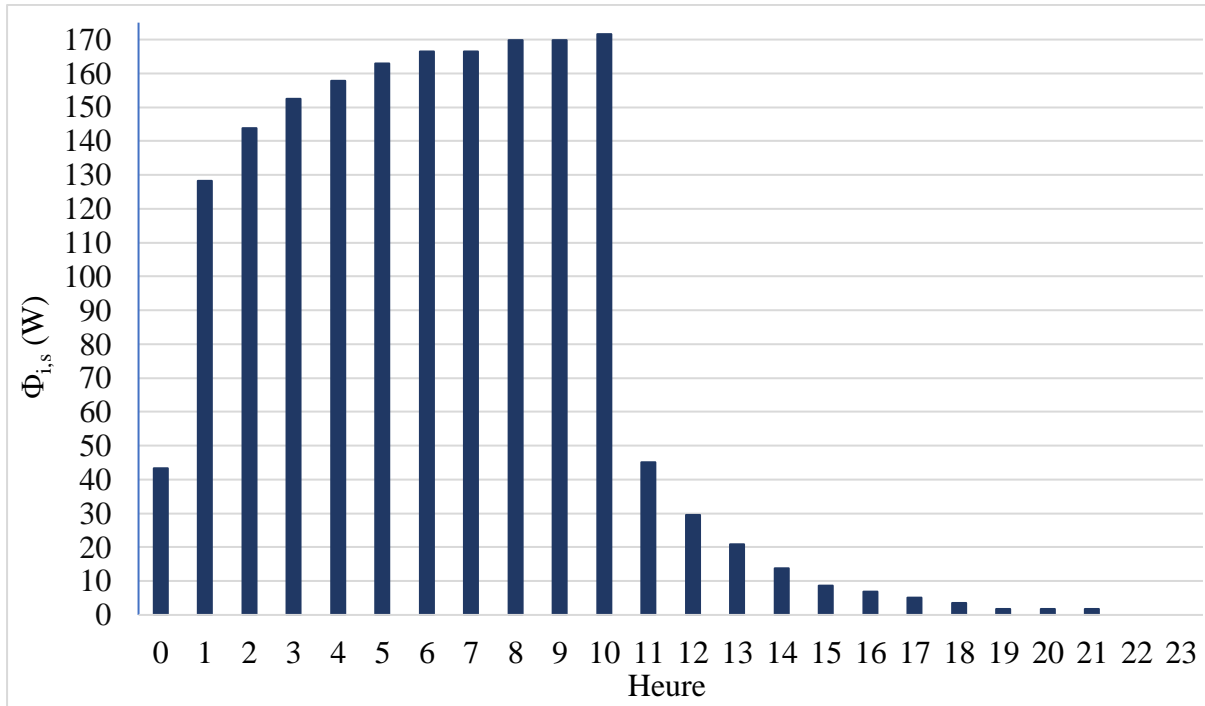


Figure III.15 : Apports internes sensibles.

– **Apports par introduction d'air extérieur**

Les apports dus au renouvellement d'air sont déterminés en appliquant la formule (II.24) pour la partie sensible de chaleur, et la formule (II.25) pour la partie latente. Par contre, les apports dus aux infiltrations d'air sont déterminés en appliquant la formule (II.21) pour la partie sensible de chaleur, et la formule (II.22) pour la partie latente.

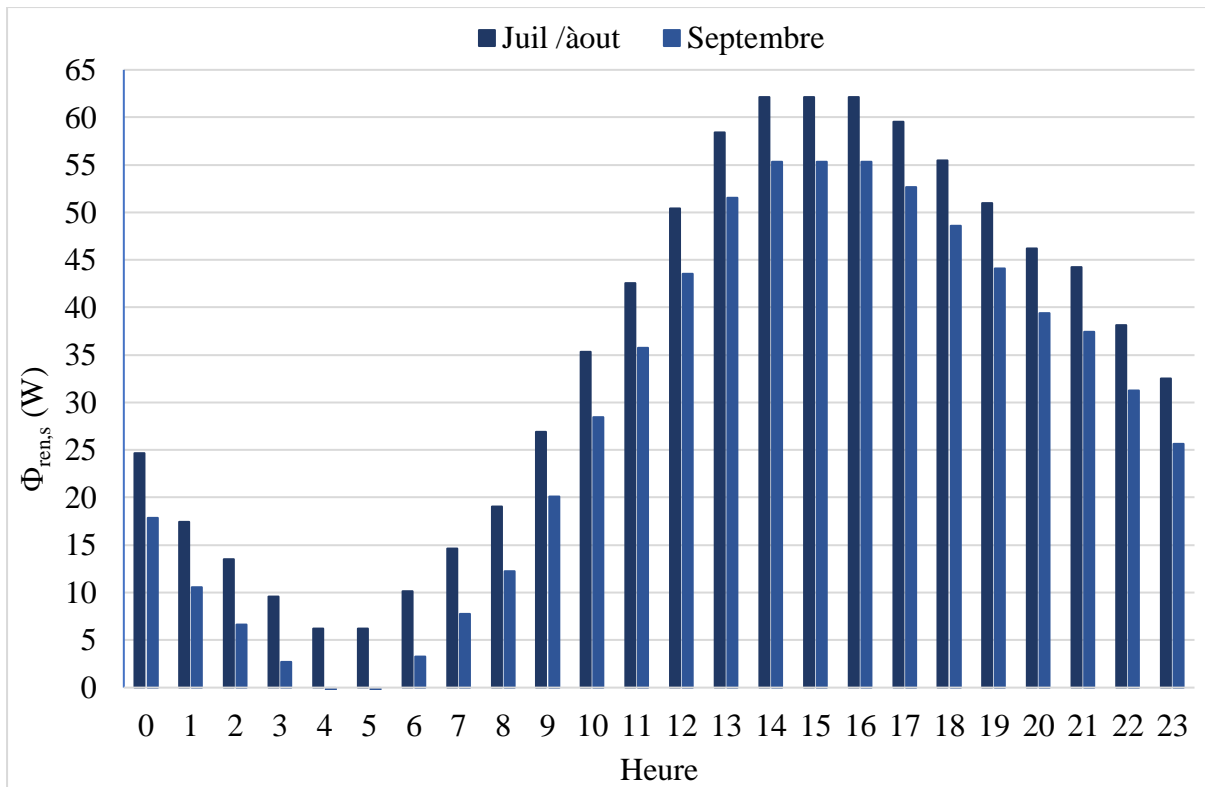


Figure III.16 : Appports sensibles dus au renouvellement d'air.

Heure	Coef	$\Phi_{ren,1}$ (W)	$\Phi_{inf,1}$ (W)
24/24h	0,799	94,3081	0

Tableau III.5 : Appports latents dus aux renouvellement et infiltrations d'air.

– **Appports sensibles**

Les appports sensibles sont calculés par l'application de la formule (II.1).

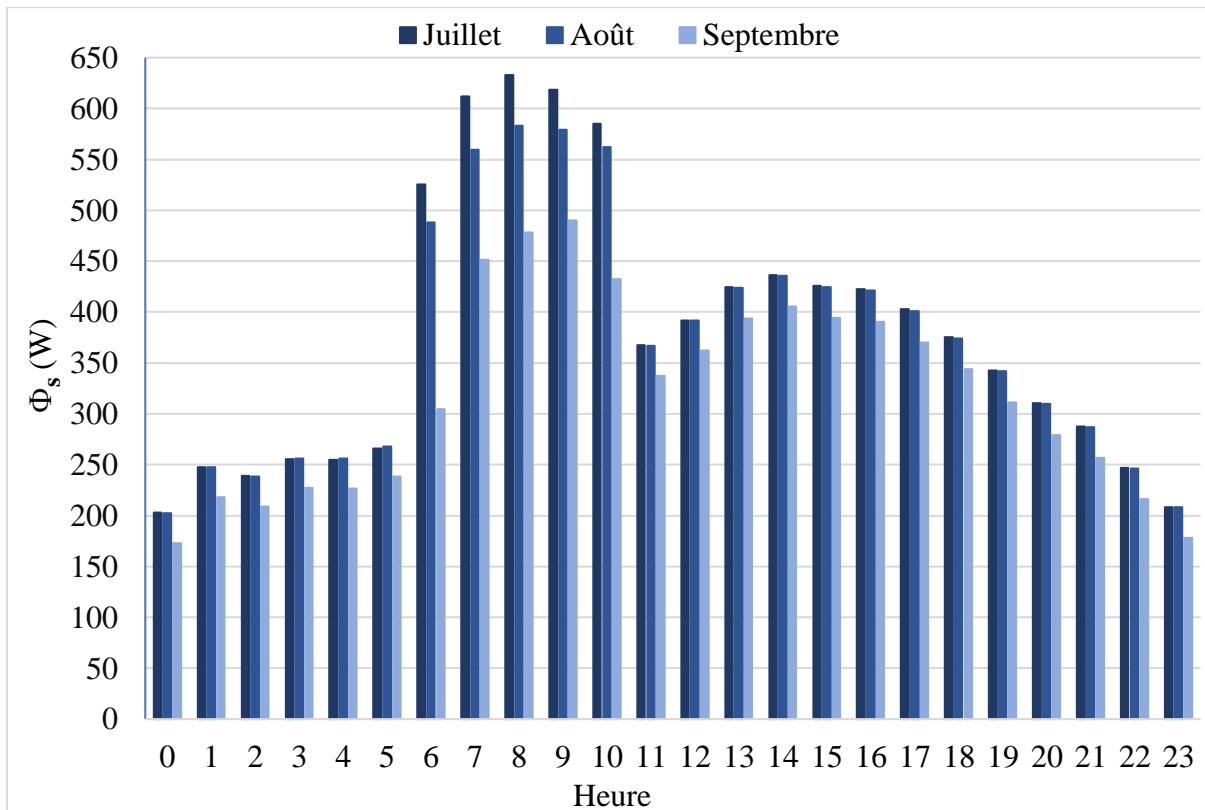


Figure III.17 : Apports sensibles.

– **Apports latents**

Les apports latents sont calculés en utilisant de la formule (II.2).

$$\Phi_1 = 67,5 \text{ W}$$

iii Open-Space

– **Plan d'architecture**

Le plan qui apparaît dans la figure suivante représente l'Open-Space (ensemble de salon, cuisine et hall) de l'appartement A. On suivra la même démarche de calcul que la Chambre 1 et 2.



**Documents privés de la société propriétaire
de l'immeuble étudié.**

Figure III.18 : Plan de l'Open-Space – Appartement A.

– Apports à travers les parois opaques

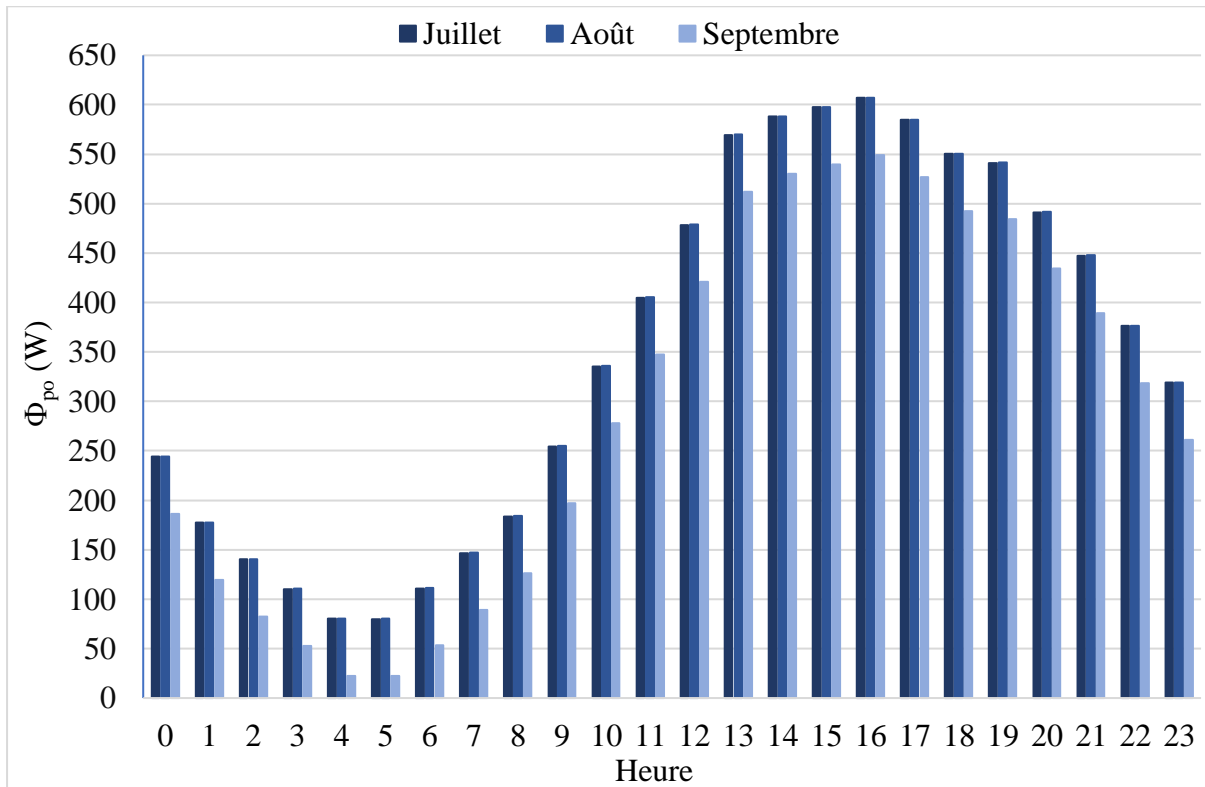


Figure III.19 : Apports à travers les parois opaques.

– Apports à travers les parois vitrées

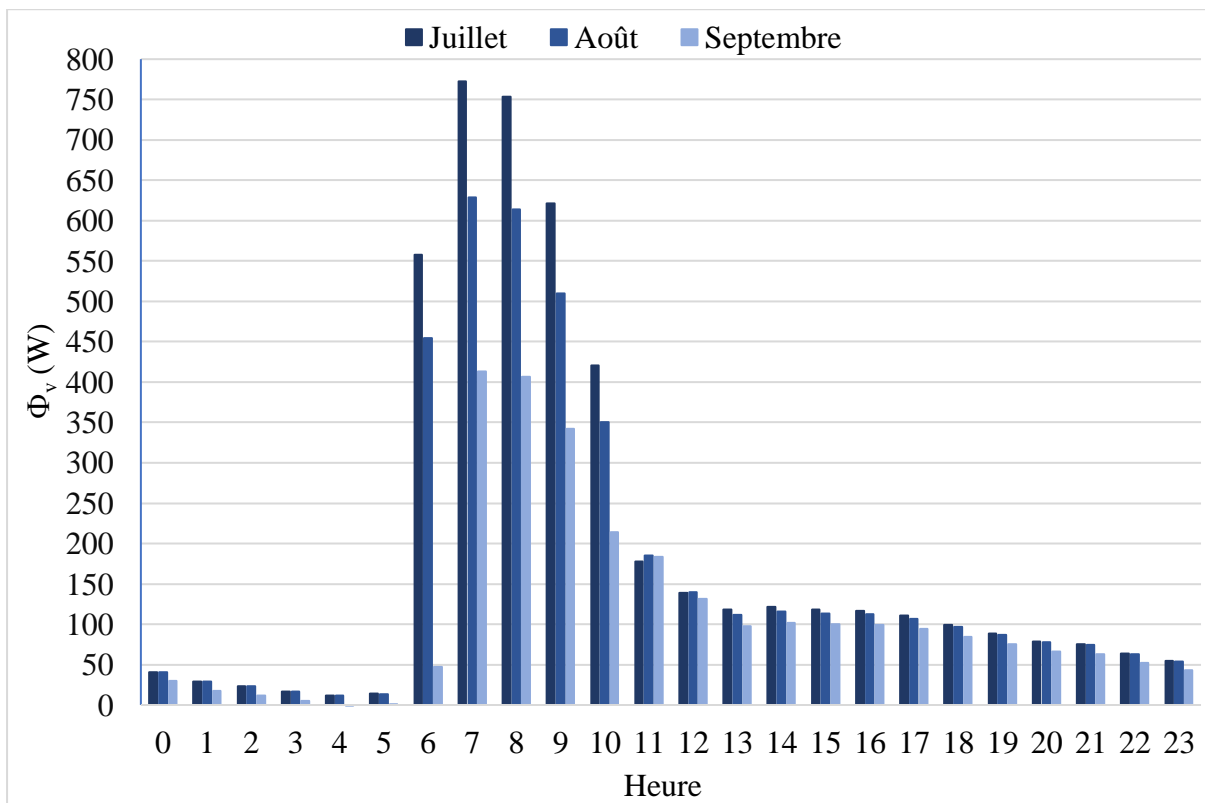


Figure III.20 : Apports à travers toutes les parois vitrées.

– Gains internes

$\Phi_{s,oc}$ (W)	$\Phi_{l,oc}$ (W)	$\Phi_{s,é}$ (W)	$\Phi_{l,é}$ (W)	$\Phi_{s,m}$ (W)	$\Phi_{l,m}$ (W)
383,4	324	40	0	12140	4997

Tableau III.6 : Apports internes.

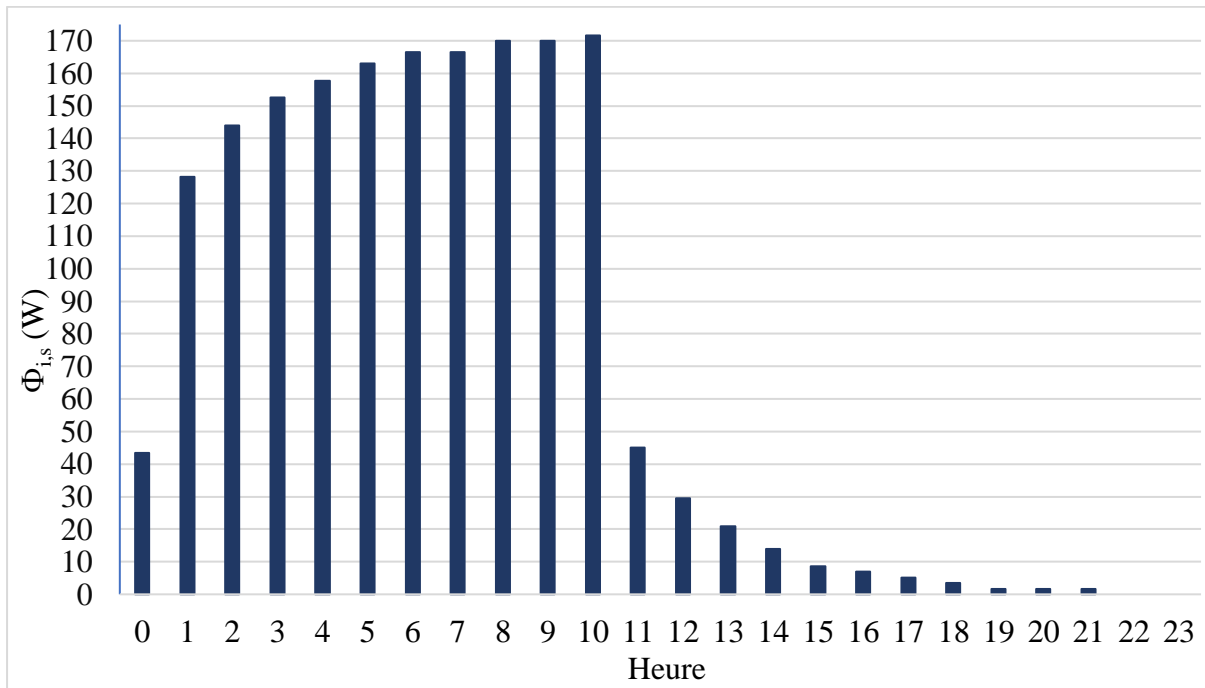


Figure III.21 : Apports internes sensibles.

– Apports par introduction d’air extérieur

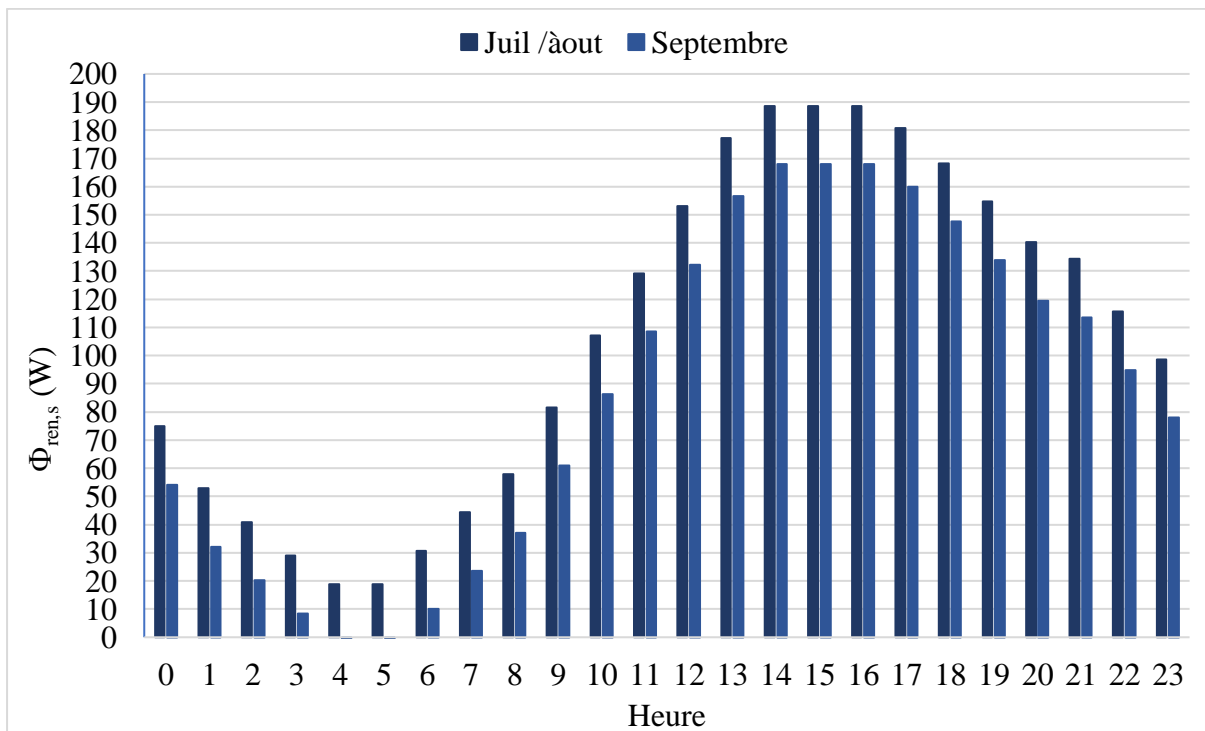


Figure III.22 : Apports sensibles dus au renouvellement de l’air.

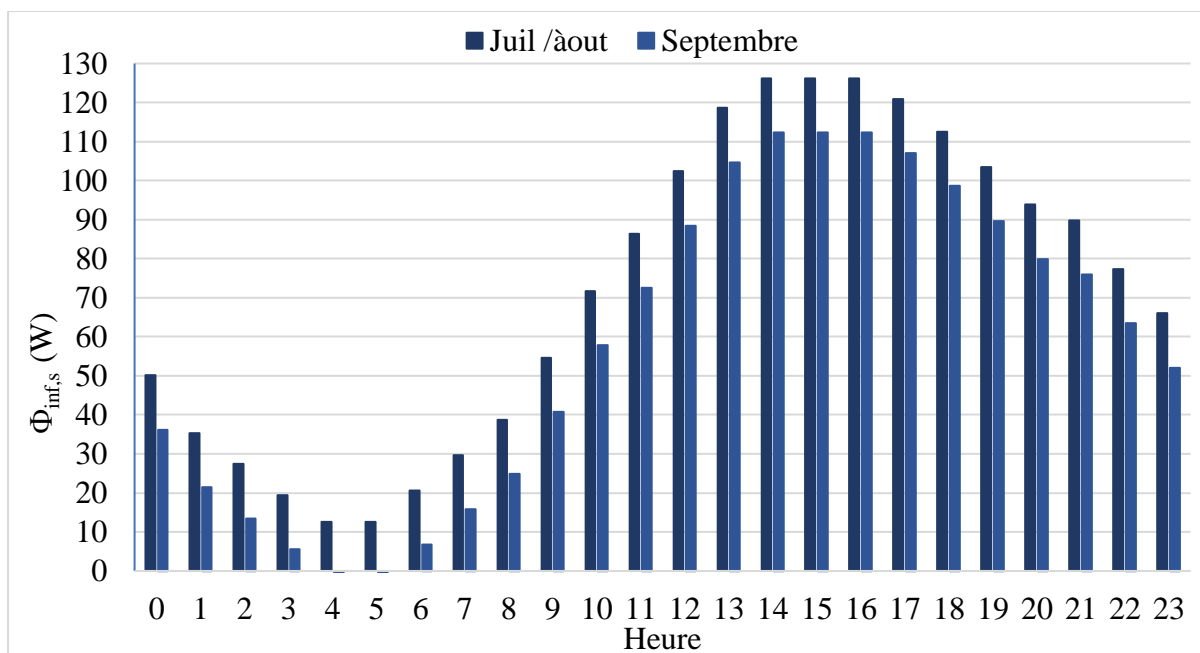


Figure III.23 : Apports latents dus aux infiltrations.

Heure	Coef	$\Phi_{ren,l}$ (W)	$\Phi_{inf,l}$ (W)
24/24h	0,799	286,2013	191,4805

Tableau III.7 : Apports latents dus aux renouvellement et infiltrations d'air.

– Apports sensibles

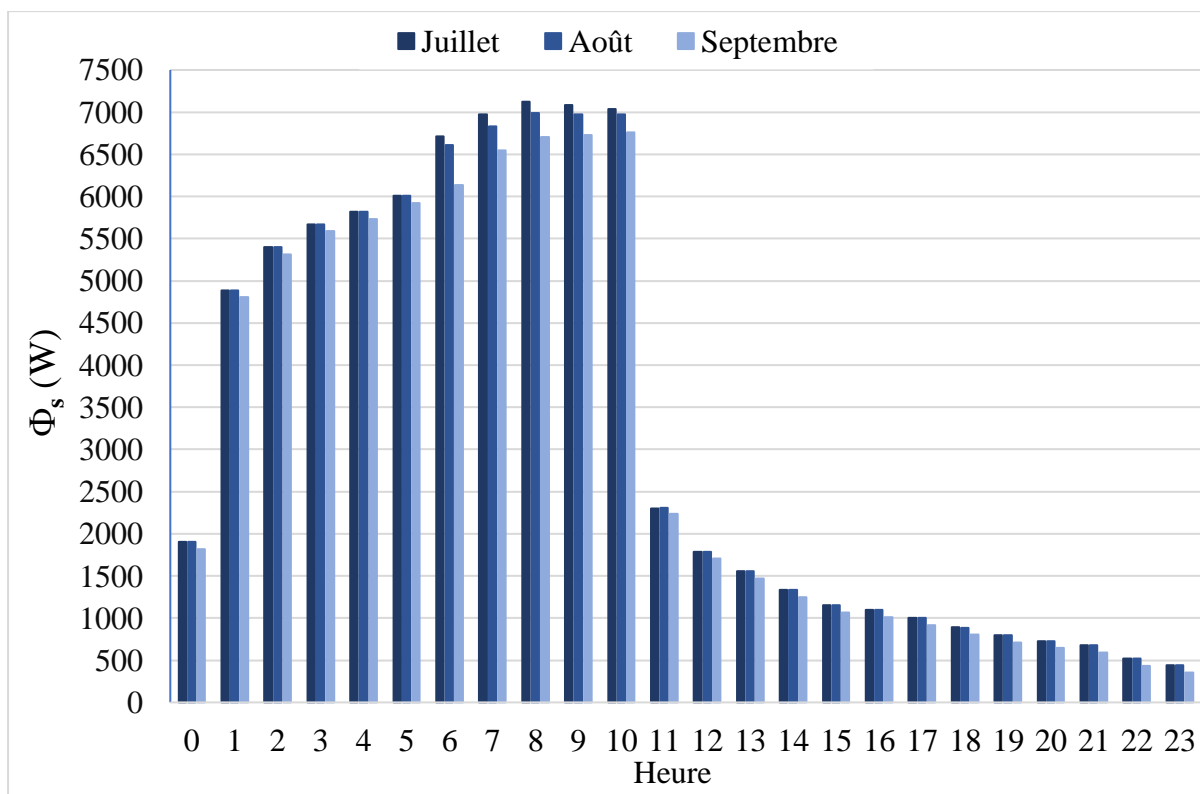


Figure III.24 : Apports sensibles.

– **Apports latents**

Les apports latents $\Phi_{i,l}$ sont calculés en utilisant la formule (II.2).

$$\Phi_l = 2852 \text{ W}$$

iv Récapitulatif des apports calorifiques sur le plan de l'appartement A

Le plan architectural suivant, illustre les différents apports de chaleur à l'appartement A étudié.



**Documents privés de la société propriétaire
de l'immeuble étudié.**

Figure III.25 : Plan de l'appartement A illustrant les différents apports calorifiques.

III.3.2 Débits de soufflage

Les débits de soufflage sont calculés par la formule (II.28) ou (II.29), pour chaque pièce de l'appartement, pendant l'entièreté de la saison estivale (voir annexe A, page q). Or, dans ce chapitre, seulement les débits de soufflage maximaux (qui correspondent aux apports de chaleur les plus défavorables) sont présentés dans la figure suivante :



**Documents privés de la société propriétaire
de l'immeuble étudié.**

Figure III.26: Plan illustrant les bouches et débits de soufflage, ainsi que le réseau de gaines.

a. Nombre de bouches de soufflage

Pour des raisons de confort, la vitesse de l'air au sein des pièces conditionnées de l'appartement, ne doit pas dépasser le seuil de 0.3 m/s. Pour cette raison, afin de déterminer le nombre de bouches de soufflage d'air nécessaires pour chaque pièce, on doit d'abord :

- Déterminer l'humidité spécifique r^s par la formule (II.29), pour calculer ensuite le volume spécifique V^s de l'air soufflé dans chaque pièce en appliquant la formule (II.34) ;
- Calculer le débit volumique de l'air sortant des bouches de soufflage, comme suit :

$$q_v = q m_{a,s} V^s \quad (\text{III.1})$$

- Déduire la vitesse de l'air sortant des bouches de soufflage V , par cette formule :

$$V = \frac{q_v}{S} \quad (\text{III.2})$$

Les dimensions de bouches de soufflage sont choisies. Les résultats sont représentés par la figure suivante :

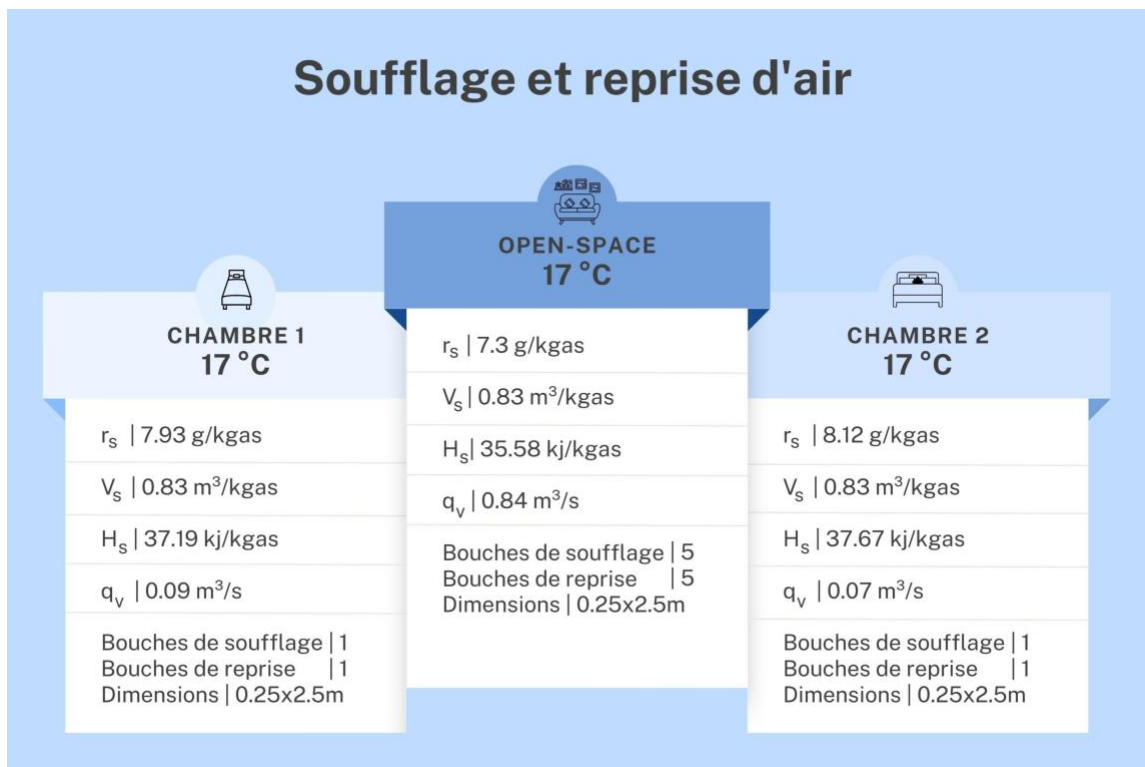


Figure III.27 : Caractéristiques des points de soufflage avec reprise d'air.

III.3.3 Puissance frigorifique

La puissance frigorifique, calculée en appliquant la formule (II.35), pour atteindre nos objectifs (confort hygrothermique), diffère selon le système de traitement utilisé.

a. Appartement A

i Cas tout air neuf

Fréquemment utilisé dans les laboratoires, blocs opératoires et hôpitaux, l'avantage majeur de ce système réside dans sa capacité à fournir un air intérieur très hygiénique qui est nécessaire pour assurer une meilleure santé des occupants. Le coût de ce système est le seul inconvénient.

Systeme tout air neuf

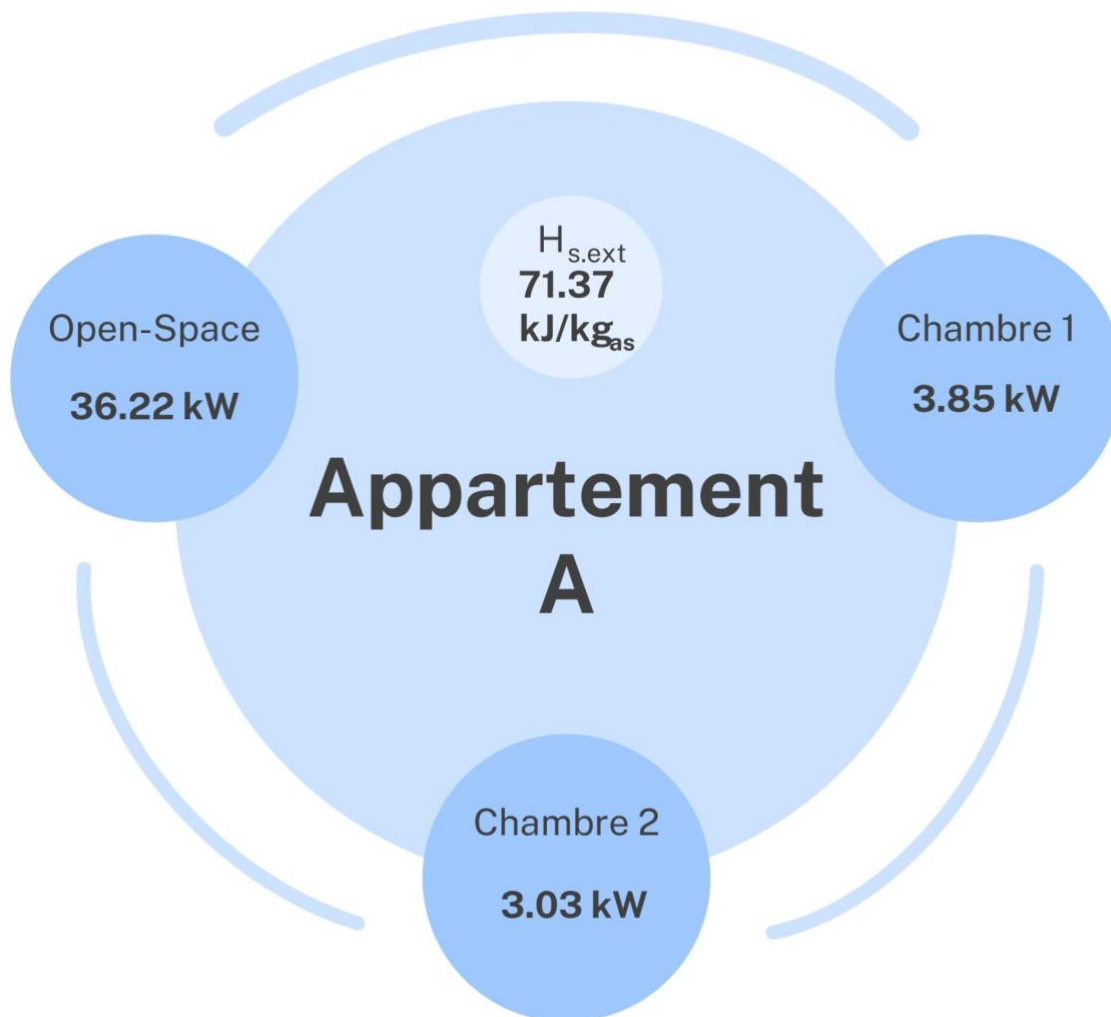


Figure III.28 : Puissance frigorifique cas tout air neuf.

ii Cas d'une partie d'air recyclé

Cependant, étant donné que le système tout air neuf peut être coûteux, il est essentiel de maintenir un niveau minimal d'air frais, afin d'assurer une meilleure santé des occupants. Pour cette raison, on détermine le débit d'air neuf minimal requis dans la pièce étudiée, et on profite par le recyclage d'une partie de l'air intérieur déjà traité (repris), en mélangeant l'air neuf et recyclé, de réduire la puissance frigorifique nécessaire considérablement et l'énergie électrique consommée.

On n'aboutit aux résultats qu'après la détermination de l'humidité spécifique r_m^s et l'enthalpie spécifique H_m^s du mélange des deux airs humides, par les deux expressions suivantes :

$$r_m^s = \frac{r_{a,n}^s qm_{a,n} + r_{a,rec}^s qm_{a,rec}}{qm_m} \quad (III.3)$$

$$H_m^s = \frac{H_{a,n}^s qm_{a,n} + H_{a,rec}^s qm_{a,rec}}{qm_m} \quad (III.4)$$

La figure suivante représente les résultats trouvés pour chaque pièce.

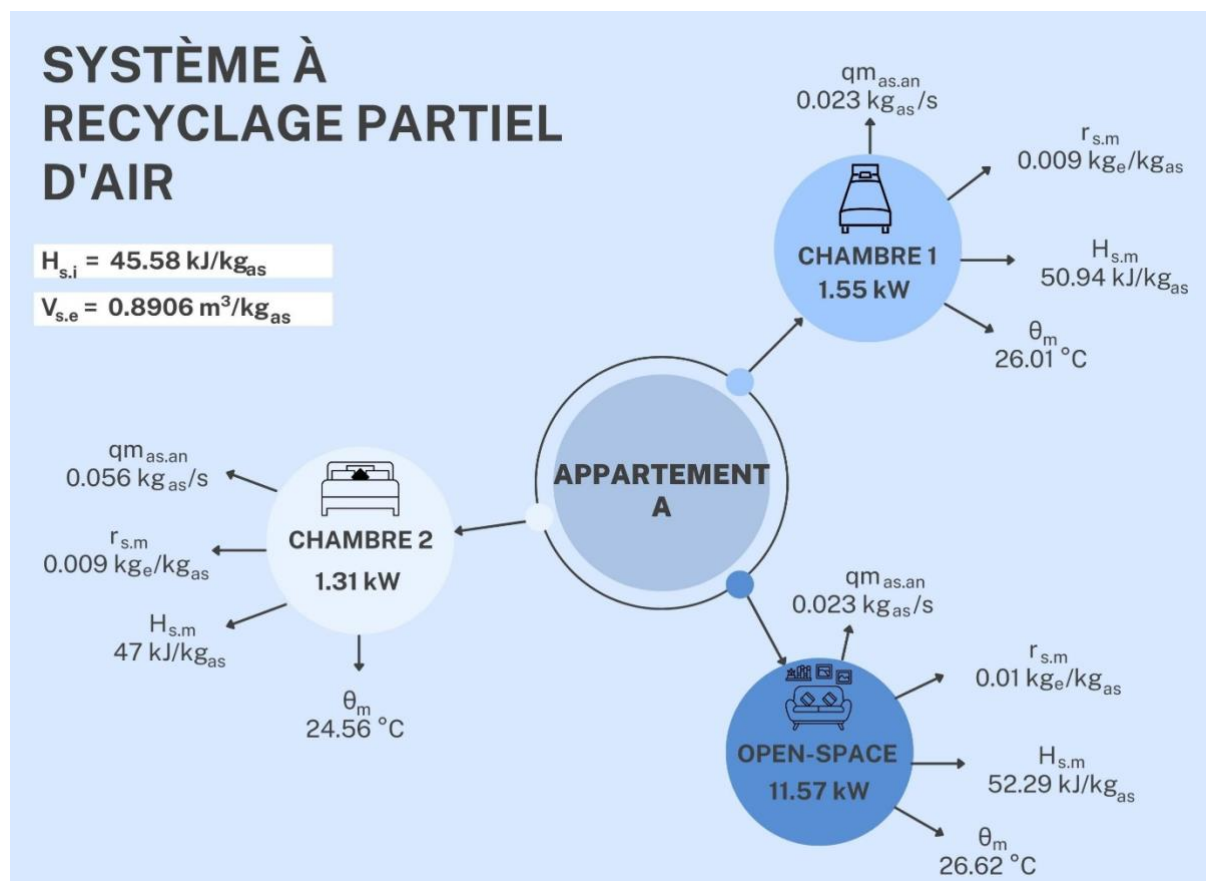


Figure III.29 : Puissance frigorifique cas d'une partie d'air recyclé.

L'évolution de l'air humide dans l'appartement étudié, est représentée dans le diagramme de Carrier suivant.

Appartement A

P = 101325 Pa

Diagramme de Carrier

— Chambre 1 — Chambre 2 — Open-Space

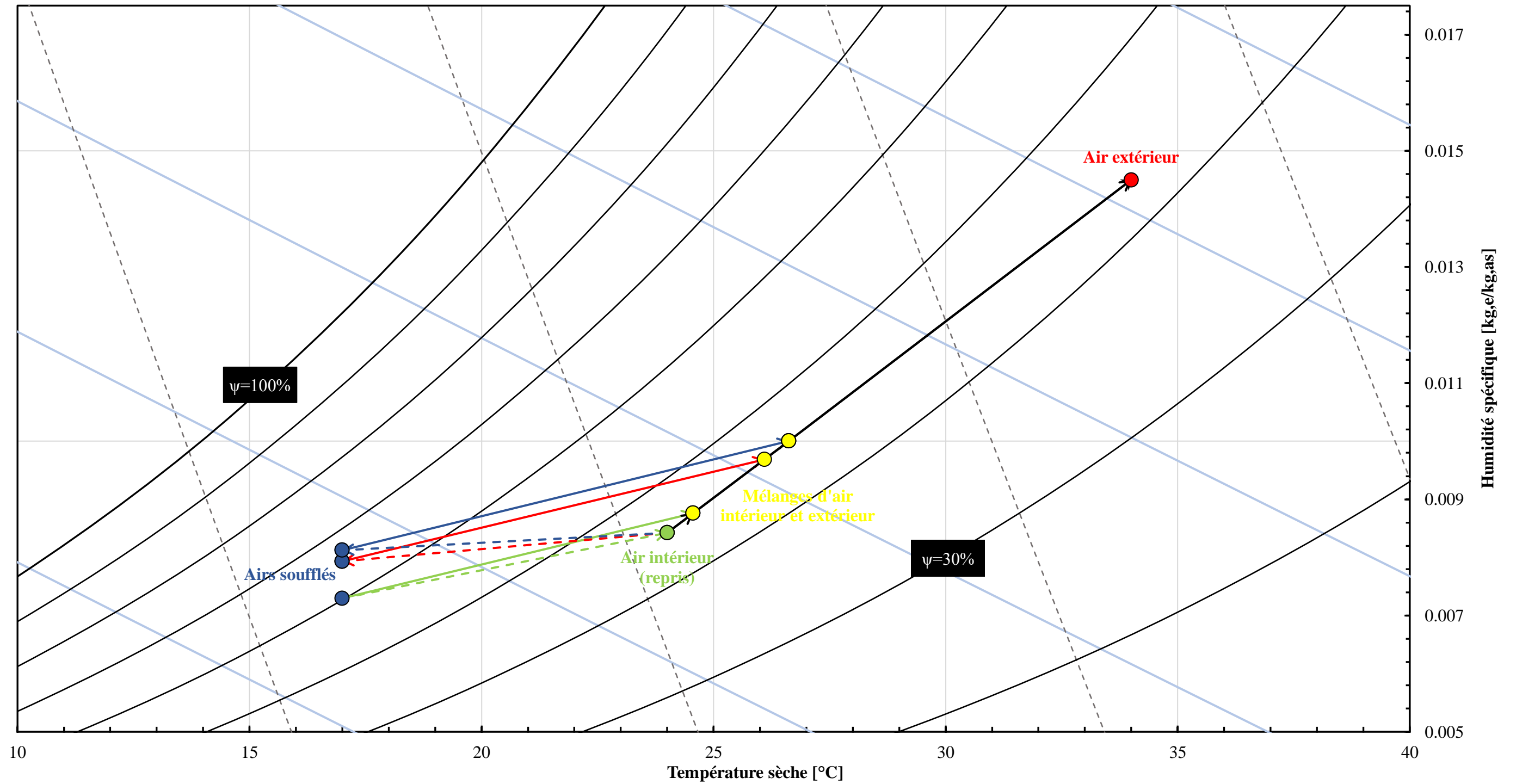


Figure III.30 : Évolution de l'air humide – Appartement A.

iii Cas tout air recyclé

C'est le cas généralement dans la majorité des maisons, où l'air traité est totalement recyclé, qui n'est pas bien sûr hygiénique et sain, mais permet de fortement minimiser les coûts d'acquisition et de consommation des équipements utilisés. Les résultats sont représentés par la figure suivante.

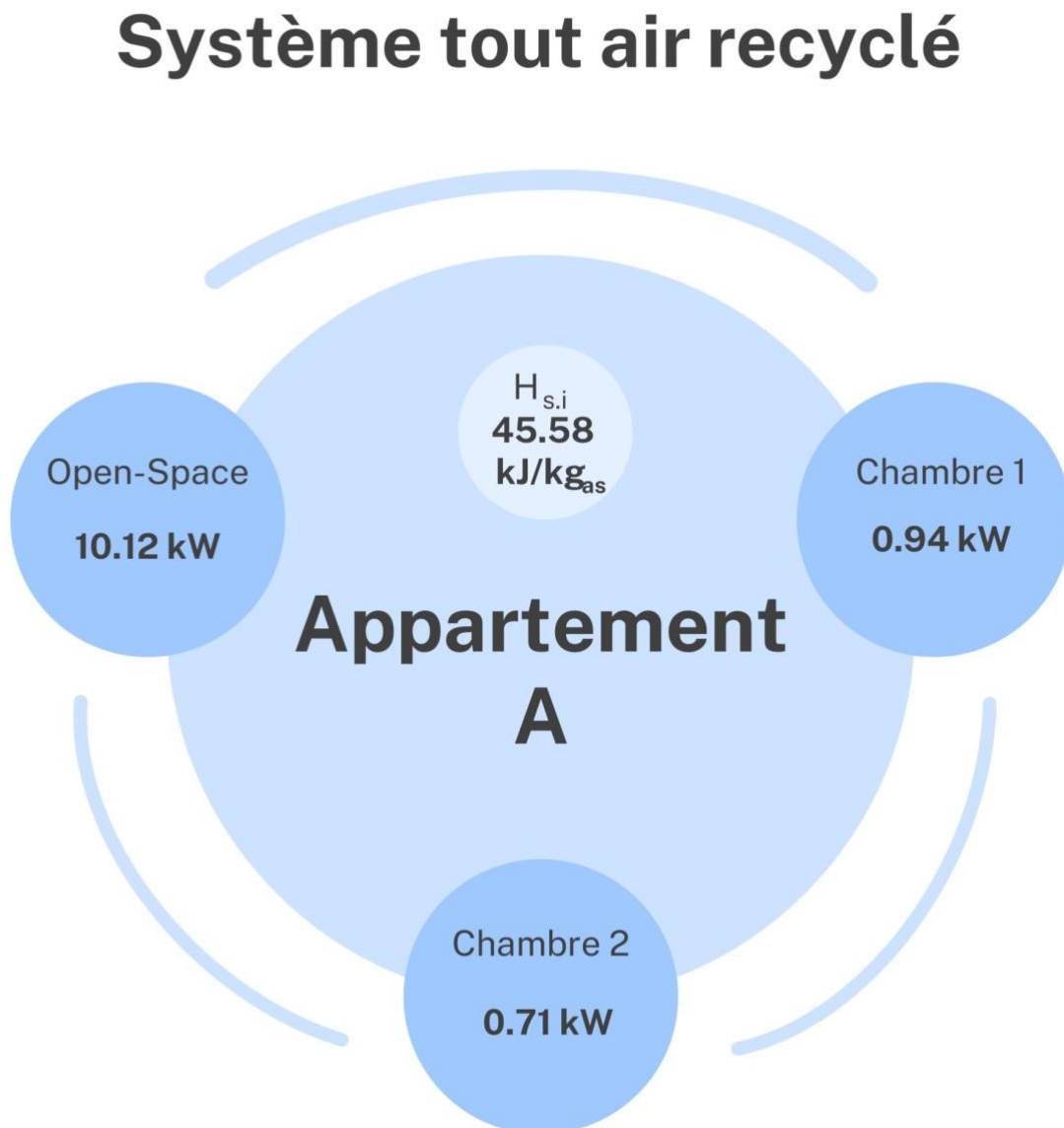


Figure III.31 : Puissance frigorifique cas tout air recyclé.

b. Immeuble

En suivant la même démarche présentée au-dessus, on présentera dans les deux figures suivantes les puissances frigorifiques requises pour toutes les autres parties restantes de la résidence étudiée, mais toujours dans le système à recyclage partiel d'air.

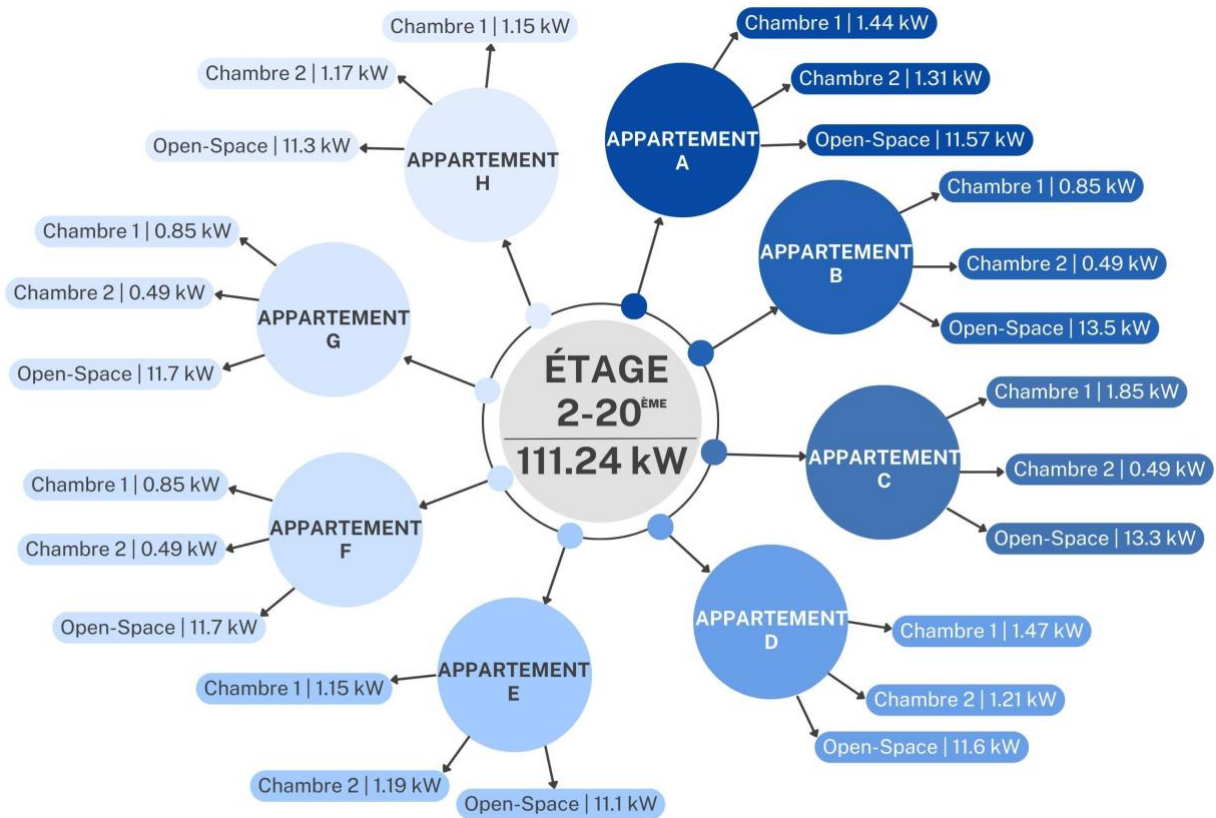


Figure III.32 : Puissance frigorifique pour chaque étage du 2 au 20^{ème}.

Puissance frigorifique totale

Résidence The One



Figure III.33 : Besoin en terme de puissance frigorifique pour tout le bâtiment.

III.4 Système de conditionnement d'air proposé

III.4.1 Description du système

Sur la base de notre analyse approfondie, nous proposons la mise en place d'un système de climatisation centralisé utilisant des centrales de traitement d'air double-flux (une CTA pour chaque étage), à une installation de production de froid. Cette approche présente plusieurs avantages significatifs.

Tout d'abord, un système centralisé permet une gestion plus efficace de la climatisation de l'immeuble étudié, en évitant les inconvénients liés à l'utilisation de plusieurs unités individuelles. Il offre également une meilleure régulation de la température et de l'humidité, assurant ainsi un environnement intérieur confortable pour les occupants.

De plus, l'utilisation des centrales de traitement d'air permet une distribution homogène de l'air climatisé dans tout le bâtiment. Ces centrales sont équipées de filtres haute performance qui garantissent la qualité de l'air intérieur en éliminant les polluants et les allergènes.

En ce qui concerne la production de froid, nous proposons l'installation d'une centrale frigorifique, utilisant une technologie à haut rendement énergétique, telle que les compresseurs à vitesse variable (Inverter) et les échangeurs de chaleur à haute efficacité. Cela permettra de réduire la consommation d'énergie du système de climatisation.

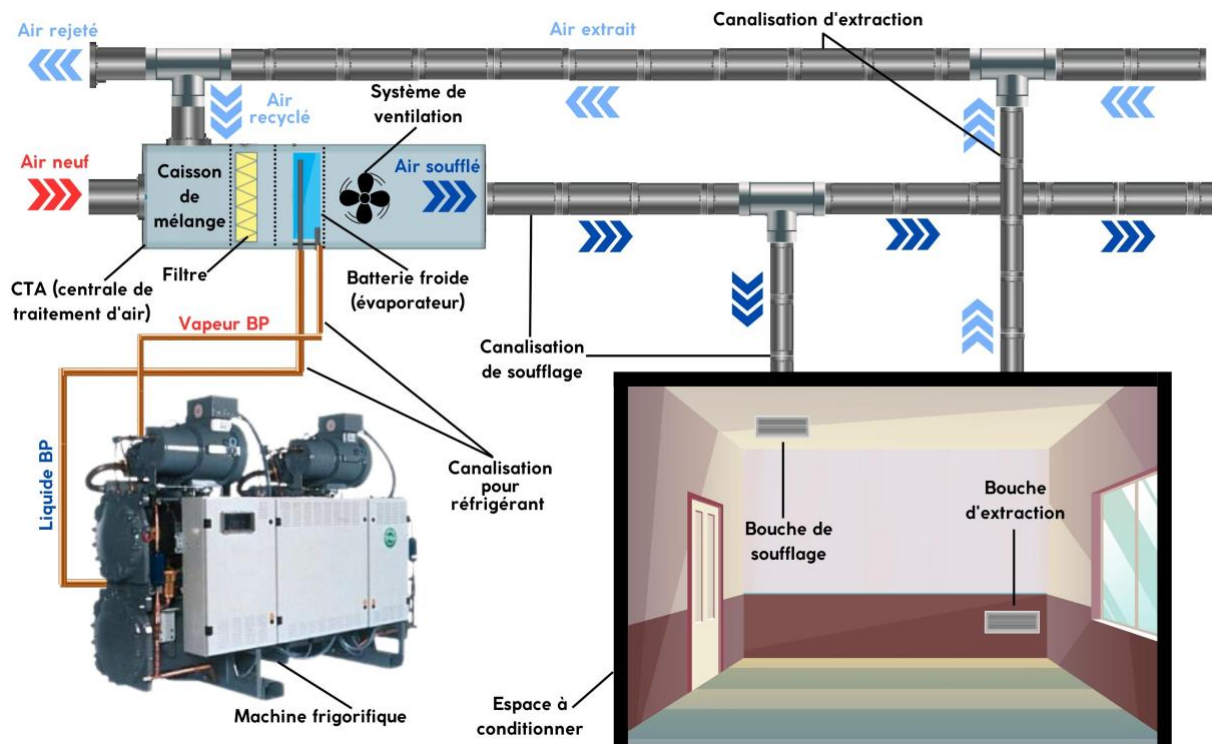


Figure III.34 : Type de centrale de traitement d'air proposée.



**Documents privés de la société propriétaire
de l'immeuble étudié.**

Figure III.35 : Plan d'étages 2-20 illustrant le réseau de gaines avec débits de soufflage, reprise, air neuf et débit rejeté.

III.4.2 Limites et considérations

Bien que notre proposition présente de nombreux avantages, il est essentiel de prendre en compte certaines limites et considérations importantes. Tout d'abord, la mise en place d'un système de climatisation centralisé peut nécessiter des investissements initiaux plus élevés par rapport à des solutions décentralisées. Cependant, ces coûts peuvent être amortis sur le long terme grâce à une meilleure efficacité énergétique et à des coûts de maintenance réduits.

De plus, il est crucial de prendre en compte les contraintes techniques et architecturales de l'immeuble étudié lors de la mise en œuvre du système de climatisation. Un système de climatisation centralisé nécessite un espace adéquat pour l'installation de la centrale de production de froid, ainsi que les centrales de traitement d'air. Il faut donc que, l'immeuble dispose de l'espace nécessaire pour accueillir ces équipements supplémentaires sans compromettre la fonctionnalité des espaces existants, et de prendre en compte la compatibilité de la proposition avec les systèmes de ventilation, de distribution électrique et de contrôle, afin de minimiser les perturbations et les coûts associés à ces modifications.

Il est à noter qu'un système de climatisation centralisé nécessite une maintenance régulière pour assurer son bon fonctionnement et sa durabilité à long terme. Il est essentiel d'inclure les coûts et les exigences de maintenance dans l'analyse économique, ainsi que de prévoir les ressources humaines et les compétences nécessaires pour assurer un entretien adéquat du système.

Enfin, les pertes de charge dans les canalisations, dues à la friction et aux changements de direction du flux d'air, peuvent affecter la performance globale du système de climatisation. Cependant, il convient de noter que cette étude se concentre principalement sur l'évaluation des besoins en puissance frigorifique de l'immeuble et ne prend pas en compte une analyse détaillée des pertes de charge spécifiques aux canalisations. Par conséquent, les résultats obtenus pourraient être soumis à certaines incertitudes en termes de précision. Il est donc recommandé d'effectuer une étude approfondie des pertes de charge spécifiques au système de climatisation proposé.

III.5 Puissance consommée au niveau de la machine frigorifique

Cette étape est essentielle dans la conception d'un système de climatisation efficace et écoénergétique pour l'immeuble étudié. En utilisant les besoins en puissance frigorifique évalués avec précision dans le chapitre précédent, nous serons en mesure de choisir le compresseur approprié, capable de répondre aux charges thermiques requises.

III.5.1 Démarche suivie

Afin de déterminer la puissance mécanique réelle du compresseur entraînant la machine frigorifique, on doit prendre en compte différents paramètres et hypothèses. Les étapes suivies pour dimensionner le compresseur et déterminer sa consommation effective, sont :

- Le choix du fluide frigorigène circulant dans la machine frigorifique ;
- Prendre en compte des hypothèses les plus courantes, suivies dans la plupart des ouvrages dans le domaine de production de froid ;
- Calcul du débit du réfrigérant mis en jeu ;
- Détermination de la puissance réelle du compresseur ;
- Déduire la consommation effective.

III.5.2 Choix du fluide frigorigène

À cause de l'impact environnementale, le choix du réfrigérant est devenu une étape critique. Il faut toujours alors, respecter les normes internationales lors du choix du gaz à utiliser. De plus, il existe deux types de réfrigérants, zéotropes et azéotropes. Les professionnels du domaine, favorisent les azéotropes pour leurs température qui reste constante lors du changement de phase du réfrigérant. Pour ces raisons, le réfrigérant R410A qui est un mélange de deux fluides (R32 : 50% + R125 : 50%), lequel on procédera avec dans nos calculs qui vont suivre, se présente comme la solution la plus fiable actuellement dans la climatisation domestique et industrielle [6].

III.5.3 Hypothèses

Avant d'entamer les calculs de la puissance mécanique réelle du compresseur, il est primordial de prendre en considération certains paramètres et hypothèses [6]. En prenant les valeurs les plus défavorables, on pourra déterminer la puissance maximale réelle du compresseur de la machine frigorifique :

- La compression subit au niveau du compresseur est polytropique. Le rendement isentropique pris est de : $\eta = 0.70$.
- Ligne de refoulement (tronçon entre le compresseur et le condenseur) :
 Refroidissement de : $\Delta T = 5 \text{ à } 10 \text{ K}$.
 Perte de charge de : $\Delta P = 0.2 \text{ bar}$.
- Le condenseur : (Température de condensation : $T_c = 40^\circ\text{C}$)
 Sous-refroidissement de : $\Delta T = 5 \text{ (4 à 7 K)}$.
 Perte de charge de : $\Delta P = 1 \text{ bar (par le constructeur)}$.

- Passage du condenseur au détendeur :
 - Sous-refroidissement variable : $\Delta T = 5 \text{ K}$.
 - Perte de charge de : $\Delta P = 0.5 \text{ bar}$.
- Détendeur :
 - Perte de charge dans le distributeur de : $\Delta P = 1 \text{ bar}$.
- Évaporateur : (Température d'évaporation : $T_e = 0^\circ\text{C}$)
 - Surchauffe de : $\Delta T = 5 \text{ (5 à 8 K)}$.
 - Perte de charge de : $\Delta P = 1 \text{ bar (par le constructeur)}$.
- Ligne d'aspiration (tronçon entre l'évaporateur et le compresseur) :
 - Surchauffe de : $\Delta T = 5 \text{ à } 15 \text{ K}$.
 - Perte de charge de : $\Delta P = 0.2 \text{ bar}$.

III.5.4 Calcul du débit du fluide frigorigène mis en jeu

Le cycle théorique de la machine frigorifique fonctionnant avec le R410A (voir l'annexe E, page qq), peut être tracé en prenant compte des propriétés du réfrigérant. Or, on ayant pour objectif de déterminer la puissance réelle du compresseur, on doit prendre en considération les hypothèses ci-dessus.

Afin de déterminer le débit du réfrigérant circulant dans la machine frigorifique, on utilise le cycle réel (voir l'annexe E, page rr), tracé dans son diagramme enthalpique correspondant à partir des hypothèses mentionnées au dessus, et la puissance frigorifique requise au niveau de l'évaporateur calculée dans le bilan frigorifique (chapitre précédent). D'après le cycle, la chaleur absorbée au niveau de l'évaporateur est de :

$$Q_{\text{BF}} = \Delta h = h_s - h_e = 459 - 240 = 219 \text{ kJ/kg}$$

La puissance frigorifique nécessaire pour conditionner un étage (2-20^{ème}) de la résidence étudiée, est de :

$$P_{\text{BF}} = qm \quad Q_{\text{BF}} = qm \Delta h = 111,24 \text{ kW}$$

Donc, on peut déduire le débit de fluide frigorigène :

$$qm = \frac{P_{\text{BF}}}{Q_{\text{BF}}} = \frac{P_{\text{BF}}}{\Delta h} = \frac{P_{\text{BF}}}{h_s - h_e} = 0,508 \text{ kg/s}$$

III.5.5 Puissance réelle et coefficient de performance (COP_f)

Comme on a les enthalpies, d'entrée et de sortie du compresseur, et le débit circulant dans cette machine, on peut déduire la puissance du compresseur de cette façon :

$$P_K = qm \Delta h = qm(h_s - h_e) = 0,508(490 - 425) = 33,02 \text{ kW}$$

Afin de caractériser l'efficacité de notre machine frigorifique, on calcule le coefficient de performance frigorifique COP_f de notre machine frigorifique de la manière suivante :

$$COP_f = \frac{P_{BF}}{P_K} = \frac{111,24}{33,02} = 3,37$$

De ce stade, on pourra par la suite calculer la puissance consommée par ce compresseur pendant un période de temps donnée.

III.5.6 Consommation réelle de la machine frigorifique installée

La consommation effective en kWh du compresseur signifie la puissance électrique consommée par ce compresseur dans le cas réel pendant un intervalle de temps t, en prenant compte de toutes les pertes thermiques et de pression. La consommation maximale journalière se calcule comme suit :

$$P_{elec} = 33,02 \cdot 24 = 792,48 \text{ kWh}$$

Comme notre étude a été menée sur 24h (chaque heure du jour) pendant toute la saison estivale, on dispose de la puissance frigorifique nécessaire pour chaque pièce de la résidence d'une façon horaire, ce qui nous permettra de déterminer la consommation exacte correspondante, pour n'importe quelle période, grande ou petite, pendant l'été.

III.6 Conclusion

En conclusion, l'étude des besoins en puissance frigorifique de notre immeuble et de la puissance requise au niveau du compresseur de la machine frigorifique, est une étape essentielle dans la conception d'un système de climatisation efficace et adapté. Les résultats obtenus à partir de cette étude fournissent des informations précieuses pour dimensionner adéquatement le système de climatisation, garantissant ainsi un confort thermique optimal pour les occupants de la résidence pendant la saison estivale.

Les résultats de quantification des puissances frigorifiques requises pour les différentes pièces du bâtiment, servent de base pour sélectionner les équipements appropriés et concevoir un système de climatisation performant, répondant aux exigences spécifiques de l'immeuble. De plus, la détermination précise de la puissance requise au niveau du compresseur de la machine frigorifique permet d'optimiser l'efficacité énergétique globale du système de climatisation. En dimensionnant correctement le compresseur, il est possible de réduire la consommation d'énergie tout en assurant un refroidissement adéquat de l'immeuble.

En résumé, cette étude fournit une base solide pour la conception et la mise en œuvre d'un système de conditionnement d'air optimal, en fournissant des informations précises sur les besoins en puissance frigorifique et la puissance requise au niveau du compresseur de la machine frigorifique.

Conclusion générale

Conclusion générale

Ce mémoire a porté sur une étude de dimensionnement d'une centrale de traitement d'air pour notre immeuble, dans le but de le conditionner pendant la saison estivale. En nous concentrant sur les généralités du confort hygrothermique et de la climatisation, ainsi que sur la méthodologie utilisée pour calculer les différents paramètres, nous avons pu obtenir des résultats significatifs et des recommandations pertinentes.

L'étude a permis de mettre en évidence l'importance du confort hygrothermique dans les bâtiments, en particulier pendant les périodes estivales où les températures élevées et les taux d'humidité très importants ou très faibles, peuvent avoir un impact négatif sur le bien-être et la productivité des occupants. La climatisation se révèle être une solution essentielle pour maintenir des conditions intérieures agréables, en régulant la température, l'humidité et la qualité de l'air.

La méthodologie utilisée dans cette étude a été rigoureuse, en prenant en compte les caractéristiques spécifiques du bâtiment étudié et en utilisant des données climatiques pertinentes. Les calculs des apports calorifiques, des caractéristiques de l'air humide, des débits de soufflage et des puissances frigorifiques requises ont été réalisés avec précision, garantissant ainsi des résultats fiables pour la conception du système de climatisation.

Les résultats obtenus ont fourni des informations précieuses pour la conception du système de climatisation. En analysant les apports calorifiques, les caractéristiques de l'air humide, les débits de soufflage, les nombres de bouches de soufflage et de reprise, ainsi que les puissances frigorifiques nécessaires, nous avons pu déterminer les besoins en puissance frigorifique nécessaires pour créer un environnement intérieur confortable et adapté aux occupants de la résidence.

De plus, une évaluation de la puissance nécessaire du compresseur de la machine frigorifique a été réalisée afin de garantir une consommation d'énergie électrique optimale. Les recommandations formulées dans ce mémoire visent à améliorer l'efficacité énergétique du système de climatisation.

En conclusion, ce mémoire apporte une contribution importante à la compréhension des besoins en puissance frigorifique pour la climatisation d'un immeuble pendant l'été. Les résultats obtenus et les recommandations formulées permettront aux professionnels du domaine de concevoir des systèmes de climatisation efficaces, économes en énergie et adaptés aux exigences de confort hygrothermique des occupants, et de faciliter les étapes d'installation de ces systèmes.

Il est à noter que ce mémoire s'inscrit dans un contexte plus large de préoccupation croissante pour l'efficacité énergétique des bâtiments. La conception de systèmes de climatisation durables revêt une importance capitale pour atteindre les objectifs de durabilité énergétique.

Enfin, ce mémoire a également ouvert la voie à de nouvelles perspectives de recherche. Il serait intéressant de poursuivre les études pour explorer d'autres aspects de la climatisation, tels que la détermination des pertes de charge dans les canalisations de soufflage et de reprise d'air ou dans la tuyauterie d'écoulement du fluide frigorigène circulant dans la machine frigorifique chargée de la production du froid au niveau du système de conditionnement proposé, l'intégration de technologies de refroidissement passives, l'utilisation de sources d'énergie renouvelable pour alimenter les systèmes de climatisation, ou encore l'évaluation technico-économique ou impacts socio-économiques des systèmes de climatisation sur le long terme.

En conclusion, ce travail a permis de fournir une analyse approfondie des besoins en puissance frigorifique d'un immeuble pour le conditionner pendant l'été. Les résultats obtenus et les recommandations formulées contribuent à la conception de systèmes de climatisation efficaces, économes en énergie et adaptés aux exigences de confort hygrothermique des occupants. Cette étude s'inscrit dans une perspective de durabilité énergétique et environnementale, en cherchant à optimiser l'efficacité énergétique des bâtiments.

Ce mémoire ouvre la voie à de nouvelles perspectives de recherche et à des améliorations continues dans le domaine de la climatisation domestique. En explorant des approches innovantes et en intégrant les technologies avancées émergentes, il est possible de développer des solutions encore plus performantes, capables de répondre aux défis futurs liés au confort hygrothermique.

En définitive, ce mémoire constitue une étape importante dans la compréhension et la conception de systèmes de climatisation efficaces. Il est à espérer que les résultats et les recommandations présentés dans ce mémoire serviront de référence et d'inspiration pour les professionnels du domaine, les incitant à adopter des pratiques de conception innovantes et responsables, afin de créer des environnements intérieurs confortables et sains.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- [1] Centre National d'Etudes et de Recherches Intégrées du Bâtiment, 2011, Document Technique Règlementaire Règlementation Thermique du Bâtiment, CNERIB DTR C3-T.
 - [2] Malek Jedidi, Omrane Benjeddou, La thermique du Bâtiment du confort thermique au choix des équipements de chauffage et de climatisation, Paris, Dunod, 2016.
 - [3] William P. Bahnfleth, Conception et Installation des systèmes de ventilation, 2^{ème} édition, Boca Raton, CRC Press, 2003.
 - [4] Roger Legg, Air Conditioning System Design, 3rd edition, Oxford, Butterworth-Heinemann, 2016.
 - [5] André BERGNER, Systemes de climatisation, Techniques de l'ingénieur, 2017.
 - [6] Shan K. Wang, Handbook of Air Conditioning and Refrigeration, 2nd edition, New York, McGraw-Hill Education, 2017.
-

ANNEXES

Bilan frigorifique appartement (A)

▪ Rayonnement De base

Latitude	Mois	Orientation								
		N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	Horiz
30°	Juillet	50	413	516	315	94	315	516	413	776
	Août	34	340	520	406	198	406	520	340	741
	Septembre	28	284	498	479	330	479	498	284	668
36.72° (Nord)	Juillet	47,9	404,2	516	368	176,6	368	516	404,2	747,7
	Août	34	327,2	513,9	441,6	280,6	441,6	513,9	327,2	696,6
	Septembre	28	216,1	479,1	500,5	404,5	500,5	479,1	216,1	606,8
40°	Juillet	47	400	516	394	217	394	516	400	734
	Août	34	321	511	459	321	459	511	321	675
	Septembre	28	183	470	511	441	511	470	183	577

Tableau A.1 : Rayonnement total et diffus de base.

Le tableau suivant cite les valeurs des différents paramètres pris lors des calculs des rayonnements réels maximaux.

C_{cadre}	C_{limp}	C_{alt}	C_{ros}
1,17	0,87	1	0,99

Tableau A.2 : Paramètres servant à calculer les valeurs des rayonnements réels maximaux.

▪ Résistance thermique R

Matériau	e (m)	λ (W/mK)	ρ (kg/m ³)	M.surf (kg/m ²)	R (m ² K/W)
Brique creuse 8 trous	0,1	0,5	900	90	0,2
Couche d'air non ventilée	0,08	0,4706	1,15	0,092	0,17
Mortier de ciment	0,015	1,4	2200	33	0,0107
Enduit de plâtre	0,005	0,35	850	4,25	0,0143
Finition extérieure	0,02	0,2	1	0,02	0,1
Plaques de plâtre	0,0125	0,3	850	10,625	0,0417
Polystyrène expansé	0,055	0,035	30	1,65	1,5714
Faïence (céramique)	0,006	1	1900	11,4	0,006
Verre (double vitrage)	-	-	-	-	0,9091
Bois	0,03	0,2	450	13,5	0,15

Tableau A.3 : Caractéristiques des matériaux.

▪ Différence de température équivalente

Orient	NE			SE			SO			NO			Horizon		
	Juillet	Août	Sept	Juillet	Août	Sept	Juillet	Août	Sept	Juillet	Août	Sept	Juillet	Août	Sept
0	4,3	4,3	4,4	3,5	3,5	3,5	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,4	14,6	14,8	15,0
1	3,5	3,5	3,5	3,0	3,0	3,0	3,7	3,7	3,7	3,5	3,5	3,5	13,1	13,3	13,4
2	2,6	2,6	2,6	2,5	2,5	2,5	3,3	3,3	3,3	2,9	2,9	3,0	11,5	11,6	11,7
3	2,2	2,2	2,1	4,2	4,3	4,3	3,1	3,1	3,1	2,5	2,5	2,5	10,1	10,2	10,4
4	1,6	1,6	1,6	4,8	4,9	5,0	2,5	2,5	2,6	1,9	1,9	2,0	9,2	9,3	9,5

5	1,7	1,7	1,7	5,2	5,3	5,4	2,2	2,2	2,3	1,7	1,7	1,7	7,5	7,6	7,7
6	2,5	2,5	2,8	7,3	7,4	7,6	1,8	1,8	1,8	1,1	1,1	1,1	6,9	7,0	7,1
7	3,9	3,9	4,4	6,4	6,5	6,6	1,3	1,4	1,4	0,8	0,8	0,7	6,6	6,7	6,8
8	4,8	4,8	5,5	7,0	7,2	7,3	1,0	1,0	1,0	0,4	0,4	0,4	6,4	6,5	6,5
9	6,2	6,3	7,1	7,6	7,8	7,9	1,5	1,5	1,5	1,1	1,1	1,1	6,4	6,5	6,5
10	9,6	9,7	10,9	8,4	8,6	8,7	2,1	2,1	2,1	1,8	1,8	1,9	6,8	6,9	7,0
11	9,0	9,1	10,1	8,6	8,8	8,9	3,3	3,3	3,3	3,1	3,1	3,2	7,3	7,4	7,5
12	8,4	8,4	9,2	9,2	9,4	9,5	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,4	8,6	8,7	8,8
13	8,3	8,3	8,7	9,7	9,8	9,9	8,0	8,0	8,1	6,4	6,4	6,5	11,2	11,3	11,5
14	8,0	8,0	8,1	9,9	10,0	10,0	10,2	10,3	10,3	7,6	7,7	7,8	13,1	13,2	13,4
15	8,8	8,8	8,9	9,6	9,6	9,7	13,6	13,8	13,9	9,6	9,6	9,8	14,3	14,4	14,5
16	9,6	9,6	9,6	9,5	9,5	9,5	16,2	16,4	16,5	11,1	11,1	11,4	16,1	16,2	16,4
17	9,7	9,7	9,8	9,1	9,1	9,1	16,7	17,0	17,1	13,9	14,0	14,7	17,4	17,5	17,7
18	9,9	9,9	10,0	8,7	8,7	8,7	17,1	17,3	17,4	16,5	16,5	17,7	18,4	18,5	18,7
19	9,2	9,2	9,3	8,0	8,0	8,0	14,9	15,1	15,2	15,9	15,9	17,1	18,4	18,5	18,7
20	8,5	8,5	8,5	7,3	7,2	7,2	13,6	13,8	13,9	15,3	15,4	16,5	17,5	17,7	17,8
21	7,5	7,5	7,6	6,3	6,3	6,3	9,3	9,4	9,4	10,6	10,7	11,2	17,0	17,2	17,3
22	6,5	6,5	6,6	5,5	5,5	5,5	6,5	6,5	6,5	6,9	6,9	7,0	16,8	17,0	17,2
23	5,4	5,4	5,5	4,5	4,5	4,5	5,2	5,3	5,3	5,4	5,4	5,5	15,7	15,9	16,1

Tableau A.4 : Différence de température équivalente $\Delta\theta_e$ (t).

Heure	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
NE, SE, SO, NO	3,7	3,15	2,6	2,35	1,8	1,5	0,9	0,9	0,4	0,9	1,5	2,6
Horizon	4,8	3,7	3,1	2,6	2,1	1,5	0,9	0,9	1,5	1,5	1,5	2,1
Heure	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
NE, SE, SO, NO	3,7	3,15	2,6	2,35	1,8	1,5	0,9	0,9	0,4	0,9	1,5	2,6
Horizon	2,6	3,7	4,8	5,9	7	7,6	8,1	8,1	8,1	7,6	7	5,9

Tableau A.5 : Différence de température équivalente à l'ombre $\Delta\theta_e$ (t).

▪ **Écart de température entre l'espace non-conditionné et le local considéré**

C_{inc}	Heure	Juillet	Août	Sept.
0	0	3,97	3,97	2,87
	1	2,8	2,8	1,7
	2	2,17	2,17	1,07
	3	1,54	1,54	0,44
	4	1	1	-0,1
	5	1	1	-0,1
	6	1,63	1,63	0,53
	7	2,35	2,35	1,25
	8	3,07	3,07	1,97
	9	4,33	4,33	3,23
	10	5,68	5,68	4,58
	11	6,85	6,85	5,75
	12	8,11	8,11	7,01
13	9,397	9,397	8,297	

	14	10	10	8,9
	15	10	10	8,9
	16	10	10	8,9
	17	9,577	9,577	8,477
	18	8,92	8,92	7,82
	19	8,2	8,2	7,1
	20	7,435	7,435	6,335
	21	7,12	7,12	6,02
	22	6,13	6,13	5,03
	23	5,23	5,23	4,13

Tableau A.6 : Ecart de température entre l'espace non-conditionné et le local considéré.

▪ **Apports à travers les parois vitrées**

➤ **Chambre 1**

HSV	$\phi(^{\circ})/(\text{NE})$	Juillet			Août			Sept		
		$\beta(^{\circ})$	$\varphi(^{\circ})$	$\psi(^{\circ})$	$\beta(^{\circ})$	$\varphi(^{\circ})$	$\psi(^{\circ})$	$\beta(^{\circ})$	$\varphi(^{\circ})$	$\psi(^{\circ})$
6	-135	12	106	-241	7	-100	-35	0	0	-135
7		24	98	-233	19	-91	-44	12	-81	-54
8		36	89	-224	31	-81	-54	24	-71	-64
9		47	79	-214	43	-70	-65	35	-59	-76
10		59	65	-200	53	-55	-80	44	-44	-91
11		69	42	-177	62	-32	-103	51	-24	-111
12		73	0	-135	65	0	-135	53	0	-135
13		69	-42	-93	62	32	-167	51	24	-159
14		59	-65	-70	53	55	-190	44	44	-179
15		47	-79	-56	43	70	-205	35	59	-194
16		36	-89	-46	31	81	-216	24	71	-206
17		24	-98	-37	19	91	-226	12	81	-216
18		12	-106	-29	7	100	-235	0	0	-135

Tableau A.7 : Calcul des surfaces ombrées – Orientation (NE).

- **Remarque :** La paroi vitrée extérieure orientation (NE) est considérée à l'ombre à partir de 11h pour le mois de juillet et août et à partir de 10h pour le mois de septembre.

Heure	Npvi (%)	Φ_{vt} (W)		Φ_{ve} (W)		
		Juillet/Août	Septembre	Juillet	Août	Septembre
0	0	23,58	17,05	0,00	0,00	0,00
1	0	16,63	10,10	0,00	0,00	0,00
2	0	12,89	6,36	0,00	0,00	0,00
3	0	9,15	2,61	0,00	0,00	0,00
4	0	5,94	-0,59	0,00	0,00	0,00
5	0	5,94	-0,59	0,00	0,00	0,00
6	55	9,68	3,15	342,81	277,49	23,74
7	76	13,96	7,43	473,71	383,44	253,25
8	73	18,24	11,70	455,01	368,31	243,26
9	58	25,72	19,19	361,51	292,63	193,27

10	36	33,74	27,21	224,39	181,63	15,54
11	24	40,69	34,16	17,76	12,58	10,36
12	19	48,17	41,64	14,06	9,96	8,20
13	17	55,82	49,28	12,58	8,91	7,34
14	15	59,40	52,87	11,10	7,86	6,48
15	13	59,40	52,87	9,62	6,81	5,61
16	12	59,40	52,87	8,88	6,29	5,18
17	11	56,89	50,35	8,14	5,77	4,75
18	7	52,98	46,45	5,18	3,67	3,02
19	4	48,71	42,17	2,96	2,10	1,73
20	2	44,16	37,63	1,48	1,05	0,86
21	2	42,29	35,76	1,48	1,05	0,86
22	1	36,41	29,88	0,74	0,52	0,43
23	1	31,07	24,53	0,74	0,52	0,43

Tableau A.8 : Apports à travers la paroi double vitrage extérieure – Orientation (NE).

➤ **Chambre 2**

Heure	Npvi (%)	Φ_{vt} (W)		Φ_{ve} (W)		
		Juillet/Août	Septembre	Juillet	Août	Septembre
0	0	14,41	10,42	0,00	0,00	0,00
1	0	10,16	6,17	0,00	0,00	0,00
2	0	7,88	3,88	0,00	0,00	0,00
3	0	5,59	1,60	0,00	0,00	0,00
4	0	3,63	-0,36	0,00	0,00	0,00
5	0	3,63	-0,36	0,00	0,00	0,00
6	55	5,92	1,92	209,50	169,58	14,51
7	76	8,53	4,54	289,49	234,33	154,77
8	73	11,14	7,15	278,06	225,08	148,66
9	58	15,72	11,72	220,93	178,83	118,11
10	36	20,62	16,63	137,13	111,00	9,50
11	24	24,87	20,87	10,85	7,69	6,33
12	19	29,44	25,45	8,59	6,09	5,01
13	17	34,11	30,12	7,69	5,45	4,49
14	15	36,30	32,31	6,78	4,81	3,96
15	13	36,30	32,31	5,88	4,16	3,43
16	12	36,30	32,31	5,43	3,84	3,17
17	11	34,76	30,77	4,97	3,52	2,90
18	7	32,38	28,39	3,16	2,24	1,85
19	4	29,77	25,77	1,81	1,28	1,06
20	2	26,99	23,00	0,90	0,64	0,53
21	2	25,85	21,85	0,90	0,64	0,53
22	1	22,25	18,26	0,45	0,32	0,26
23	1	18,98	14,99	0,45	0,32	0,26

Tableau A.9 : Apports à travers la paroi double vitrage extérieure – Orientation (NE).

Heure	Npvi (%)	Φ_{vt} (W)		Φ_{ve} (W)		
		Juillet/Août	Septembre	Juillet	Août	Septembre
0	0	36,68	26,52	0,00	0,00	0,00
1	0	25,87	15,71	0,00	0,00	0,00
2	0	20,05	9,89	0,00	0,00	0,00
3	0	14,23	4,07	0,00	0,00	0,00
4	0	9,24	-0,92	0,00	0,00	0,00
5	0	9,24	-0,92	0,00	0,00	0,00
6	55	15,06	4,90	533,27	431,65	36,93
7	76	21,71	11,55	736,88	596,47	393,95
8	73	28,37	18,20	707,79	572,92	378,40
9	58	40,01	29,85	562,35	455,20	300,65
10	36	52,48	42,32	349,05	282,54	24,18
11	24	63,29	53,13	27,62	19,57	16,12
12	19	74,94	64,77	21,87	15,49	12,76
13	17	86,83	76,66	19,56	13,86	11,42
14	15	92,40	82,24	17,26	12,23	10,07
15	13	92,40	82,24	14,96	10,60	8,73
16	12	92,40	82,24	13,81	9,79	8,06
17	11	88,49	78,33	12,66	8,97	7,39
18	7	82,42	72,26	8,06	5,71	4,70
19	4	75,77	65,60	4,60	3,26	2,69
20	2	68,70	58,54	2,30	1,63	1,34
21	2	65,79	55,62	2,30	1,63	1,34
22	1	56,64	46,48	1,15	0,82	0,67
23	1	48,33	38,16	1,15	0,82	0,67

Tableau A.10 : Apports à travers la paroi double vitrage extérieure – Orientation (NE).

➤ **Open-Space**

HSV	$\phi(^{\circ})/(SO)$	Juillet			Août			Sept		
		$\beta(^{\circ})$	$\varphi(^{\circ})$	$\psi(^{\circ})$	$\beta(^{\circ})$	$\varphi(^{\circ})$	$\psi(^{\circ})$	$\beta(^{\circ})$	$\varphi(^{\circ})$	$\psi(^{\circ})$
6	45	12	-106	-151	7	-100	-145	-	-	-
7		24	-98	-143	19	-91	-136	12	-81	-126
8		36	-89	-134	31	-81	-126	24	-71	-116
9		47	-79	-124	43	-70	-115	35	-59	-104
10		59	-65	-110	53	-55	-100	44	-44	-89
11		69	-42	-87	62	-32	-77	51	-24	-69
12		73	0	-45	65	0	-45	53	0	-45
13		69	42	-3	62	32	-13	51	24	-21
14		59	65	20	53	55	10	44	44	-1
15		47	79	34	43	70	25	35	59	14
16		36	89	44	31	81	36	24	71	26
17		24	98	53	19	91	46	12	81	36
18		12	106	61	7	100	55	0	0	-45

Tableau A.11 : Calcul des surfaces ombrées – Orientation (SO).

- **Remarque :** La paroi vitrée extérieure orientation (SO) est ensoleillée à partir de 11h pour le mois de juillet et août et à partir de 10h pour le mois de septembre.

Heure	Npvi (%)	Φ_{vt} (W)		Φ_{ve} (W)		
		Juillet/Août	Septembre	Juillet	Août	Septembre
0	3	3,77	2,73	0,52	0,37	0,30
1	4	2,66	1,62	0,70	0,49	0,41
2	6	2,06	1,02	1,04	0,74	0,61
3	7	1,46	0,42	1,22	0,86	0,71
4	9	0,95	-0,10	1,57	1,11	0,91
5	23	0,95	-0,10	4,00	2,84	2,34
6	47	1,55	0,50	8,18	5,80	4,77
7	67	2,23	1,19	11,66	8,26	6,81
8	81	2,92	1,87	14,10	9,99	8,23
9	86	4,12	3,07	14,97	10,61	8,74
10	79	5,40	4,35	13,75	9,74	143,44
11	60	6,51	5,46	80,12	96,13	108,94
12	26	7,71	6,66	34,72	41,65	47,21
13	17	8,93	7,89	2,96	2,10	1,73
14	12	9,50	8,46	2,09	1,48	1,22
15	8	9,50	8,46	1,39	0,99	0,81
16	5	9,50	8,46	0,87	0,62	0,51
17	4	9,10	8,06	0,70	0,49	0,41
18	3	8,48	7,43	0,52	0,37	0,30
19	2	7,79	6,75	0,35	0,25	0,20
20	1	7,07	6,02	0,17	0,12	0,10
21	1	6,77	5,72	0,17	0,12	0,10
22	0	5,83	4,78	0,00	0,00	0,00
23	0	4,97	3,93	0,00	0,00	0,00

Tableau A.12 : Apports à travers l'imposte extérieure – Orientation (SO).

▪ Gains internes

Pour chaque pièce de l'appartement, les résultats trouvés sont présentés par les tableaux suivants.

➤ Chambre 1

Nombre d'occupants (n)	Chaleur sensible (W / Personne)	Chaleur latente (W / Personne)
2,5	63,9	54

Tableau A.13 : Apports internes dus aux occupants.

Nombre de tubes fluorescents	W_n (W)	C_{me}	C_{cr}
1	8	1,25	1

Tableau A.14 : Apports internes dus à l'éclairage.

Appareils	$\Phi_{i,s}$ (W)	$\Phi_{i,l}$ (W)
PC portable	15	-

Tableau A.15 : Apports internes dus aux machines électriques.

➤ **Chambre 2**

Nombre d'occupants (n)	Chaleur sensible (W / Personne)	Chaleur latente (W / Personne)
2,5	63,9	54

Tableau A.16 : Apports internes dus aux occupants.

Nombre de tubes fluorescents	W_n (W)	C_{me}	C_{cr}
1	8	1,25	1

Tableau A.17 : Apports internes dus à l'éclairage.

Appareils	$\Phi_{i,s}$ (W)	$\Phi_{i,l}$ (W)
PC portable	30	-
Télévision	150	-

Tableau A.18 : Apports internes dus aux machines électriques.

➤ **Open-Space**

Nombre d'occupants (n)	Chaleur sensible (W / Personne)	Chaleur latente (W / Personne)
6	63,9	54

Tableau A.19 : Apports internes dus aux occupants.

Nombre de tubes fluorescents	W_n (W)	C_{me}	C_{cr}
4	8	1,25	1

Tableau A.20 : Apports internes dus à l'éclairage.

Appareils	$\Phi_{i,s}$ (W)	$\Phi_{i,l}$ (W)
Télévision	150	-
Four micro-onde	1400	-
Cuisinière électrique	1500	750
Réfrigérateur (200 l)	175	-
Machine à laver (5 kg)	6000	3000
Fer à repasser	500	280
Aspirateur	200	-
PC portable	15	-
Mixer	1000	277
Friteuse 5l d'huile	1200	690

Tableau A.21 : Apports internes dus aux machines électriques.

▪ **Apports par introduction d'air extérieur**

Pour chaque pièce de l'appartement, les résultats trouvés sont présentés par les tableaux et histogrammes qui suivent.

➤ **Chambre 1**

Vh (m ³)	Souv, f (m ²)	qv _{inf,f} (m ³ /h.m ²)	qv _{an} (m ³ /h)	qv _{inf} (m ³ /h)
30,45	1	14,5	18,27	14,5

Tableau A.22 : Calcul de débit d'air neuf et d'infiltration.

Heure	Coef	Juillet /Août		Septembre	
		$\Phi_{ren,s}$ (W)	$\Phi_{inf,s}$ (W)	$\Phi_{ren,s}$ (W)	$\Phi_{inf,s}$ (W)
0	0,32	23,2102	18,4208	16,7792	13,3168
1		16,3699	12,9920	9,9389	7,8880
2		12,6867	10,0688	6,2556	4,9648

3		9,0035	7,1456	2,5724	2,0416
4		5,8464	4,6400	-0,5846	-0,4640
5		5,8464	4,6400	-0,5846	-0,4640
6		9,5296	7,5632	3,0986	2,4592
7		13,7390	10,9040	7,3080	5,8000
8		17,9484	14,2448	11,5174	9,1408
9		25,3149	20,0912	18,8839	14,9872
10		33,2076	26,3552	26,7765	21,2512
11		40,0478	31,7840	33,6168	26,6800
12		47,4143	37,6304	40,9833	32,5264
13		54,9386	43,6021	48,5076	38,4981
14		58,4640	46,4000	52,0330	41,2960
15		58,4640	46,4000	52,0330	41,2960
16		58,4640	46,4000	52,0330	41,2960
17		55,9910	44,4373	49,5599	39,3333
18		52,1499	41,3888	45,7188	36,2848
19		47,9405	38,0480	41,5094	32,9440
20		43,4680	34,4984	37,0369	29,3944
21		41,6264	33,0368	35,1953	27,9328
22		35,8384	28,4432	29,4074	23,3392
23		30,5767	24,2672	24,1456	19,1632

Tableau A.23 : Apports sensibles dus aux renouvellement et infiltrations d'air.

➤ **Chambre 2**

Vh (m ³)	qv _{an} (m ³ /h)	qv _{inf} (m ³ /h)
32,375	19,425	0

Tableau A.24 : Calcul de débit d'air neuf et d'infiltration.

Heure	Coef	Φ _{ren,l} (W)	Φ _{inf,l} (W)
24/24h	0,799	94,3081	0

Tableau A.25 : Apports latents dus aux renouvellement et infiltrations d'air.

Heure	Coef	Juillet /Août		Septembre	
		Φ _{ren,s} (W)	Φ _{inf,s} (W)	Φ _{ren,s} (W)	Φ _{inf,s} (W)
0	0,32	24,6775	0	17,8399	0
1		17,4048	0	10,5672	0
2		13,4887	0	6,6511	0
3		9,5726	0	2,7350	0
4		6,2160	0	-0,6216	0
5		6,2160	0	-0,6216	0
6		10,1321	0	3,2945	0
7		14,6076	0	7,7700	0
8		19,0831	0	12,2455	0
9		26,9153	0	20,0777	0

10		35,3069	0	28,4693	0
11		42,5796	0	35,7420	0
12		50,4118	0	43,5742	0
13		58,4118	0	51,5742	0
14		62,1600	0	55,3224	0
15		62,1600	0	55,3224	0
16		62,1600	0	55,3224	0
17		59,5306	0	52,6930	0
18		55,4467	0	48,6091	0
19		50,9712	0	44,1336	0
20		46,2160	0	39,3784	0
21		44,2579	0	37,4203	0
22		38,1041	0	31,2665	0
23		32,5097	0	25,6721	0

Tableau A.26 : Apports sensibles dus aux renouvellement et infiltrations d'air.

➤ Open-Space

Vh (m ³)	Souv, f (m ²)	Souv, imp (m ²)	qV _{0inf, p} (m ³ /h.m ²)	qV _{0inf, f} (m ³ /h.m ²)	qV _{an} (m ³ /h)	qV _{inf} (m ³ /h)
98,25	2	0,72	21,7	14,5	58,95	39,44

Tableau A.27 : Calcul de débit d'air neuf et d'infiltration.

Heure	Coef	$\Phi_{ren,l}$ (W)	$\Phi_{inf,l}$ (W)
24/24h	0,799	286,2013	191,4805

Tableau A.28 : Apports latents dus aux renouvellement et infiltrations d'air.

Heure	Coef	Juillet /Août		Septembre	
		$\Phi_{ren,s}$ (W)	$\Phi_{inf,s}$ (W)	$\Phi_{ren,s}$ (W)	$\Phi_{inf,s}$ (W)
0	0,32	74,8901	50,1046	54,1397	36,2217
1		52,8192	35,3382	32,0688	21,4554
2		40,9349	27,3871	20,1845	13,5043
3		29,0506	19,4360	8,3002	5,5532
4		18,8640	12,6208	-1,8864	-1,2621
5		18,8640	12,6208	-1,8864	-1,2621
6		30,7483	20,5719	9,9979	6,6890
7		44,3304	29,6589	23,5800	15,7760
8		57,9125	38,7459	37,1621	24,8630
9		81,6811	54,6481	60,9307	40,7652
10		107,1475	71,6861	86,3971	57,8033
11		129,2184	86,4525	108,4680	72,5696
12		152,9870	102,3547	132,2366	88,4718
13		177,2650	118,5977	156,5146	104,7148
14		188,6400	126,2080	167,8896	112,3251
15		188,6400	126,2080	167,8896	112,3251
16		188,6400	126,2080	167,8896	112,3251

17		180,6605	120,8694	159,9101	106,9865
18		168,2669	112,5775	147,5165	98,6947
19		154,6848	103,4906	133,9344	89,6077
20		140,2538	93,8356	119,5034	79,9528
21		134,3117	89,8601	113,5613	75,9772
22		115,6363	77,3655	94,8859	63,4826
23		98,6587	66,0068	77,9083	52,1239

Tableau A.29 : Apports sensibles dus aux renouvellement et infiltrations d'air.

▪ **Apports à travers les parois opaques**

➤ **Chambre 1**

– **Apports à travers les parois aériennes**

Les apports à travers les parois aériennes sont calculés par l'application de la formule (II.6).

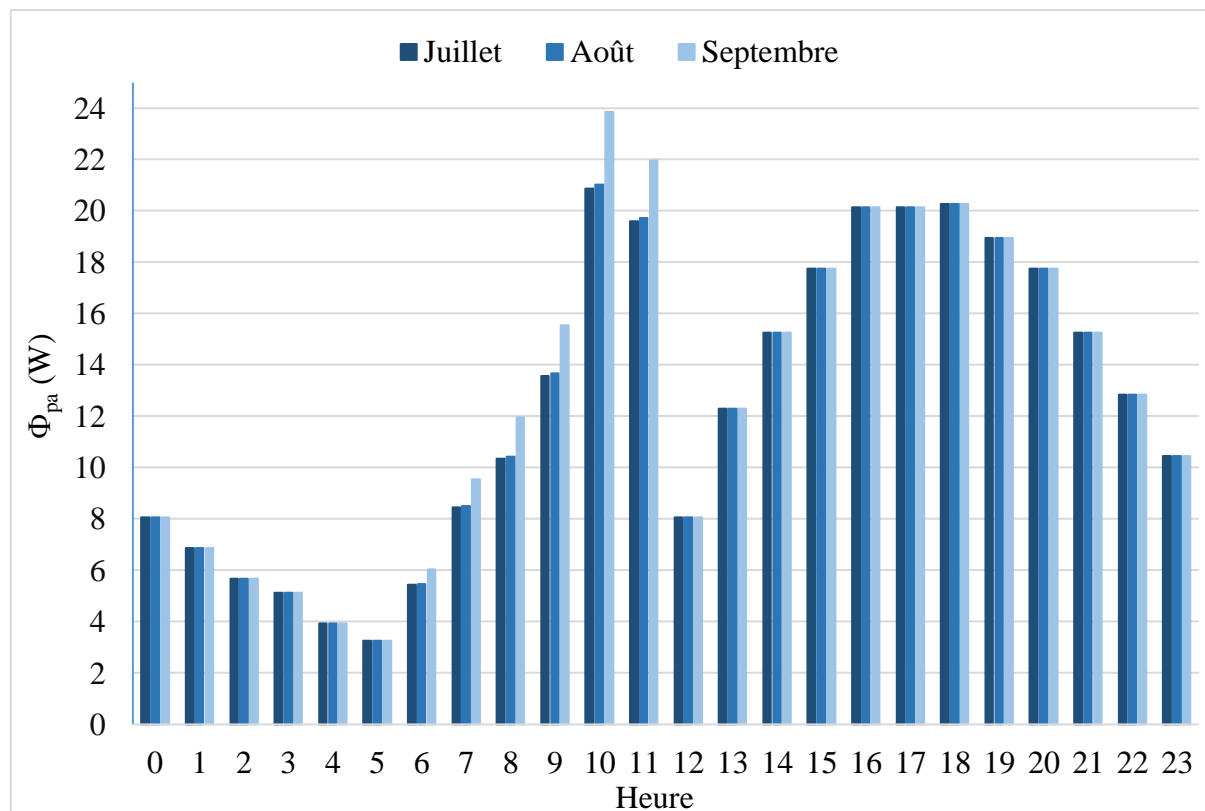


Figure A.1 : Apports à travers les parois aériennes – Orientation (NE).

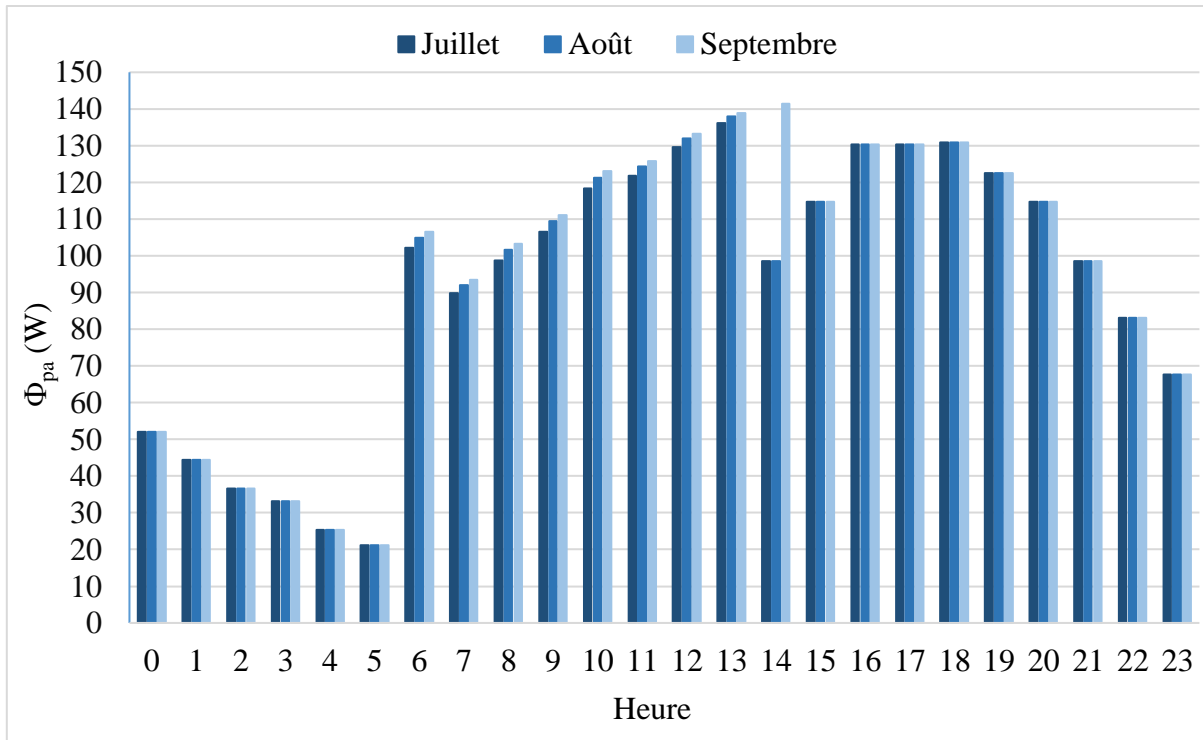


Figure A.2 : Apports à travers les parois aériennes – Orientation (SE).

➤ Chambre 2

▪ Apports à travers les parois aériennes

Les apports à travers les parois aériennes sont calculés par l'application de la formule (II.6).

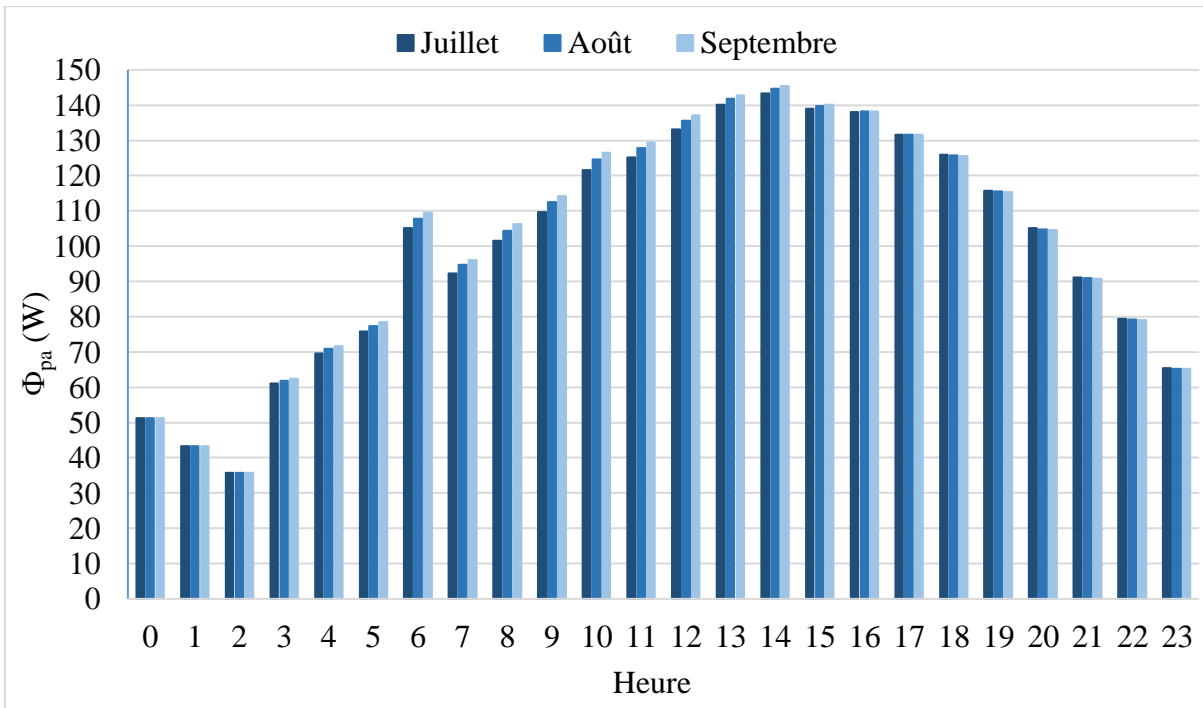


Figure A.3 : Apports à travers les parois aériennes – Orientation (SE).

▪ Apports à travers les parois intérieures

Les apports à travers les parois intérieures sont calculés par l'application de la formule (II.12), pour notre cas de transmission de chaleur entre un local non-conditionné vers un local conditionné.

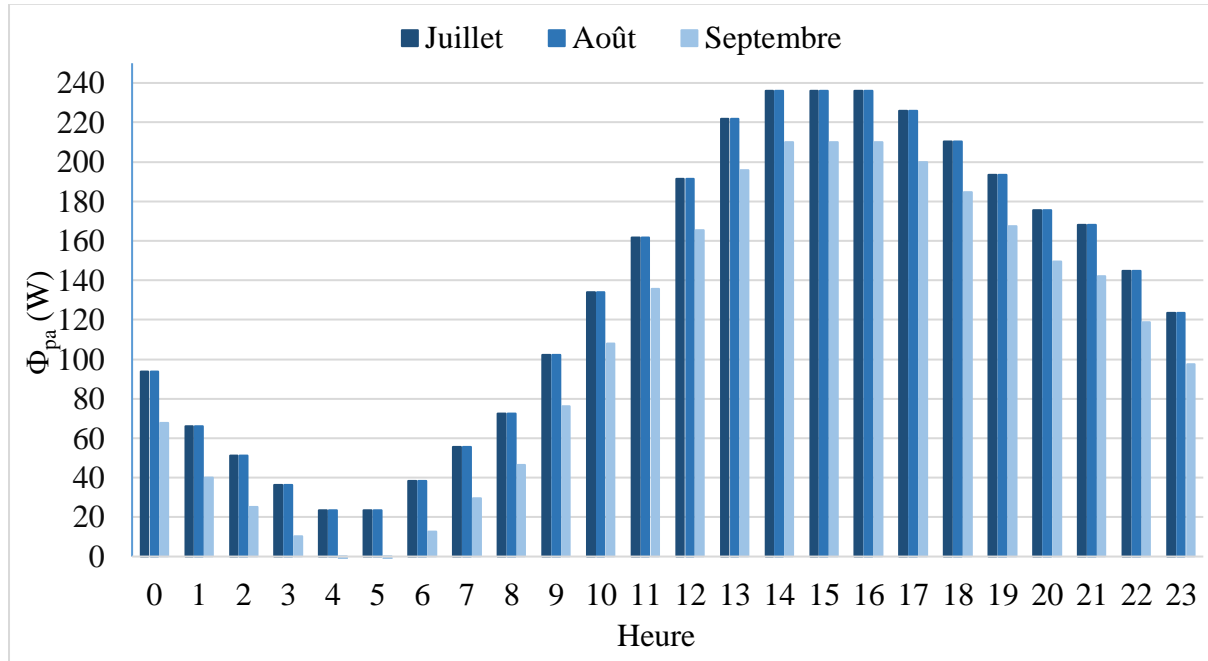


Figure A.4 : Apports à travers les parois intérieures.

➤ Open-Space

▪ Apports à travers les parois aériennes

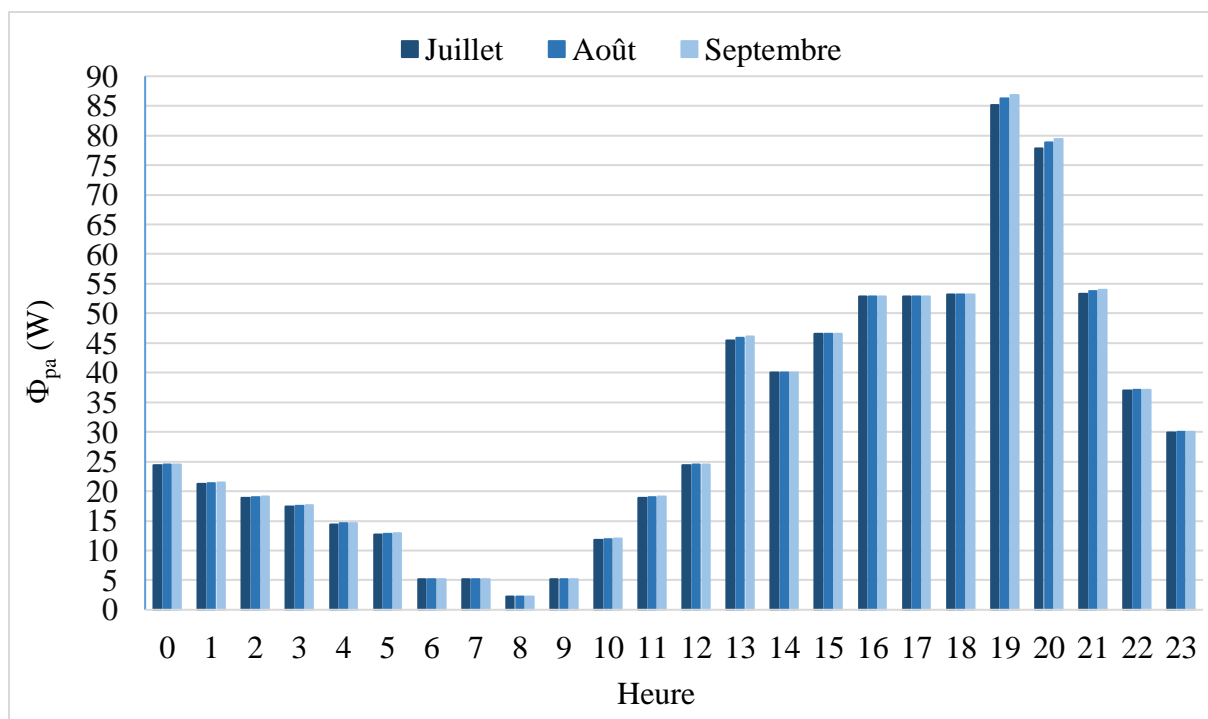


Figure A.5 : Apports à travers les parois aériennes – Orientation (SO).

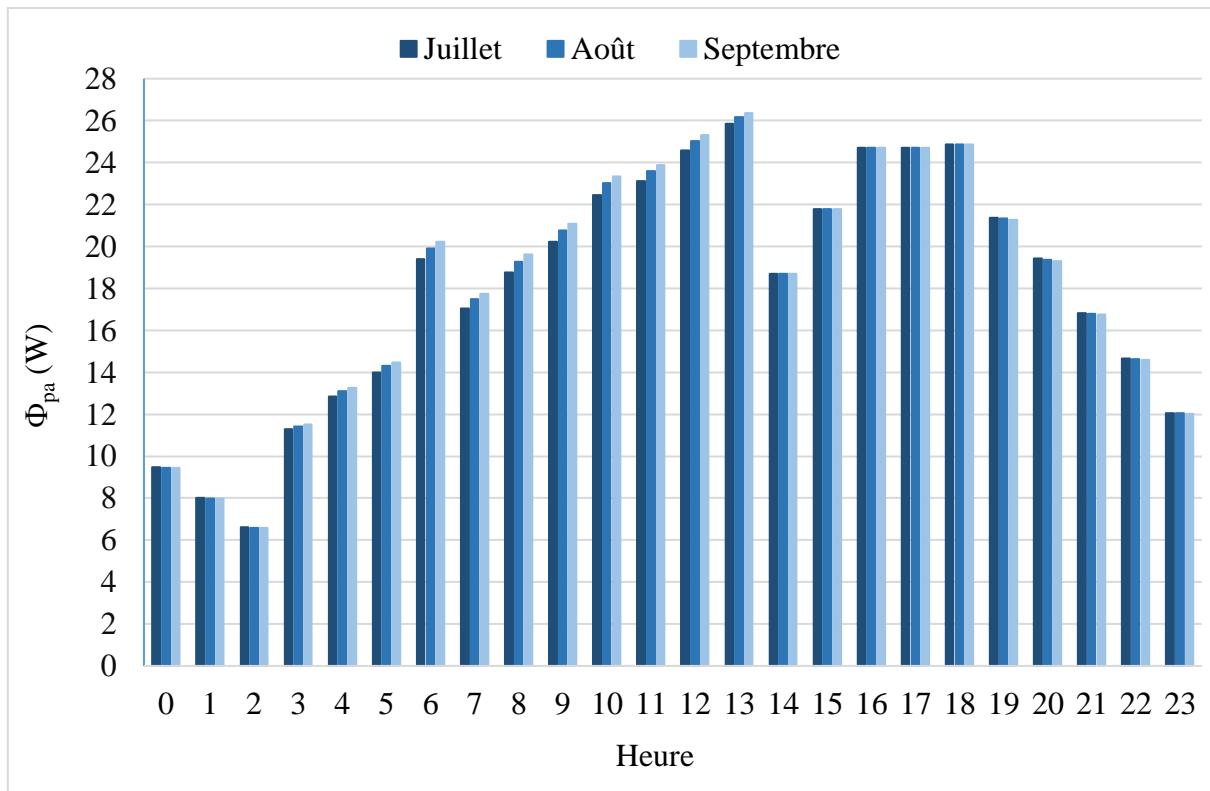


Figure A.6 : Apports à travers les parois aériennes – Orientation (SE).

▪ Apports à travers les parois intérieures

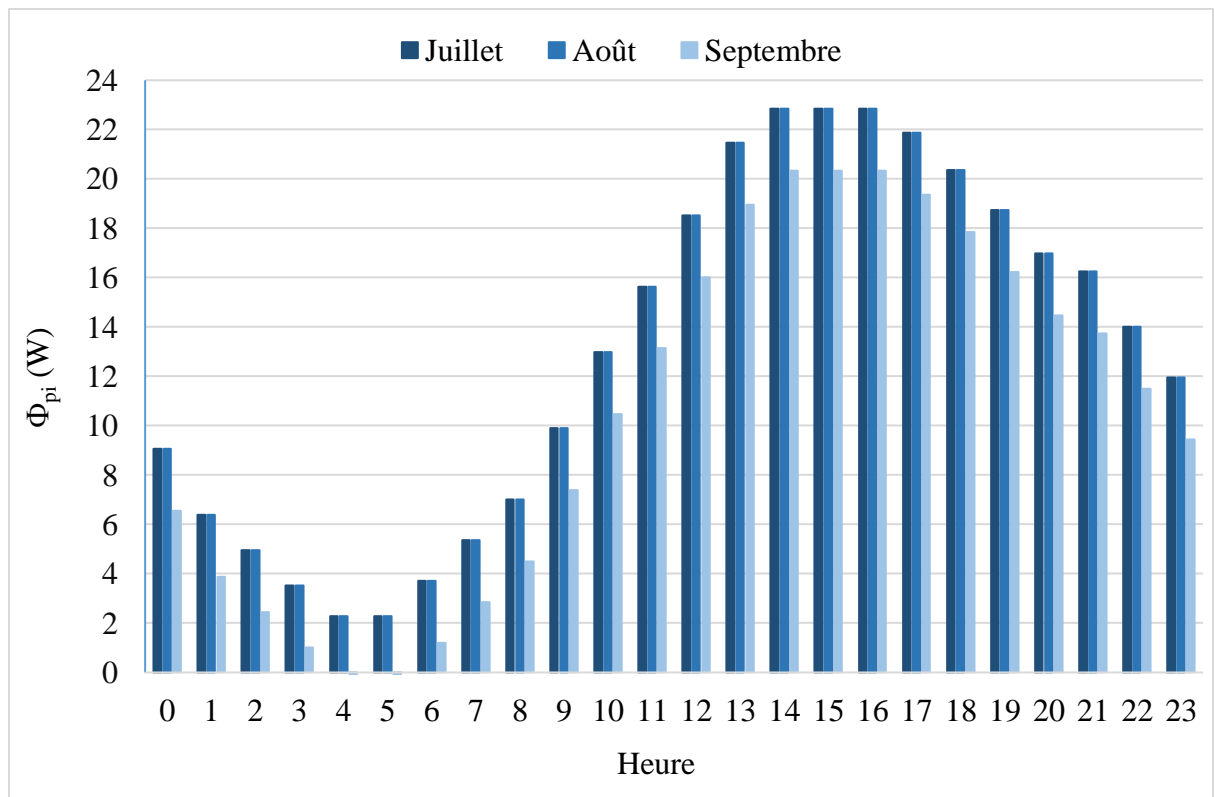


Figure A.7 : Apports à travers le cloison intérieur.

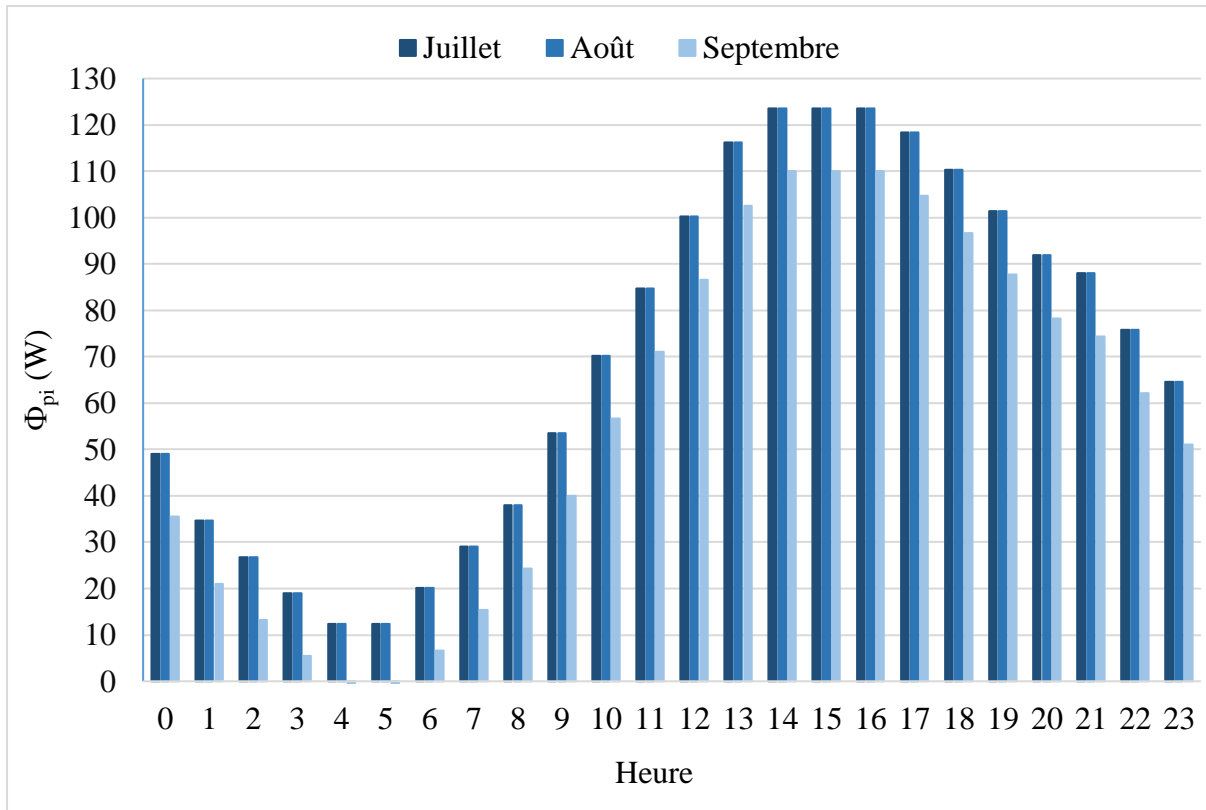


Figure A.8 : Apports à travers le cloison intérieur aéré.

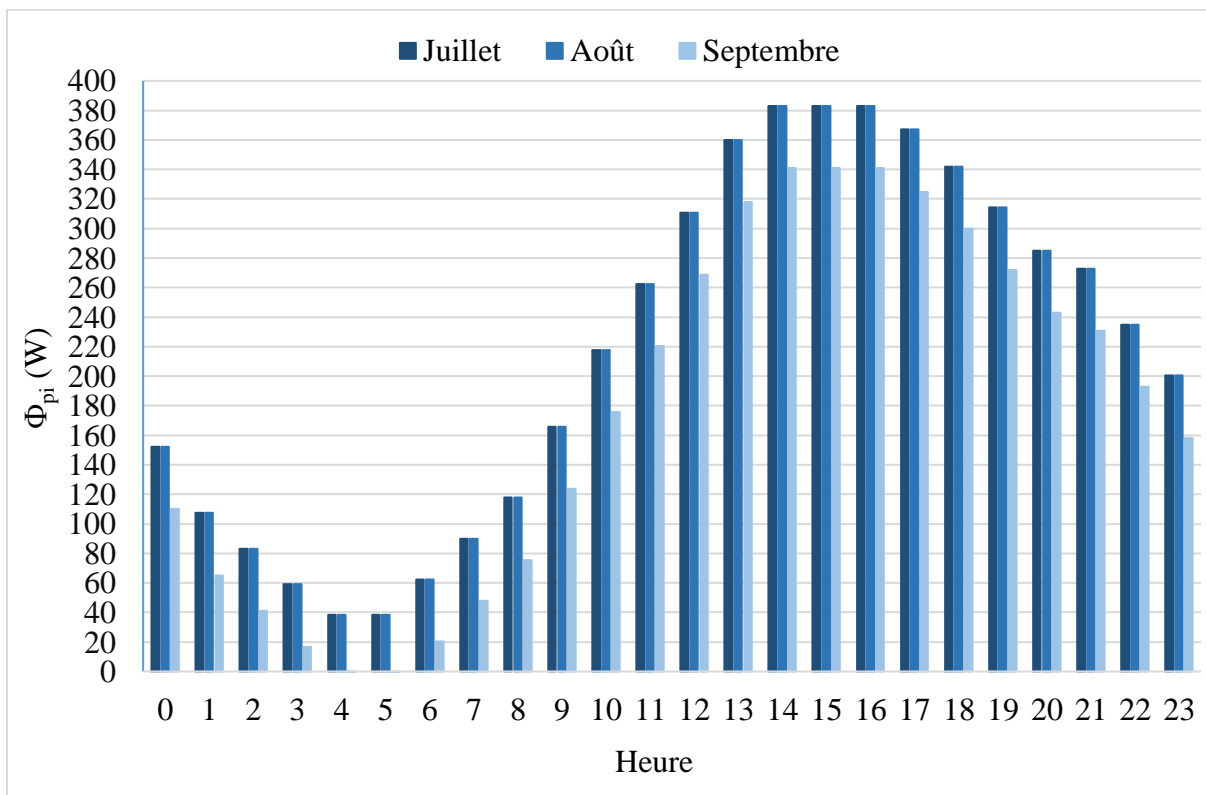


Figure A.9 : Apports à travers les murs en contact avec SDB et WC.

▪ Apports à travers les parois vitrées

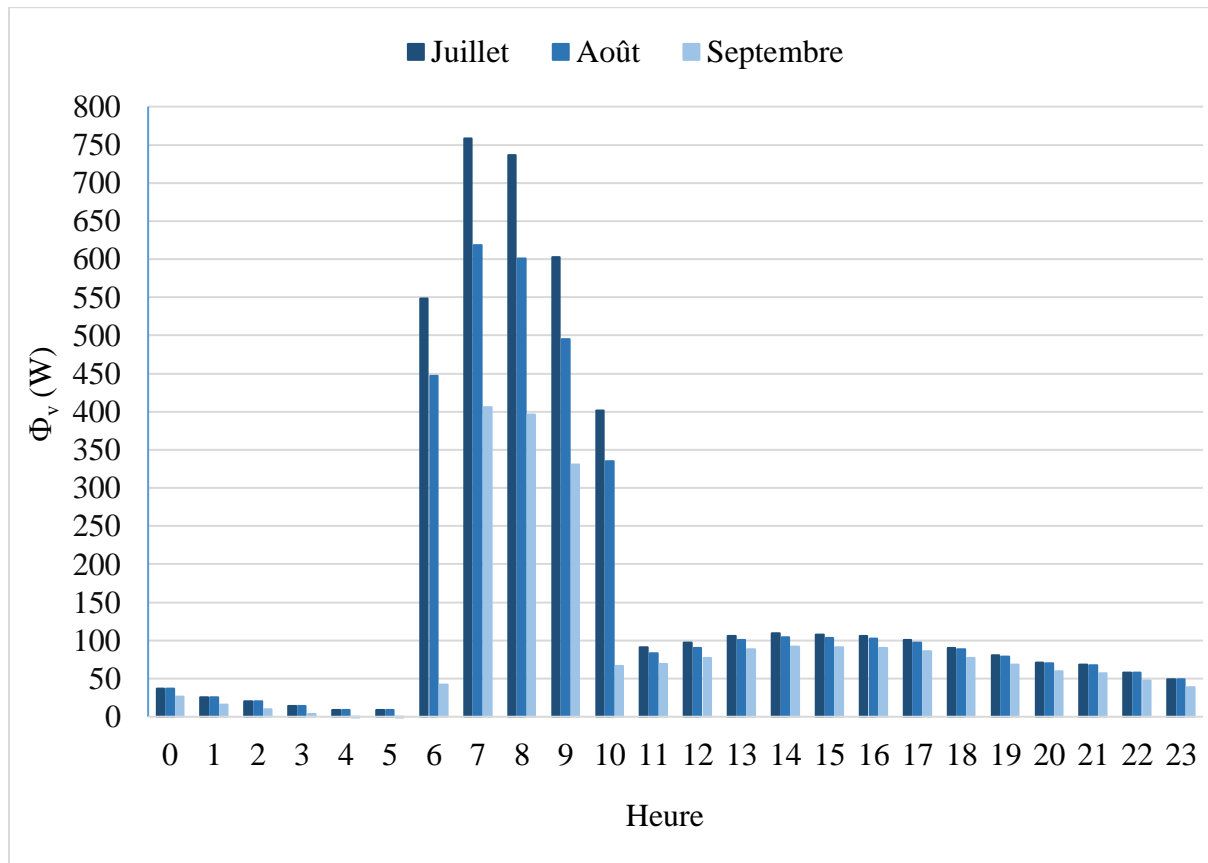


Figure A.10 : Apports à travers les parois vitrées - Orientation (NE).

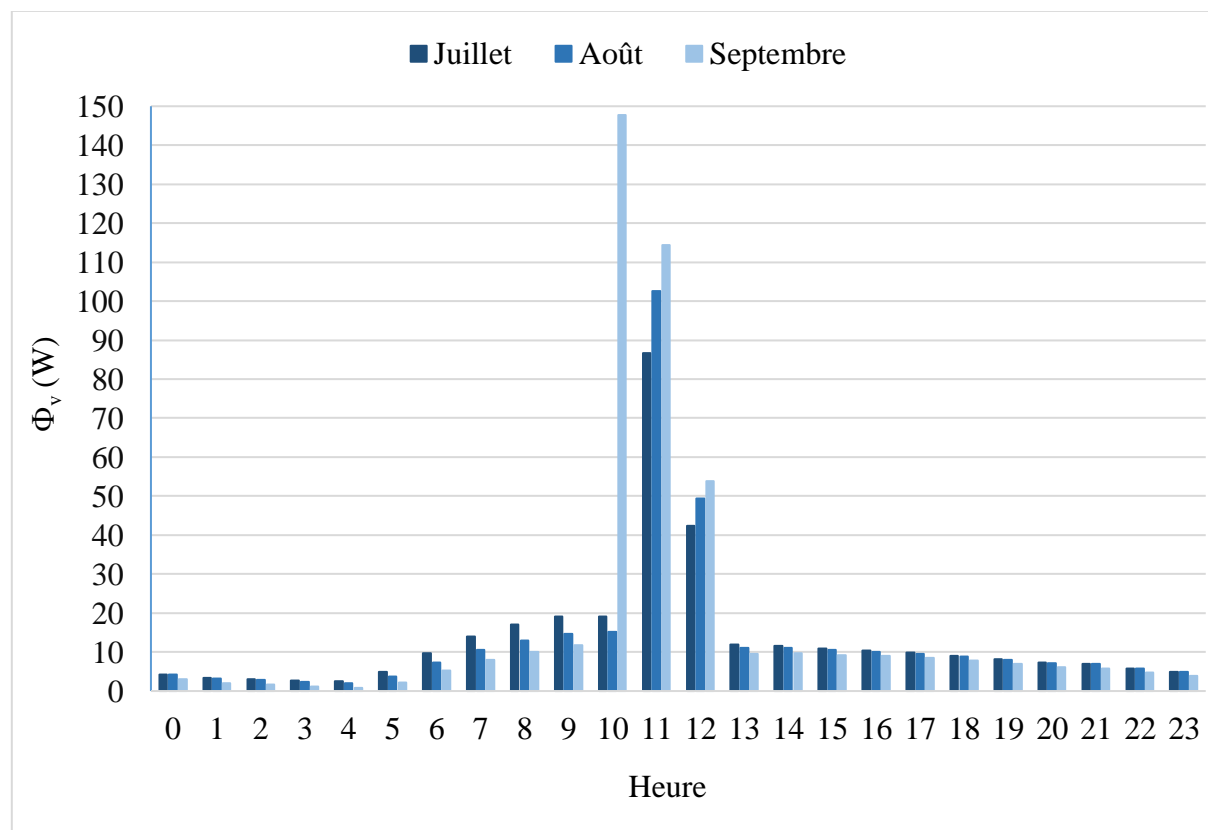


Figure A.11 : Apports à travers les parois vitrées (imposte du Hall) – Orientation (SO).

Pièce étudiée	Chambre 1			Chambre 2			Open-space		
	Heure	Juillet	Août	Sept	Juillet	Août	Sept	Juillet	Août
0	0,018	0,018	0,017	0,029	0,029	0,025	0,270	0,270	0,259
1	0,022	0,022	0,020	0,035	0,035	0,031	0,694	0,694	0,682
2	0,020	0,020	0,019	0,034	0,034	0,030	0,767	0,767	0,755
3	0,019	0,019	0,018	0,036	0,036	0,032	0,805	0,805	0,793
4	0,018	0,018	0,016	0,036	0,036	0,032	0,826	0,826	0,814
5	0,017	0,017	0,015	0,038	0,038	0,034	0,853	0,853	0,841
6	0,090	0,079	0,033	0,075	0,069	0,043	0,953	0,939	0,871
7	0,113	0,097	0,073	0,087	0,079	0,064	0,990	0,970	0,929
8	0,112	0,098	0,075	0,090	0,083	0,068	1,012	0,992	0,953
9	0,100	0,088	0,070	0,088	0,082	0,070	1,006	0,990	0,956
10	0,081	0,074	0,044	0,083	0,080	0,061	1,000	0,990	0,960
11	0,038	0,038	0,036	0,052	0,052	0,048	0,327	0,328	0,317
12	0,038	0,038	0,036	0,056	0,056	0,051	0,254	0,254	0,243
13	0,041	0,040	0,038	0,060	0,060	0,056	0,221	0,221	0,208
14	0,036	0,035	0,039	0,062	0,062	0,058	0,190	0,189	0,177
15	0,038	0,038	0,035	0,060	0,060	0,056	0,164	0,164	0,151
16	0,040	0,040	0,038	0,060	0,060	0,055	0,156	0,156	0,144
17	0,039	0,039	0,037	0,057	0,057	0,053	0,143	0,142	0,130
18	0,038	0,037	0,035	0,053	0,053	0,049	0,126	0,126	0,114
19	0,035	0,034	0,033	0,049	0,049	0,044	0,113	0,113	0,101
20	0,032	0,032	0,030	0,044	0,044	0,040	0,103	0,103	0,091
21	0,029	0,029	0,027	0,041	0,041	0,036	0,096	0,096	0,084
22	0,024	0,024	0,022	0,035	0,035	0,031	0,073	0,073	0,062
23	0,020	0,020	0,018	0,030	0,030	0,025	0,062	0,062	0,051

Tableau A.30 : Débits de soufflage.

Pièce	$q_{m\ an}$ (kg_{as}/s)	r_m^s (kg_e/kg_{as})	H_m^s (kJ/kg_{as})	θ ($^{\circ}C$)	H_i^s (kJ/kg_{as})	V_e^s (m^3/kg_{as})	N.b. souff	N.b. rep	$P_{BF} / Pièce$ (KW)
Chambre 1	0,023	0,01	50,94	26,09	45,5792	0,8906	1	1	1,5473
Chambre 2	0,023	0,01	52,29	26,62			1	1	1,3143
Open-space	0,056	0,01	47,01	24,56			5	5	11,5698
P_{BF} (kW)	14,43159222								
P_{BF} (BTU)	49211,72948								

Tableau A.31 : Puissance frigorifique cas d'une partie d'air recyclé.

▪ Évolution de l'air humide

L'évolution de l'air humide dans l'appartement étudié, est représentée dans le diagramme de Carrier pour chaque pièce.

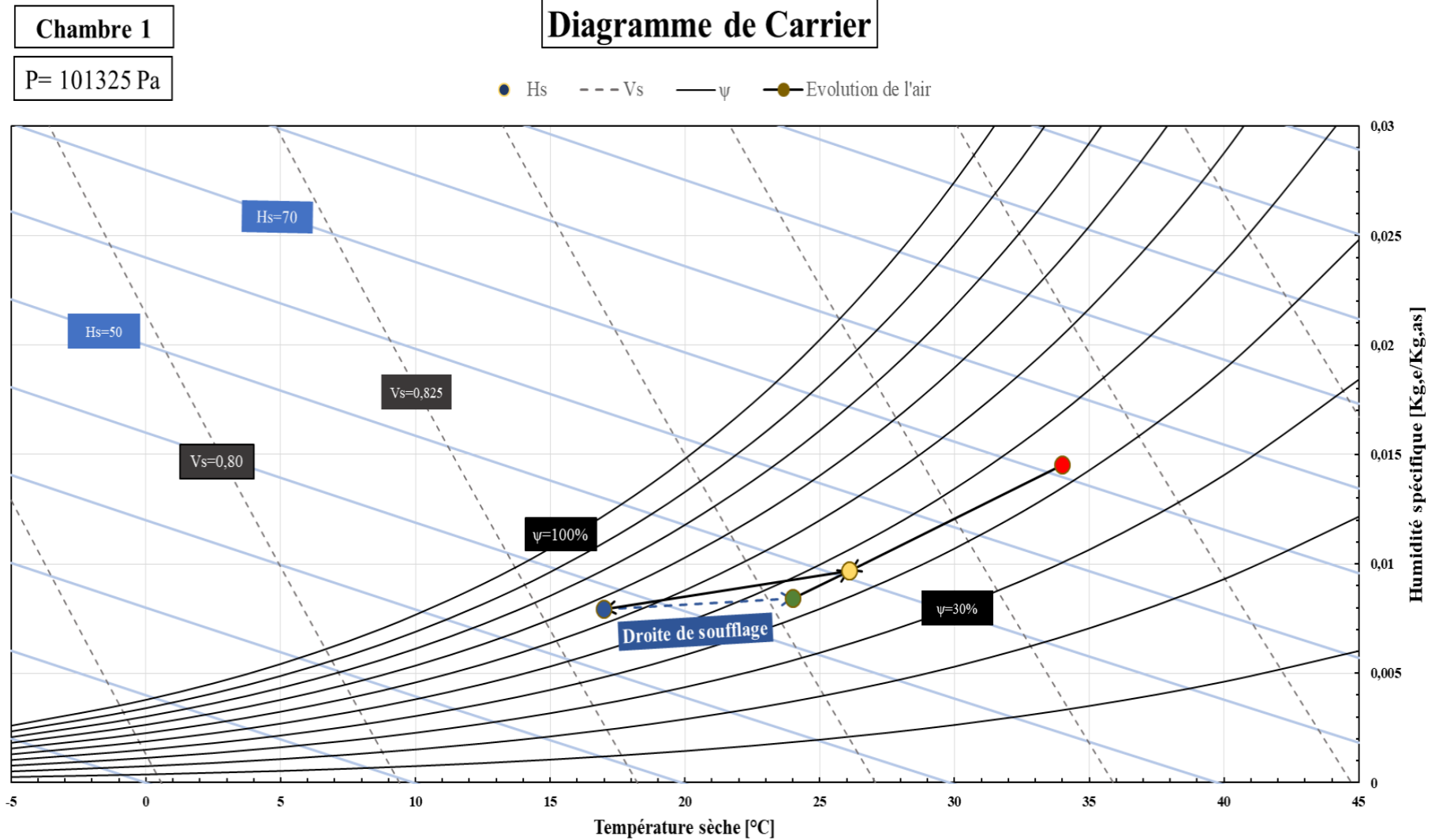


Figure A.12 : Évolution de l'air humide – Chambre 1.

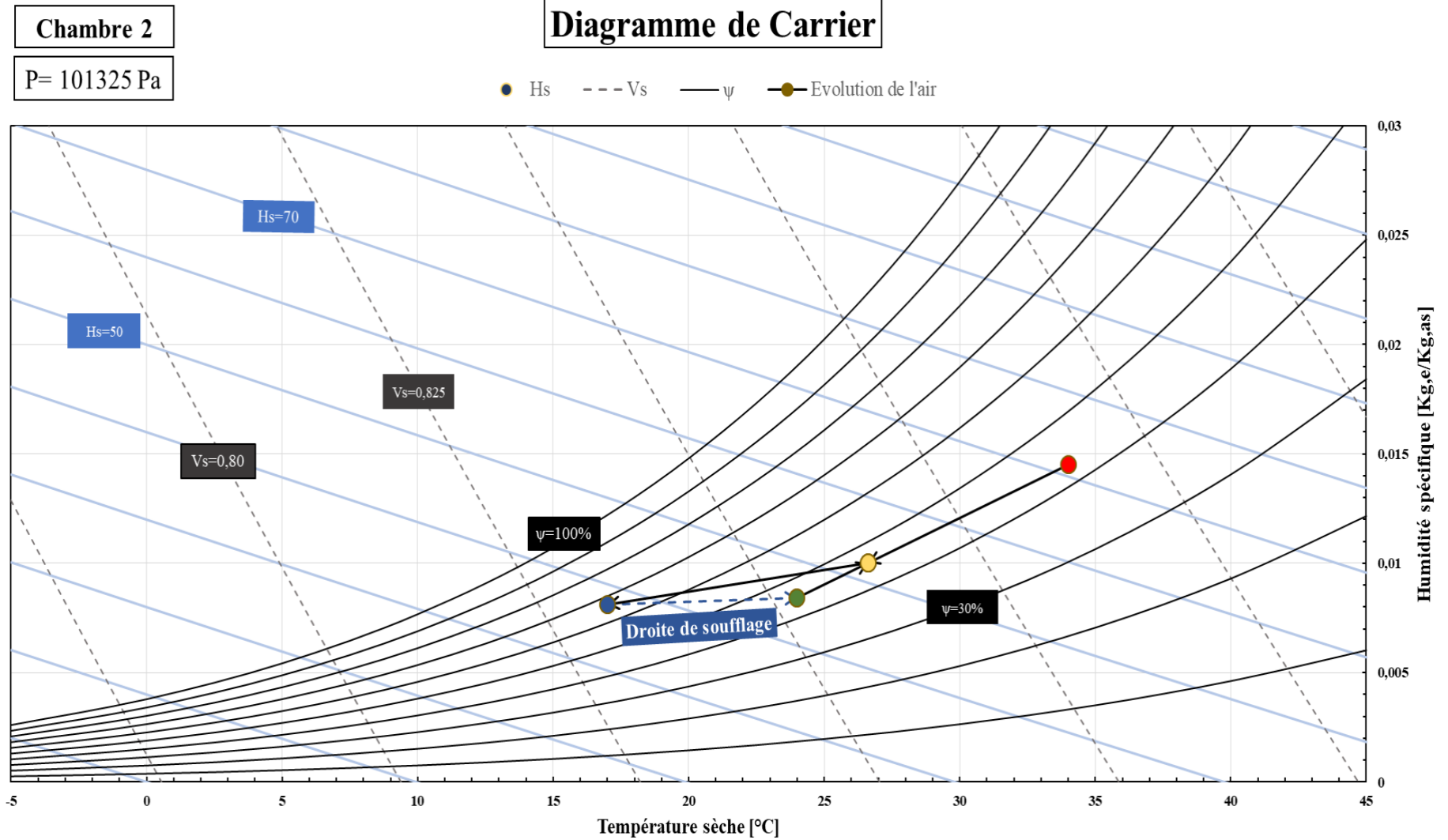


Figure A.13 : Évolution de l'air humide – Chambre 2.

Open-Space
 P= 101325 Pa

Diagramme de Carrier

● Hs - - - Vs — ψ ● Evolution de l'air

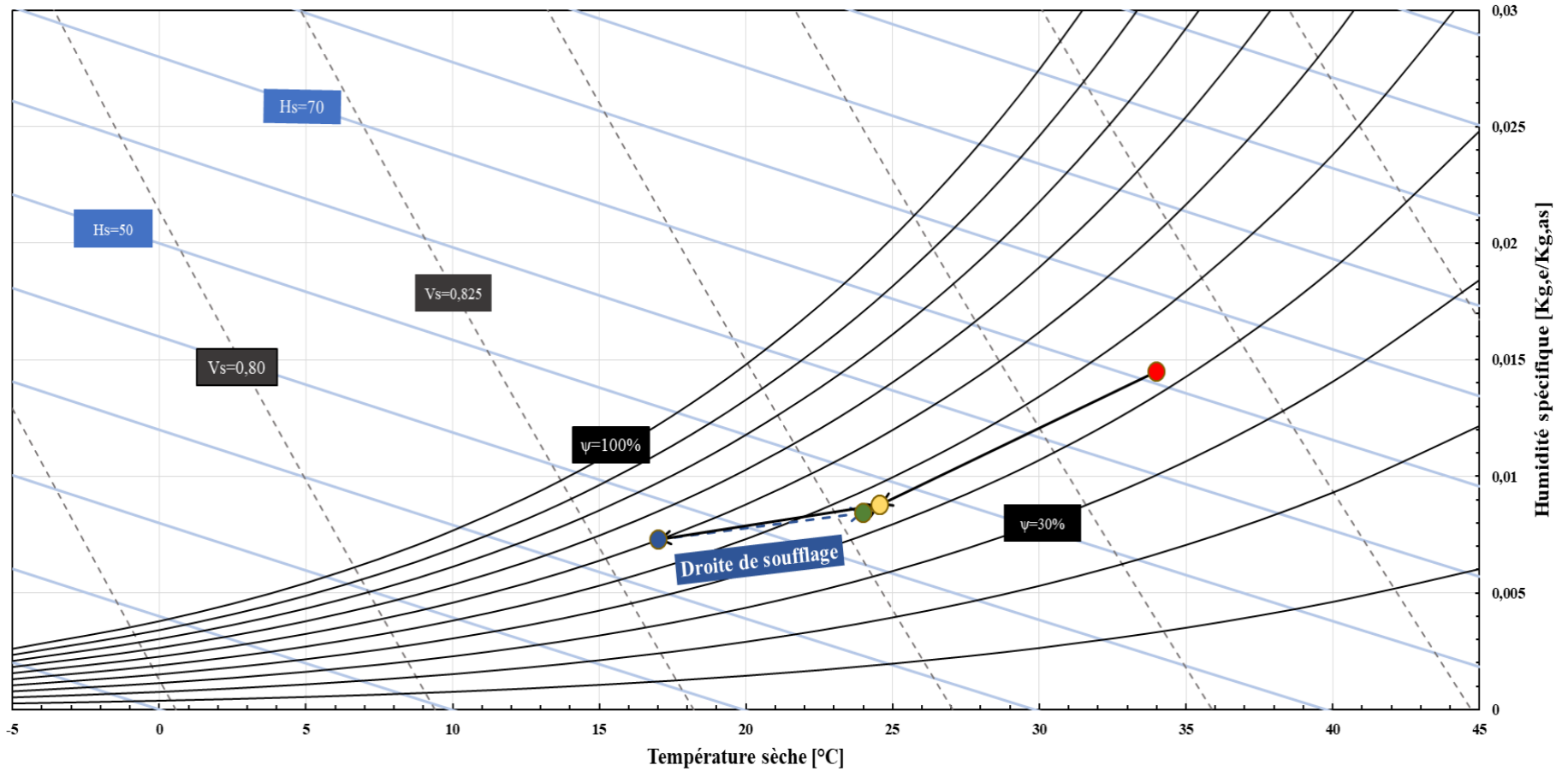


Figure A.14 : Évolution de l'air humide – Open-Space.

Bilans frigorifiques appartements (B-C-F-G)

▪ Apports à travers les parois opaques

Pièce étudiée	Chambre 1			Chambre 2			Open-space		
	Juillet	Août	Sept	Juillet	Août	Sept	Juillet	Août	Sept
0	60,17	60,17	60,17	144,98	144,92	118,92	313,13	313,13	226,37
1	51,22	51,22	51,22	109,41	109,35	83,35	220,85	220,85	134,09
2	42,28	42,28	42,28	86,96	86,91	60,92	171,16	171,16	84,40
3	38,21	38,21	38,21	97,41	98,21	72,76	121,47	121,47	34,70
4	29,27	29,27	29,27	93,23	94,53	69,39	78,87	78,87	-7,89
5	24,39	24,39	24,39	99,41	101,02	76,07	78,87	78,87	-7,89
6	107,66	110,36	112,58	143,53	146,28	122,03	128,57	128,57	41,80
7	98,23	100,59	103,06	147,75	150,11	125,63	185,35	185,35	98,59
8	109,18	112,04	115,29	174,03	176,89	152,71	242,14	242,14	155,38
9	120,18	123,08	126,69	211,75	214,63	190,47	341,53	341,53	254,76
10	139,22	142,27	146,89	255,67	258,65	234,55	448,01	448,01	361,25
11	141,38	144,04	147,85	286,80	289,42	265,08	540,29	540,29	453,53
12	137,65	139,96	141,40	324,57	326,94	302,47	639,67	639,67	552,91
13	148,52	150,22	151,27	361,75	363,49	338,61	741,18	741,18	654,42
14	113,83	113,83	156,74	379,37	380,62	355,45	788,74	788,74	701,98
15	132,53	132,53	132,53	374,98	375,60	350,04	788,74	788,74	701,98
16	150,42	150,42	150,42	374,00	374,12	348,24	788,74	788,74	701,98
17	150,42	150,42	150,42	357,63	357,56	331,56	755,38	755,38	668,62
18	151,23	151,23	151,23	336,46	336,20	310,09	703,56	703,56	616,80
19	141,47	141,47	141,47	309,29	308,98	282,84	646,77	646,77	560,01
20	132,53	132,53	132,53	280,64	280,26	254,07	586,43	586,43	499,67
21	113,83	113,83	113,83	259,19	258,89	232,75	561,59	561,59	474,82
22	95,94	95,94	95,94	224,04	223,86	197,80	483,50	483,50	396,74
23	78,05	78,05	78,05	188,76	188,64	162,60	412,51	412,51	325,75

Tableau B.1 : Apports à travers les parois opaques (B-C-F-G).

▪ Apports à travers les parois vitrées

Pièce étudiée	Chambre 1			Chambre 2			Open-space		
	Juillet	Août	Sept	Juillet	Août	Sept	Juillet	Août	Sept
0	28,82	28,82	20,84	14,41	14,41	10,42	131,76	131,76	95,25
1	20,33	20,33	12,34	10,16	10,16	6,17	92,93	92,93	56,42
2	15,75	15,75	7,77	7,88	7,88	3,88	72,02	72,02	35,51
3	11,18	11,18	3,19	5,59	5,59	1,60	51,11	51,11	14,60
4	7,26	7,26	-0,73	3,63	3,63	-0,36	33,19	33,19	-3,32
5	7,26	7,26	-0,73	3,63	3,63	-0,36	33,19	33,19	-3,32
6	430,83	350,99	32,87	215,41	175,50	16,43	1948,91	1669,54	1203,28
7	596,04	485,71	318,61	298,02	242,86	159,30	2696,28	2310,24	1679,90

8	578,41	472,44	311,62	289,20	236,22	155,81	2616,82	2246,02	1639,12
9	473,29	389,09	259,67	236,64	194,55	129,84	2141,87	1847,26	1357,57
10	315,49	263,23	52,25	157,74	131,62	26,12	1428,75	1245,89	928,09
11	71,43	65,11	54,41	35,72	32,55	27,20	1054,17	932,26	708,23
12	76,06	71,05	60,92	38,03	35,53	30,46	347,69	324,80	278,48
13	83,59	79,11	69,21	41,80	39,56	34,60	382,14	361,66	316,37
14	86,16	82,21	72,53	43,08	41,11	36,26	393,88	375,81	331,55
15	84,35	80,93	71,47	42,18	40,46	35,74	385,62	369,96	326,73
16	83,45	80,29	70,95	41,73	40,14	35,47	381,48	367,03	324,32
17	79,48	76,58	67,35	39,74	38,29	33,67	363,31	350,06	307,87
18	71,09	69,24	60,47	35,54	34,62	30,23	324,97	316,54	276,42
19	63,149	62,09	53,66	31,57	31,05	26,83	288,68	283,86	245,28
20	55,787	55,26	47,05	27,89	27,63	23,52	255,02	252,61	215,07
21	53,5	52,97	44,76	26,75	26,49	22,38	244,57	242,16	204,62
22	45,408	45,14	37,05	22,7	22,57	18,52	207,58	206,37	169,35
23	38,874	38,61	30,51	19,44	19,31	15,26	177,71	176,50	139,48

Tableau B.2 : Apports à travers les parois vitrées (B).

Pièce étudiée	Chambre 1			Chambre 2			Open-space		
	Juillet	Août	Sept	Juillet	Août	Sept	Juillet	Août	Sept
0	28,82	28,82	20,84	14,41	14,41	10,42	133,24	132,81	96,118
1	20,33	20,33	12,34	10,16	10,16	6,17	95,407	94,684	57,867
2	15,75	15,75	7,77	7,88	7,88	3,88	75,491	74,479	37,537
3	11,18	11,18	3,19	5,59	5,59	1,60	55,078	53,922	16,918
4	7,26	7,26	-0,73	3,63	3,63	-0,36	37,653	36,351	-0,7137
5	7,26	7,26	-0,73	3,63	3,63	-0,36	37,653	36,351	-0,7137
6	430,83	350,99	32,87	215,41	175,50	16,43	1744,6	1422	921,6
7	596,04	485,71	318,61	298,02	242,86	159,30	2412	1966,8	1289,6
8	578,41	472,44	311,62	289,20	236,22	155,81	2347,5	1918,7	1266,3
9	473,29	389,09	259,67	236,64	194,55	129,84	1940,5	1596,2	1068,8
10	315,49	263,23	52,25	157,74	131,62	26,12	1323	1103,7	760,06
11	71,43	65,11	54,41	35,72	32,55	27,20	1002,5	850,81	607,2
12	76,06	71,05	60,92	38,03	35,53	30,46	377,46	345,89	295,85
13	83,59	79,11	69,21	41,80	39,56	34,60	387,6	365,53	319,55
14	86,16	82,21	72,53	43,08	41,11	36,26	395,37	376,87	332,42
15	84,35	80,93	71,47	42,18	40,46	35,74	385,12	369,61	326,44
16	83,45	80,29	70,95	41,73	40,14	35,47	413,14	393,26	340,95
17	79,48	76,58	67,35	39,74	38,29	33,67	382,93	366,49	318,09

18	71,09	69,24	60,47	35,54	34,62	30,23	338,22	327,61	283,33
19	63,149	62,09	53,66	31,57	31,05	26,83	288,18	283,51	244,99
20	55,787	55,26	47,05	27,89	27,63	23,52	255,02	252,61	215,07
21	53,5	52,97	44,76	26,75	26,49	22,38	244,57	242,16	204,62
22	45,408	45,14	37,05	22,7	22,57	18,52	207,58	206,37	169,35
23	38,874	38,61	30,51	19,44	19,31	15,26	177,21	176,15	139,19

Tableau B.3 : Apports à travers les parois vitrées (C).

Pièce étudiée	Chambre 1			Chambre 2			Open-space		
	Juillet	Août	Sept	Juillet	Août	Sept	Juillet	Août	Sept
0	28,82	28,82	20,84	14,41	14,41	10,42	144,16	140,54	102,49
1	20,33	20,33	12,34	10,16	10,16	6,17	109,96	104,99	66,36
2	15,75	15,75	7,77	7,88	7,88	3,88	97,32	89,94	50,27
3	11,18	11,18	3,19	5,59	5,59	1,60	80,54	71,96	31,78
4	7,26	7,26	-0,73	3,63	3,63	-0,36	70,39	59,55	18,39
5	7,26	7,26	-0,73	3,63	3,63	-0,36	121,32	95,63	48,11
6	430,83	350,99	32,87	215,41	175,50	16,43	230,02	178,75	120,25
7	596,04	485,71	318,61	298,02	242,86	159,30	326,67	254,19	186,59
8	578,41	472,44	311,62	289,20	236,22	155,81	404,96	316,63	242,23
9	473,29	389,09	259,67	236,64	194,55	129,84	475,88	379,07	301,03
10	315,49	263,23	52,25	157,74	131,62	26,12	507,12	414,27	337,92
11	71,43	65,11	54,41	35,72	32,55	27,20	485,27	410,10	341,34
12	76,06	71,05	60,92	38,03	35,53	30,46	1033,84	1167,34	1242,00
13	83,59	79,11	69,21	41,80	39,56	34,60	800,12	890,83	928,47
14	86,16	82,21	72,53	43,08	41,11	36,26	741,95	794,50	790,89
15	84,35	80,93	71,47	42,18	40,46	35,74	605,26	640,30	625,72
16	83,45	80,29	70,95	41,73	40,14	35,47	509,01	529,71	505,19
17	79,48	76,58	67,35	39,74	38,29	33,67	454,53	472,05	446,51
18	71,09	69,24	60,47	35,54	34,62	30,23	308,93	305,18	267,06
19	63,149	62,09	53,66	31,57	31,05	26,83	280,91	278,35	240,75
20	55,787	55,26	47,05	27,89	27,63	23,52	251,38	250,03	212,95
21	53,5	52,97	44,76	26,75	26,49	22,38	240,93	239,58	202,49
22	45,408	45,14	37,05	22,7	22,57	18,52	203,94	203,79	167,23
23	38,874	38,61	30,51	19,44	19,31	15,26	173,57	173,57	137,07

Tableau B.4 : Apports à travers les parois vitrées (F).

Pièce étudiée	Chambre 1			Chambre 2			Open-space		
	Heure	Juillet	Août	Sept	Juillet	Août	Sept	Juillet	Août
0	28,82	28,82	20,84	14,41	14,41	10,42	142,67	139,49	101,62
1	20,33	20,33	12,34	10,16	10,16	6,17	122,36	113,78	73,594
2	15,75	15,75	7,77	7,88	7,88	3,88	122,12	107,52	64,746
3	11,18	11,18	3,19	5,59	5,59	1,60	113,78	95,513	51,17
4	7,26	7,26	-0,73	3,63	3,63	-0,36	107,59	85,91	40,099
5	7,26	7,26	-0,73	3,63	3,63	-0,36	157,03	120,94	68,947
6	430,83	350,99	32,87	215,41	175,50	16,43	259,29	199,49	137,32
7	596,04	485,71	318,61	298,02	242,86	159,30	346,51	268,25	198,17
8	578,41	472,44	311,62	289,20	236,22	155,81	411,41	321,2	245,99
9	473,29	389,09	259,67	236,64	194,55	129,84	466,45	372,39	295,53
10	315,49	263,23	52,25	157,74	131,62	26,12	484,3	398,1	324,61
11	71,43	65,11	54,41	35,72	32,55	27,20	495,06	441,33	385,45
12	76,06	71,05	60,92	38,03	35,53	30,46	1028,9	1180,7	1265,7
13	83,59	79,11	69,21	41,80	39,56	34,60	805,25	903,81	946,24
14	86,16	82,21	72,53	43,08	41,11	36,26	668,71	735,02	751,83
15	84,35	80,93	71,47	42,18	40,46	35,74	556,6	600,75	599,77
16	83,45	80,29	70,95	41,73	40,14	35,47	472,39	499,97	485,66
17	79,48	76,58	67,35	39,74	38,29	33,67	429,95	452,1	433,39
18	71,09	69,24	60,47	35,54	34,62	30,23	306,95	303,77	265,9
19	63,149	62,09	53,66	31,57	31,05	26,83	279,42	277,3	239,88
20	55,787	55,26	47,05	27,89	27,63	23,52	250,39	249,33	212,37
21	53,5	52,97	44,76	26,75	26,49	22,38	239,94	238,88	201,91
22	45,408	45,14	37,05	22,7	22,57	18,52	203,44	203,44	166,94
23	38,874	38,61	30,51	19,44	19,31	15,26	173,57	173,57	137,07

Tableau B.5 : Apports à travers les parois vitrées (G).

▪ Apports internes

Heure	NAI (%)	chambre 01		chambre 02		Open-space	
		$\Phi_{i,s}$ (W)	$\Phi_{i,l}$ (W)	$\Phi_{i,s}$ (W)	$\Phi_{i,l}$ (W)	$\Phi_{i,s}$ (W)	$\Phi_{i,l}$ (W)
0	25	43,34	67,50	22,72	67,50	1568,93	2660,50
1	74	128,30		67,25			
2	83	143,90		75,43			
3	88	152,57		79,97			
4	91	157,77		82,70			
5	94	162,97		85,42			
6	96	166,44		87,24			
7	96	166,44		87,24			
8	98	169,91		89,06			
9	98	169,91		89,06			
10	99	171,64		89,97			
11	26	45,08		23,63			
12	17	29,47	15,45				

13	12	20,81		10,91		753,08	
14	8	13,87		7,27		502,06	
15	5	8,67		4,54		313,79	
16	4	6,94		3,64		251,03	
17	3	5,20		2,73		188,27	
18	2	3,47		1,82		125,51	
19	1	1,73		0,91		62,76	
20	1	1,73		0,91		62,76	
21	1	1,73		0,91		62,76	
22	0	0,00		0,00		0,00	
23	0	0,00		0,00		0,00	

Tableau B.6 : Apports internes (B-C-F-G).

▪ Apports sensibles par introduction d'air

Pièce	chambre 1				chambre 2				Open-space			
	Juillet /Août		Septembre		Juillet /Août		Septembre		Juillet /Août		Septembre	
Mois	$\Phi_{ren,s}$ (W)	$\Phi_{inf,s}$ (W)	$\Phi_{ren,s}$ (W)	$\Phi_{inf,s}$ (W)	$\Phi_{ren,s}$ (W)	$\Phi_{inf,s}$ (W)	$\Phi_{ren,s}$ (W)	$\Phi_{inf,s}$ (W)	$\Phi_{ren,s}$ (W)	$\Phi_{inf,s}$ (W)	$\Phi_{ren,s}$ (W)	$\Phi_{inf,s}$ (W)
0	25,32	0,00	18,30	0,00	21,04	0,00	15,21	0,00	87,19	55,26	63,03	39,95
1	17,86	0,00	10,84	0,00	14,84	0,00	9,01	0,00	61,49	38,98	37,33	23,66
2	13,84	0,00	6,82	0,00	11,50	0,00	5,67	0,00	47,66	30,21	23,50	14,89
3	9,82	0,00	2,81	0,00	8,16	0,00	2,33	0,00	33,82	21,44	9,66	6,12
4	6,38	0,00	-0,64	0,00	5,30	0,00	-0,53	0,00	21,96	13,92	-2,20	-1,39
5	6,38	0,00	-0,64	0,00	5,30	0,00	-0,53	0,00	21,96	13,92	-2,20	-1,39
6	10,40	0,00	3,38	0,00	8,64	0,00	2,81	0,00	35,80	22,69	11,64	7,38
7	14,99	0,00	7,97	0,00	12,46	0,00	6,63	0,00	51,61	32,71	27,45	17,40
8	19,58	0,00	12,56	0,00	16,27	0,00	10,44	0,00	67,42	42,73	43,26	27,42
9	27,62	0,00	20,60	0,00	22,95	0,00	17,12	0,00	95,09	60,27	70,93	44,96
10	36,23	0,00	29,21	0,00	30,11	0,00	24,28	0,00	124,74	79,07	100,58	63,75
11	43,69	0,00	36,67	0,00	36,31	0,00	30,48	0,00	150,43	95,35	126,28	80,04
12	51,72	0,00	44,71	0,00	42,99	0,00	37,16	0,00	178,11	112,89	153,95	97,58
13	59,93	0,00	52,92	0,00	49,81	0,00	43,98	0,00	206,37	130,81	182,21	115,49
14	63,78	0,00	56,76	0,00	53,00	0,00	47,17	0,00	219,61	139,20	195,46	123,89
15	63,78	0,00	56,76	0,00	53,00	0,00	47,17	0,00	219,61	139,20	195,46	123,89
16	63,78	0,00	56,76	0,00	53,00	0,00	47,17	0,00	219,61	139,20	195,46	123,89
17	61,08	0,00	54,06	0,00	50,76	0,00	44,93	0,00	210,32	133,31	186,17	118,00
18	56,89	0,00	49,87	0,00	47,28	0,00	41,45	0,00	195,89	124,17	171,74	108,85
19	52,30	0,00	45,28	0,00	43,46	0,00	37,63	0,00	180,08	114,14	155,93	98,83
20	47,42	0,00	40,40	0,00	39,41	0,00	33,58	0,00	163,28	103,50	139,12	88,18
21	45,41	0,00	38,39	0,00	37,74	0,00	31,91	0,00	156,36	99,11	132,21	83,80
22	39,10	0,00	32,08	0,00	32,49	0,00	26,66	0,00	134,62	85,33	110,47	70,02
23	33,36	0,00	26,34	0,00	27,72	0,00	21,89	0,00	114,86	72,80	90,70	57,49

Tableau B.7 : Apports sensibles par renouvellement et infiltration d'air (B-C-F-G).

▪ **Apports latents par introduction d'air**

Pièce étudiée		chambre 01		chambre 02		Open-space	
Heure	Coef	$\Phi_{ren,l}$ (W)	$\Phi_{inf,l}$ (W)	$\Phi_{ren,l}$ (W)	$\Phi_{inf,l}$ (W)	$\Phi_{ren,l}$ (W)	$\Phi_{inf,l}$ (W)
24/24h	0,799	96,76	0	80,42	0	333,19	211,19

Tableau B.8 : Apports latents par renouvellement et infiltration d'air (B-C-F-G).

▪ **Apports sensibles**

Pièce étudiée	Chambre 1			Chambre 2			Open-space		
	Juillet	Août	Sept	Juillet	Août	Sept	Juillet	Août	Sept
0	43,34	43,34	43,34	22,72	22,72	22,72	2069,08	2069,08	1930,49
1	128,30	128,30	128,30	67,25	67,25	67,25	4996,77	4996,77	4858,19
2	143,90	143,90	143,90	75,43	75,43	75,43	5482,21	5482,21	5343,63
3	152,57	152,57	152,57	79,97	79,97	79,97	5716,63	5716,63	5578,05
4	157,77	157,77	157,77	82,70	82,70	82,70	5836,87	5836,87	5698,29
5	162,97	162,97	162,97	85,42	85,42	85,42	6025,14	6025,14	5886,56
6	166,44	166,44	166,44	87,24	87,24	87,24	8124,84	7845,47	7277,14
7	166,44	166,44	166,44	87,24	87,24	87,24	8939,02	8552,98	7820,56
8	169,91	169,91	169,91	89,06	89,06	89,06	9051,89	8681,09	7972,11
9	169,91	169,91	169,91	89,06	89,06	89,06	8693,86	8399,25	7807,48
10	171,64	171,64	171,64	89,97	89,97	89,97	8168,77	7985,91	7566,03
11	45,08	45,08	45,08	23,63	23,63	23,63	3321,49	3199,58	2873,48
12	29,47	29,47	29,47	15,45	15,45	15,45	2167,13	2144,24	1995,84
13	20,81	20,81	20,81	10,91	10,91	10,91	2007,21	1986,73	1839,37
14	13,87	13,87	13,87	7,27	7,27	7,27	1823,89	1805,82	1659,48
15	8,67	8,67	8,67	4,54	4,54	4,54	1627,35	1611,69	1466,39
16	6,94	6,94	6,94	3,64	3,64	3,64	1560,46	1546,00	1401,22
17	5,20	5,20	5,20	2,73	2,73	2,73	1440,28	1427,02	1282,76
18	3,47	3,47	3,47	1,82	1,82	1,82	1278,21	1269,78	1127,58
19	1,73	1,73	1,73	0,91	0,91	0,91	1112,35	1107,53	966,88
20	1,73	1,73	1,73	0,91	0,91	0,91	1007,70	1005,30	865,68
21	1,73	1,73	1,73	0,91	0,91	0,91	968,02	965,61	826,00
22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	776,41	775,20	636,10
23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	663,02	661,82	522,72

Tableau B.9 : Apports sensibles (B-C-F-G).

▪ **Apports latents**

Pièce étudiée	Chambre 1			Chambre 2			Open-space		
	Juillet	Août	Septembre	Juillet	Août	Septembre	Juillet	Août	Septembre
24/24h	67,5			67,5			2871,7		

Tableau B.10 : Apports latents (B-C-F-G).

▪ **Débits de soufflage**

Pièce étudiée	Chambre 1			Chambre 2			Open-space		
	Juillet	Août	Sept	Juillet	Août	Sept	Juillet	Août	Sept
0	0,006	0,006	0,006	0,003	0,003	0,003	0,294	0,294	0,274
1	0,018	0,018	0,018	0,010	0,010	0,010	0,710	0,710	0,690
2	0,020	0,020	0,020	0,011	0,011	0,011	0,779	0,779	0,759
3	0,022	0,022	0,022	0,011	0,011	0,011	0,812	0,812	0,792
4	0,022	0,022	0,022	0,012	0,012	0,012	0,829	0,829	0,809
5	0,023	0,023	0,023	0,012	0,012	0,012	0,856	0,856	0,836
6	0,024	0,024	0,024	0,012	0,012	0,012	1,154	1,114	1,033
7	0,024	0,024	0,024	0,012	0,012	0,012	1,269	1,215	1,111
8	0,024	0,024	0,024	0,013	0,013	0,013	1,285	1,233	1,132
9	0,024	0,024	0,024	0,013	0,013	0,013	1,235	1,193	1,109
10	0,024	0,024	0,024	0,013	0,013	0,013	1,160	1,134	1,074
11	0,006	0,006	0,006	0,003	0,003	0,003	0,472	0,454	0,408
12	0,004	0,004	0,004	0,002	0,002	0,002	0,308	0,304	0,283
13	0,003	0,003	0,003	0,002	0,002	0,002	0,285	0,282	0,261
14	0,002	0,002	0,002	0,001	0,001	0,001	0,259	0,256	0,236
15	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,231	0,229	0,208
16	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,222	0,220	0,199
17	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,205	0,203	0,182
18	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,182	0,180	0,160
19	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,158	0,157	0,137
20	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,143	0,143	0,123
21	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,137	0,137	0,117
22	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,110	0,110	0,090
23	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,094	0,094	0,074

Tableau B.11 : Débits de soufflage (B-C-F-G).

▪ **Puissance frigorifique**

Pièce	$q_{m\ an}$ (kg_{as}/s)	r_m^s (kg_e/kg_{as})	H_m^s (kJ/kg_{as})	θ ($^{\circ}C$)	H_i^s (kJ/kg_{as})	V_e^s (m^3/kg_{as})	N.b. souff	N.b. rep	$P_{BF} / Pièce$ (W)
Chambre 1	0,023	0,0143	70,33	33,6	45,5792	0,8906	1	1	0,84582
Chambre 2	0,023	0,0145	71,37	34			1	1	0,48913
Open-space	0,056	0,0087	46,71	24,44			5	5	13,54541
P_{BF} (kW)	14,88035942								
P_{BF} (BTU)	50742,02562								

Tableau B.12 : Puissance frigorifique cas d'une partie d'air recyclée (B-C-F-G).

Bilans frigorifiques appartements (D-E-H)

■ Apports à travers les parois opaques

Pièce étudiée	Chambre 1			Chambre 2			Open-space		
	Juillet	Août	Sept	Juillet	Août	Sept	Juillet	Août	Sept
0	60,17	60,17	60,17	147,24	145,78	121,28	241,29	241,29	183,03
1	51,22	51,22	51,22	111,67	110,43	85,71	174,71	174,71	116,45
2	42,28	42,28	42,28	88,84	87,82	62,89	136,73	136,73	78,47
3	38,21	38,21	38,21	70,36	69,43	44,40	101,27	101,27	43,01
4	29,27	29,27	29,27	49,65	48,94	23,70	68,06	68,06	9,80
5	24,39	24,39	24,39	45,31	44,72	19,36	65,54	65,54	7,28
6	18,12	18,15	18,71	51,49	51,13	25,53	93,88	93,88	35,62
7	21,12	21,17	22,21	68,48	68,12	42,52	132,01	132,01	73,75
8	15,98	16,07	17,58	78,23	78,07	52,27	165,95	165,95	107,69
9	26,26	26,36	28,21	115,20	114,84	89,24	236,88	236,88	178,62
10	24,39	24,39	24,39	155,74	155,15	129,78	313,41	313,41	255,15
11	42,28	42,28	42,28	199,27	198,24	173,31	384,60	384,60	326,34
12	60,17	60,17	60,17	244,92	243,46	218,97	460,56	460,56	402,30
13	91,88	91,88	91,88	303,52	301,29	277,56	545,07	545,07	486,81
14	122,92	123,00	113,83	346,64	343,71	311,34	608,29	608,85	549,19
15	152,30	152,47	155,63	374,26	370,67	351,73	633,01	633,98	576,90
16	176,91	177,14	181,37	397,09	392,94	375,73	651,82	653,04	596,32
17	216,44	217,02	227,57	427,75	422,84	413,24	597,33	597,43	541,18
18	252,05	252,92	151,23	448,74	443,13	319,15	550,29	550,29	492,03
19	141,47	141,47	141,47	319,43	316,00	293,47	508,86	508,86	450,60
20	132,53	132,53	132,53	293,42	290,21	267,46	463,60	463,60	405,34
21	113,83	113,83	113,83	269,34	266,58	243,38	438,87	438,87	380,61
22	95,94	95,94	95,94	230,05	227,73	204,10	377,08	377,08	318,82
23	78,05	78,05	78,05	192,89	191,00	166,94	320,19	320,19	261,93

Tableau C.1 : Apports à travers les parois opaques (D).

Pièce étudiée	Chambre 1			Chambre 2			Open-space		
	Juillet	Août	Sept	Juillet	Août	Sept	Juillet	Août	Sept
0	60,17	60,17	60,17	147,24	61,62	121,28	241,29	241,29	183,03
1	51,22	51,22	51,22	111,67	52,46	85,71	174,71	174,71	116,45
2	42,28	42,28	42,28	88,84	43,30	62,89	136,73	136,73	78,47
3	38,21	38,21	38,21	70,36	39,14	44,40	101,27	101,27	43,01
4	29,27	29,27	29,27	49,65	29,98	23,70	68,06	68,06	9,80
5	24,39	24,39	24,39	45,31	24,98	19,36	65,54	65,54	7,28
6	104,17	106,85	108,51	143,53	109,78	122,03	110,87	111,37	53,43
7	91,75	94,05	95,48	147,75	96,63	125,63	163,65	164,23	108,96
8	99,70	102,48	104,21	174,03	105,32	152,71	208,50	209,24	155,29
9	108,56	111,36	113,11	211,75	114,42	190,47	285,18	285,97	232,92
10	121,61	124,51	126,31	255,67	127,90	234,55	378,05	379,00	328,48

11	128,96	131,55	133,16	286,80	135,02	265,08	437,33	438,13	386,02
12	138,89	141,24	142,70	324,57	144,93	302,47	475,26	475,70	417,71
13	153,56	155,40	156,54	361,75	159,25	338,61	545,07	545,07	486,81
14	120,78	120,99	121,12	337,29	123,75	311,34	588,33	588,33	530,07
15	144,46	144,82	145,04	353,94	148,03	327,98	597,97	597,97	539,72
16	165,51	165,96	166,24	369,86	169,61	343,91	607,20	607,20	548,94
17	150,42	150,42	150,42	359,88	154,06	333,93	584,80	584,80	526,54
18	151,23	151,23	151,23	345,10	154,89	319,15	550,42	550,42	492,16
19	141,47	141,47	141,47	319,43	144,90	293,47	507,25	507,25	449,00
20	132,53	132,53	132,53	293,42	135,74	267,46	462,13	462,13	403,87
21	113,83	113,83	113,83	269,34	116,59	243,38	435,80	435,80	377,54
22	95,94	95,94	95,94	230,05	98,27	204,10	374,14	374,14	315,88
23	78,05	78,05	78,05	192,89	79,95	166,94	317,25	317,25	258,99

Tableau C.2 : Apports à travers les parois opaques (E).

Pièce étudiée	Chambre 1			Chambre 2			Open-space		
	Juillet	Août	Sept	Juillet	Août	Sept	Juillet	Août	Sept
0	60,17	60,17	60,17	147,24	61,62	121,28	241,29	241,29	183,03
1	51,22	51,22	51,22	111,67	52,46	85,71	174,71	174,71	116,45
2	42,28	42,28	42,28	88,84	43,30	62,89	136,73	136,73	78,47
3	38,21	38,21	38,21	70,36	39,14	44,40	101,27	101,27	43,01
4	29,27	29,27	29,27	49,65	29,98	23,70	68,06	68,06	9,80
5	24,39	24,39	24,39	45,31	24,98	19,36	65,54	65,54	7,28
6	104,17	106,85	108,51	143,53	109,78	122,03	110,87	111,37	53,43
7	91,75	94,05	95,48	147,75	96,63	125,63	163,65	164,23	108,96
8	99,70	102,48	104,21	174,03	105,32	152,71	208,50	209,24	155,29
9	108,56	111,36	113,11	211,75	114,42	190,47	285,18	285,97	232,92
10	121,61	124,51	126,31	255,67	127,90	234,55	378,05	379,00	328,48
11	128,96	131,55	133,16	286,80	135,02	265,08	437,33	438,13	386,02
12	138,89	141,24	142,70	324,57	144,93	302,47	475,26	475,70	417,71
13	153,56	155,40	156,54	361,75	159,25	338,61	545,07	545,07	486,81
14	120,78	120,99	121,12	337,29	123,75	311,34	588,33	588,33	530,07
15	144,46	144,82	145,04	353,94	148,03	327,98	597,97	597,97	539,72
16	165,51	165,96	166,24	369,86	169,61	343,91	607,20	607,20	548,94
17	150,42	150,42	150,42	359,88	154,06	333,93	584,80	584,80	526,54
18	151,23	151,23	151,23	345,10	154,89	319,15	550,42	550,42	492,16
19	141,47	141,47	141,47	319,43	144,90	293,47	507,25	507,25	449,00
20	132,53	132,53	132,53	293,42	135,74	267,46	462,13	462,13	403,87
21	113,83	113,83	113,83	269,34	116,59	243,38	435,80	435,80	377,54
22	95,94	95,94	95,94	230,05	98,27	204,10	374,14	374,14	315,88
23	78,05	78,05	78,05	192,89	79,95	166,94	317,25	317,25	258,99

Tableau C.3 : Apports à travers les parois opaques (H).

▪ Apports à travers les parois vitrées

Pièce étudiée	Chambre 1			Chambre 2			Open-space		
	Heure	Juillet	Août	Sept	Juillet	Août	Sept	Juillet	Août
0	28,82	28,82	20,84	14,41	14,41	10,42	40,98	40,83	29,55
1	20,33	20,33	12,34	10,16	10,16	6,17	29,23	29,03	17,73
2	15,75	15,75	7,77	7,88	7,88	3,88	23,16	22,85	11,51
3	11,18	11,18	3,19	5,59	5,59	1,60	16,91	16,56	5,19
4	7,26	7,26	-0,73	3,63	3,63	-0,36	11,76	11,30	-0,10
5	7,26	7,26	-0,73	3,63	3,63	-0,36	14,19	13,03	1,32
6	430,83	350,99	32,87	215,41	175,50	16,43	558,06	454,06	47,11
7	596,04	485,71	318,61	298,02	242,86	159,30	772,49	628,68	413,49
8	578,41	472,44	311,62	44,15	34,53	26,41	753,18	614,20	406,70
9	473,29	389,09	259,67	41,94	34,30	27,03	621,45	509,93	342,30
10	315,49	263,23	52,25	36,89	32,15	26,12	113,06	96,98	78,87
11	71,43	65,11	54,41	35,72	32,55	27,20	107,87	96,78	80,81
12	76,06	71,05	60,92	38,03	35,53	30,46	109,04	101,34	86,84
13	83,59	79,11	69,21	41,80	39,56	34,60	118,28	111,72	97,69
14	86,16	82,21	72,53	43,08	41,11	36,26	135,19	133,36	101,99
15	84,35	80,93	71,47	42,18	40,46	35,74	127,55	125,32	113,95
16	83,45	80,29	70,95	41,73	40,14	35,47	122,39	119,70	107,83
17	79,48	76,58	67,35	39,74	38,29	33,67	115,59	112,97	101,03
18	71,09	69,24	60,47	35,54	34,62	30,23	102,96	101,41	84,69
19	63,15	62,09	53,66	31,57	31,05	26,83	88,51	87,07	75,24
20	55,79	55,26	47,05	27,89	27,63	23,52	78,24	77,52	66,00
21	53,50	52,97	44,76	26,75	26,49	22,38	75,03	74,31	62,79
22	45,41	45,14	37,05	22,70	22,57	18,52	63,62	63,28	51,93
23	38,87	38,61	30,51	19,44	19,31	15,26	54,45	54,11	42,76

Tableau C.4 : Apports à travers les parois vitrées (D).

Pièce étudiée	Chambre 1			Chambre 2			Open-space		
	Heure	Juillet	Août	Sept	Juillet	Août	Sept	Juillet	Août
0	28,82	28,82	20,84	14,41	14,41	10,42	40,98	40,83	29,55
1	20,33	20,33	12,34	10,16	10,16	6,17	29,23	29,03	17,73
2	15,75	15,75	7,77	7,88	7,88	3,88	23,16	22,85	11,51
3	11,18	11,18	3,19	5,59	5,59	1,60	16,91	16,56	5,19
4	7,26	7,26	-0,73	3,63	3,63	-0,36	11,76	11,30	-0,10
5	7,26	7,26	-0,73	3,63	3,63	-0,36	14,19	13,03	1,32
6	61,57	47,07	32,87	30,78	23,54	16,43	88,09	67,26	47,11
7	85,78	65,75	49,18	42,89	32,88	24,59	123,07	94,19	70,58
8	88,30	69,06	52,82	44,15	34,53	26,41	129,40	100,80	77,33
9	83,88	68,60	54,05	41,94	34,30	27,03	125,84	102,03	80,60
10	73,79	64,30	52,25	36,89	32,15	26,12	113,06	96,98	78,87
11	71,43	65,11	54,41	35,72	32,55	27,20	107,87	96,78	80,81
12	76,06	71,05	60,92	38,03	35,53	30,46	109,04	101,34	86,84
13	186,14	209,70	220,57	41,80	39,56	34,60	248,80	277,91	290,34

14	176,65	197,43	206,09	43,08	41,11	36,26	236,41	262,26	271,97
15	162,77	180,79	187,23	81,39	90,39	93,61	218,06	240,58	247,56
16	155,84	172,46	177,79	77,92	86,23	88,90	208,71	229,62	235,25
17	79,48	76,58	67,35	72,91	80,54	82,65	116,12	111,31	96,91
18	71,09	69,24	60,47	35,54	34,62	30,23	99,48	96,98	84,69
19	63,15	62,09	53,66	31,57	31,05	26,83	88,51	87,07	75,24
20	55,79	55,26	47,05	27,89	27,63	23,52	78,24	77,52	66,00
21	53,50	52,97	44,76	26,75	26,49	22,38	75,03	74,31	62,79
22	45,41	45,14	37,05	22,70	22,57	18,52	63,62	63,28	51,93
23	38,87	38,61	30,51	19,44	19,31	15,26	54,45	54,11	42,76

Tableau C.5 : Apports à travers les parois vitrées (E).

Pièce étudiée	Chambre 1			Chambre 2			Open-space		
	Juillet	Août	Sept	Juillet	Août	Sept	Juillet	Août	Sept
0	28,82	28,82	20,84	14,41	14,41	10,42	40,98	40,83	29,55
1	20,33	20,33	12,34	10,16	10,16	6,17	29,23	29,03	17,73
2	15,75	15,75	7,77	7,88	7,88	3,88	23,16	22,85	11,51
3	11,18	11,18	3,19	5,59	5,59	1,60	16,91	16,56	5,19
4	7,26	7,26	-0,73	3,63	3,63	-0,36	11,76	11,30	-0,10
5	7,26	7,26	-0,73	3,63	3,63	-0,36	14,19	13,03	1,32
6	61,57	47,07	32,87	30,78	23,54	16,43	88,09	67,26	47,11
7	85,78	65,75	49,18	42,89	32,88	24,59	209,67	165,46	116,31
8	88,30	69,06	52,82	44,15	34,53	26,41	234,09	186,97	132,61
9	83,88	68,60	54,05	41,94	34,30	27,03	237,00	193,51	139,29
10	73,79	64,30	52,25	36,89	32,15	26,12	215,17	181,02	132,79
11	71,43	65,11	54,41	35,72	32,55	27,20	185,42	160,60	121,76
12	190,67	217,00	230,09	95,34	108,50	115,05	254,90	287,09	302,15
13	186,14	209,70	220,57	93,07	104,85	110,29	248,80	277,91	290,34
14	176,65	197,43	206,09	88,32	98,71	103,04	236,41	262,26	271,97
15	162,77	180,79	187,23	42,18	40,46	35,74	218,06	240,58	247,56
16	155,84	172,46	177,79	41,73	40,14	35,47	116,58	112,31	99,26
17	79,48	76,58	67,35	39,74	38,29	33,67	110,95	107,06	94,18
18	71,09	69,24	60,47	35,54	34,62	30,23	99,48	96,98	84,69
19	63,15	62,09	53,66	31,57	31,05	26,83	88,51	87,07	75,24
20	55,79	55,26	47,05	27,89	27,63	23,52	78,24	77,52	66,00
21	53,50	52,97	44,76	26,75	26,49	22,38	75,03	74,31	62,79
22	45,41	45,14	37,05	22,70	22,57	18,52	63,62	63,28	51,93
23	38,87	38,61	30,51	19,44	19,31	15,26	54,45	54,11	42,76

Tableau C.6 : Apports à travers les parois vitrées (H).

▪ Apports internes

Heure	NAI (%)	chambre 1		chambre 2		Open-space	
		$\Phi_{i,s}$ (W)	$\Phi_{i,l}$ (W)	$\Phi_{i,s}$ (W)	$\Phi_{i,l}$ (W)	$\Phi_{i,s}$ (W)	$\Phi_{i,l}$ (W)
0	25	22,72	67,50	43,34	67,50	1568,93	2660,50
1	74	67,25		128,30		4644,02	
2	83	75,43		143,90		5208,83	

3	88	79,97		152,57		5522,62	
4	91	82,70		157,77		5710,89	
5	94	85,42		162,97		5899,16	
6	96	87,24		166,44		6024,67	
7	96	87,24		166,44		6024,67	
8	98	89,06		169,91		6150,19	
9	98	89,06		169,91		6150,19	
10	99	89,97		171,64		6212,94	
11	26	23,63		45,08		1631,68	
12	17	15,45		29,47		1066,87	
13	12	10,91		20,81		753,08	
14	8	7,27		13,87		502,06	
15	5	4,54		8,67		313,79	
16	4	3,64		6,94		251,03	
17	3	2,73		5,20		188,27	
18	2	1,82		3,47		125,51	
19	1	0,91		1,73		62,76	
20	1	0,91		1,73		62,76	
21	1	0,91		1,73		62,76	
22	0	0,00		0,00		0,00	
23	0	0,00		0,00		0,00	

Tableau C.7 : Apports internes (D).

Heure	NAI (%)	chambre 01		chambre 02		Open-space	
		$\Phi_{i,s}$ (W)	$\Phi_{i,l}$ (W)	$\Phi_{i,s}$ (W)	$\Phi_{i,l}$ (W)	$\Phi_{i,s}$ (W)	$\Phi_{i,l}$ (W)
0	25	22,72		43,34		1568,93	
1	74	67,25		128,30		4644,02	
2	83	75,43		143,90		5208,83	
3	88	79,97		152,57		5522,62	
4	91	82,70		157,77		5710,89	
5	94	85,42		162,97		5899,16	
6	96	87,24		166,44		6024,67	
7	96	87,24		166,44		6024,67	
8	98	89,06		169,91		6150,19	
9	98	89,06		169,91		6150,19	
10	99	89,97		171,64		6212,94	
11	26	23,63	67,50	45,08	67,50	1631,68	2660,50
12	17	15,45		29,47		1066,87	
13	12	10,91		20,81		753,08	
14	8	7,27		13,87		502,06	
15	5	4,54		8,67		313,79	
16	4	3,64		6,94		251,03	
17	3	2,73		5,20		188,27	
18	2	1,82		3,47		125,51	
19	1	0,91		1,73		62,76	
20	1	0,91		1,73		62,76	
21	1	0,91		1,73		62,76	
22	0	0,00		0,00		0,00	

23	0	0,00		0,00		0,00	
----	---	------	--	------	--	------	--

Tableau C.8 : Apports internes (E).

Heure	NAI (%)	chambre 01		chambre 02		Open-space	
		$\Phi_{i,s}$ (W)	$\Phi_{i,l}$ (W)	$\Phi_{i,s}$ (W)	$\Phi_{i,l}$ (W)	$\Phi_{i,s}$ (W)	$\Phi_{i,l}$ (W)
0	25	22,72	67,50	43,34	67,50	1568,93	2660,50
1	74	67,25		128,30		4644,02	
2	83	75,43		143,90		5208,83	
3	88	79,97		152,57		5522,62	
4	91	82,70		157,77		5710,89	
5	94	85,42		162,97		5899,16	
6	96	87,24		166,44		6024,67	
7	96	87,24		166,44		6024,67	
8	98	89,06		169,91		6150,19	
9	98	89,06		169,91		6150,19	
10	99	89,97		171,64		6212,94	
11	26	23,63		45,08		1631,68	
12	17	15,45		29,47		1066,87	
13	12	10,91		20,81		753,08	
14	8	7,27		13,87		502,06	
15	5	4,54		8,67		313,79	
16	4	3,64		6,94		251,03	
17	3	2,73		5,20		188,27	
18	2	1,82		3,47		125,51	
19	1	0,91		1,73		62,76	
20	1	0,91		1,73		62,76	
21	1	0,91		1,73		62,76	
22	0	0,00		0,00		0,00	
23	0	0,00		0,00		0,00	

Tableau C.9 : Apports internes (H).

▪ Apports sensibles par introduction d'air

Pièce	chambre 01				chambre 02				Open-space			
	Juillet /Août		Septembre		Juillet /Août		Septembre		Juillet /Août		Septembre	
Appports (W)	$\Phi_{ren,s}$ (W)	$\Phi_{inf,s}$ (W)	$\Phi_{ren,s}$ (W)	$\Phi_{inf,s}$ (W)	$\Phi_{ren,s}$ (W)	$\Phi_{inf,s}$ (W)	$\Phi_{ren,s}$ (W)	$\Phi_{inf,s}$ (W)	$\Phi_{ren,s}$ (W)	$\Phi_{inf,s}$ (W)	$\Phi_{ren,s}$ (W)	$\Phi_{inf,s}$ (W)
0	23,21	18,42	16,78	13,32	24,68	0,00	17,84	0,00	74,89	50,10	54,14	36,22
1	16,37	12,99	9,94	7,89	17,40	0,00	10,57	0,00	52,82	35,34	32,07	21,46
2	12,69	10,07	6,26	4,96	13,49	0,00	6,65	0,00	40,93	27,39	20,18	13,50
3	9,00	7,15	2,57	2,04	9,57	0,00	2,74	0,00	29,05	19,44	8,30	5,55
4	5,85	4,64	-0,58	-0,46	6,22	0,00	-0,62	0,00	18,86	12,62	-1,89	-1,26
5	5,85	4,64	-0,58	-0,46	6,22	0,00	-0,62	0,00	18,86	12,62	-1,89	-1,26
6	9,53	7,56	3,10	2,46	10,13	0,00	3,29	0,00	30,75	20,57	10,00	6,69
7	13,74	10,90	7,31	5,80	14,61	0,00	7,77	0,00	44,33	29,66	23,58	15,78
8	17,95	14,24	11,52	9,14	19,08	0,00	12,25	0,00	57,91	38,75	37,16	24,86
9	25,31	20,09	18,88	14,99	26,92	0,00	20,08	0,00	81,68	54,65	60,93	40,77

10	33,21	26,36	26,78	21,25	35,31	0,00	28,47	0,00	107,15	71,69	86,40	57,80
11	40,05	31,78	33,62	26,68	42,58	0,00	35,74	0,00	129,22	86,45	108,47	72,57
12	47,41	37,63	40,98	32,53	50,41	0,00	43,57	0,00	152,99	102,35	132,24	88,47
13	54,94	43,60	48,51	38,50	58,41	0,00	51,57	0,00	177,27	118,60	156,51	104,71
14	58,46	46,40	52,03	41,30	62,16	0,00	55,32	0,00	188,64	126,21	167,89	112,33
15	58,46	46,40	52,03	41,30	62,16	0,00	55,32	0,00	188,64	126,21	167,89	112,33
16	58,46	46,40	52,03	41,30	62,16	0,00	55,32	0,00	188,64	126,21	167,89	112,33
17	55,99	44,44	49,56	39,33	59,53	0,00	52,69	0,00	180,66	120,87	159,91	106,99
18	52,15	41,39	45,72	36,28	55,45	0,00	48,61	0,00	168,27	112,58	147,52	98,69
19	47,94	38,05	41,51	32,94	50,97	0,00	44,13	0,00	154,68	103,49	133,93	89,61
20	43,47	34,50	37,04	29,39	46,22	0,00	39,38	0,00	140,25	93,84	119,50	79,95
21	41,63	33,04	35,20	27,93	44,26	0,00	37,42	0,00	134,31	89,86	113,56	75,98
22	35,84	28,44	29,41	23,34	38,10	0,00	31,27	0,00	115,64	77,37	94,89	63,48
23	30,58	24,27	24,15	19,16	32,51	0,00	25,67	0,00	98,66	66,01	77,91	52,12

Tableau C.10 : Apports sensibles par introduction d'air (D).

Pièce	chambre 1				chambre 2				Open-space			
	Juillet /Août		Septembre		Juillet /Août		Septembre		Juillet /Août		Septembre	
Apports (W)	$\Phi_{ren,s}$ (W)	$\Phi_{inf,s}$ (W)	$\Phi_{ren,s}$ (W)	$\Phi_{inf,s}$ (W)	$\Phi_{ren,s}$ (W)	$\Phi_{inf,s}$ (W)	$\Phi_{ren,s}$ (W)	$\Phi_{inf,s}$ (W)	$\Phi_{ren,s}$ (W)	$\Phi_{inf,s}$ (W)	$\Phi_{ren,s}$ (W)	$\Phi_{inf,s}$ (W)
0	23,21	18,42	16,78	13,32	24,68	0,00	17,84	0,00	74,89	50,10	54,14	36,22
1	16,37	12,99	9,94	7,89	17,40	0,00	10,57	0,00	52,82	35,34	32,07	21,46
2	12,69	10,07	6,26	4,96	13,49	0,00	6,65	0,00	40,93	27,39	20,18	13,50
3	9,00	7,15	2,57	2,04	9,57	0,00	2,74	0,00	29,05	19,44	8,30	5,55
4	5,85	4,64	-0,58	-0,46	6,22	0,00	-0,62	0,00	18,86	12,62	-1,89	-1,26
5	5,85	4,64	-0,58	-0,46	6,22	0,00	-0,62	0,00	18,86	12,62	-1,89	-1,26
6	9,53	7,56	3,10	2,46	10,13	0,00	3,29	0,00	30,75	20,57	10,00	6,69
7	13,74	10,90	7,31	5,80	14,61	0,00	7,77	0,00	44,33	29,66	23,58	15,78
8	17,95	14,24	11,52	9,14	19,08	0,00	12,25	0,00	57,91	38,75	37,16	24,86
9	25,31	20,09	18,88	14,99	26,92	0,00	20,08	0,00	81,68	54,65	60,93	40,77
10	33,21	26,36	26,78	21,25	35,31	0,00	28,47	0,00	107,15	71,69	86,40	57,80
11	40,05	31,78	33,62	26,68	42,58	0,00	35,74	0,00	129,22	86,45	108,47	72,57
12	47,41	37,63	40,98	32,53	50,41	0,00	43,57	0,00	152,99	102,35	132,24	88,47
13	54,94	43,60	48,51	38,50	58,41	0,00	51,57	0,00	177,27	118,60	156,51	104,71
14	58,46	46,40	52,03	41,30	62,16	0,00	55,32	0,00	188,64	126,21	167,89	112,33
15	58,46	46,40	52,03	41,30	62,16	0,00	55,32	0,00	188,64	126,21	167,89	112,33
16	58,46	46,40	52,03	41,30	62,16	0,00	55,32	0,00	188,64	126,21	167,89	112,33
17	55,99	44,44	49,56	39,33	59,53	0,00	52,69	0,00	180,66	120,87	159,91	106,99
18	52,15	41,39	45,72	36,28	55,45	0,00	48,61	0,00	168,27	112,58	147,52	98,69
19	47,94	38,05	41,51	32,94	50,97	0,00	44,13	0,00	154,68	103,49	133,93	89,61
20	43,47	34,50	37,04	29,39	46,22	0,00	39,38	0,00	140,25	93,84	119,50	79,95
21	41,63	33,04	35,20	27,93	44,26	0,00	37,42	0,00	134,31	89,86	113,56	75,98
22	35,84	28,44	29,41	23,34	38,10	0,00	31,27	0,00	115,64	77,37	94,89	63,48
23	30,58	24,27	24,15	19,16	32,51	0,00	25,67	0,00	98,66	66,01	77,91	52,12

Tableau C.11 : Apports sensibles par introduction d'air (E).

Pièce	chambre 1				chambre 2				Open-space			
	Juillet /Août		Septembre		Juillet /Août		Septembre		Juillet /Août		Septembre	
Apports (W)	$\Phi_{ren,s}$ (W)	$\Phi_{inf,s}$ (W)	$\Phi_{ren,s}$ (W)	$\Phi_{inf,s}$ (W)	$\Phi_{ren,s}$ (W)	$\Phi_{inf,s}$ (W)	$\Phi_{ren,s}$ (W)	$\Phi_{inf,s}$ (W)	$\Phi_{ren,s}$ (W)	$\Phi_{inf,s}$ (W)	$\Phi_{ren,s}$ (W)	$\Phi_{inf,s}$ (W)
0	23,2	18,4	16,8	13,3	24,7	0,0	17,8	0,0	74,9	50,1	54,1	36,2
1	16,4	13,0	9,9	7,9	17,4	0,0	10,6	0,0	52,8	35,3	32,1	21,5
2	12,7	10,1	6,3	5,0	13,5	0,0	6,7	0,0	40,9	27,4	20,2	13,5
3	9,0	7,1	2,6	2,0	9,6	0,0	2,7	0,0	29,1	19,4	8,3	5,6
4	5,8	4,6	-0,6	-0,5	6,2	0,0	-0,6	0,0	18,9	12,6	-1,9	-1,3
5	5,8	4,6	-0,6	-0,5	6,2	0,0	-0,6	0,0	18,9	12,6	-1,9	-1,3
6	9,5	7,6	3,1	2,5	10,1	0,0	3,3	0,0	30,7	20,6	10,0	6,7
7	13,7	10,9	7,3	5,8	14,6	0,0	7,8	0,0	44,3	29,7	23,6	15,8
8	17,9	14,2	11,5	9,1	19,1	0,0	12,2	0,0	57,9	38,7	37,2	24,9
9	25,3	20,1	18,9	15,0	26,9	0,0	20,1	0,0	81,7	54,6	60,9	40,8
10	33,2	26,4	26,8	21,3	35,3	0,0	28,5	0,0	107,1	71,7	86,4	57,8
11	40,0	31,8	33,6	26,7	42,6	0,0	35,7	0,0	129,2	86,5	108,5	72,6
12	47,4	37,6	41,0	32,5	50,4	0,0	43,6	0,0	153,0	102,4	132,2	88,5
13	54,9	43,6	48,5	38,5	58,4	0,0	51,6	0,0	177,3	118,6	156,5	104,7
14	58,5	46,4	52,0	41,3	62,2	0,0	55,3	0,0	188,6	126,2	167,9	112,3
15	58,5	46,4	52,0	41,3	62,2	0,0	55,3	0,0	188,6	126,2	167,9	112,3
16	58,5	46,4	52,0	41,3	62,2	0,0	55,3	0,0	188,6	126,2	167,9	112,3
17	56,0	44,4	49,6	39,3	59,5	0,0	52,7	0,0	180,7	120,9	159,9	107,0
18	52,1	41,4	45,7	36,3	55,4	0,0	48,6	0,0	168,3	112,6	147,5	98,7
19	47,9	38,0	41,5	32,9	51,0	0,0	44,1	0,0	154,7	103,5	133,9	89,6
20	43,5	34,5	37,0	29,4	46,2	0,0	39,4	0,0	140,3	93,8	119,5	80,0
21	41,6	33,0	35,2	27,9	44,3	0,0	37,4	0,0	134,3	89,9	113,6	76,0
22	35,8	28,4	29,4	23,3	38,1	0,0	31,3	0,0	115,6	77,4	94,9	63,5
23	30,6	24,3	24,1	19,2	32,5	0,0	25,7	0,0	98,7	66,0	77,9	52,1

Tableau C.12 : Apports sensibles par introduction d'air (H).

▪ Apports latents par introduction d'air

Pièce étudiée		chambre 01		chambre 02		Open-space	
Heure	Coef	$\Phi_{ren,l}$ (W)	$\Phi_{inf,l}$ (W)	$\Phi_{ren,l}$ (W)	$\Phi_{inf,l}$ (W)	$\Phi_{ren,l}$ (W)	$\Phi_{inf,l}$ (W)
24/24h	0,799	96,76	0	80,42	0	333,19	211,19

Tableau C.13 : Apports latents par introduction d'air (D-E-H).

▪ Apports sensibles

Pièce étudiée	Chambre 1			Chambre 2			Open-space		
	Juillet	Août	Sept	Juillet	Août	Sept	Juillet	Août	Sept
0	130,13	130,13	117,04	204,99	204,99	175,04	1901,30	1901,15	1817,73
1	151,79	151,79	138,70	250,13	250,13	220,18	4883,30	4883,10	4799,66
2	143,53	143,53	130,44	240,62	240,62	210,67	5396,11	5395,80	5312,32
3	136,51	136,51	123,42	228,52	228,52	198,57	5660,23	5659,88	5576,38

4	123,87	123,87	110,78	211,05	211,05	181,11	5803,32	5802,87	5719,32
5	121,71	121,71	108,62	211,91	211,91	181,97	5991,52	5990,35	5906,50
6	543,75	463,95	141,28	433,34	393,42	208,41	6697,18	6593,18	6114,09
7	715,30	605,03	433,86	532,94	477,77	368,27	6958,83	6815,02	6527,69
8	697,70	591,81	427,40	292,28	282,67	248,59	7108,06	6969,08	6689,44
9	608,69	524,60	391,93	327,04	319,40	286,18	7063,16	6951,64	6711,87
10	456,20	403,94	187,86	364,27	359,53	327,55	6711,10	6695,02	6604,77
11	169,12	162,80	147,00	280,06	276,90	245,59	2210,60	2199,51	2111,40
12	189,31	184,30	169,06	312,42	309,92	278,90	1738,82	1731,12	1644,47
13	229,98	225,50	210,49	366,12	363,88	332,97	1535,04	1528,47	1442,31
14	262,76	258,88	234,92	403,59	401,69	361,47	1371,75	1370,48	1265,56
15	287,60	284,34	272,94	425,11	423,57	396,14	1200,55	1199,29	1116,96
16	310,39	307,46	297,25	445,75	444,41	418,14	1151,44	1149,98	1067,51
17	343,08	340,76	336,98	472,69	471,83	452,11	1022,06	1019,55	937,47
18	366,34	365,37	249,80	487,75	487,73	352,85	891,34	889,79	800,93
19	243,58	242,53	228,98	352,74	352,21	322,04	763,62	762,18	678,21
20	223,72	223,20	209,88	323,04	322,78	292,72	698,43	697,71	614,05
21	201,28	200,75	187,43	297,82	297,56	267,49	666,52	665,80	582,14
22	169,79	169,53	156,33	252,76	252,62	222,62	518,06	517,73	434,23
23	141,20	140,93	127,73	212,33	212,20	182,19	440,64	440,31	356,81

Tableau C.14 : Apports sensibles (D).

Pièce étudiée	Chambre 1			Chambre 2			Open-space		
	Juillet	Août	Sept	Juillet	Août	Sept	Juillet	Août	Sept
0	130,13	130,13	117,04	204,99	204,99	175,04	1901,30	1901,15	1817,73
1	151,79	151,79	138,70	250,13	250,13	220,18	4883,30	4883,10	4799,66
2	143,53	143,53	130,44	240,62	240,62	210,67	5396,11	5395,80	5312,32
3	136,51	136,51	123,42	228,52	228,52	198,57	5660,23	5659,88	5576,38
4	123,87	123,87	110,78	211,05	211,05	181,11	5803,32	5802,87	5719,32
5	121,71	121,71	108,62	211,91	211,91	181,97	5991,52	5990,35	5906,50
6	171,00	156,51	137,20	248,71	241,47	208,41	6227,21	6206,38	6114,09
7	198,56	178,53	156,85	277,81	267,80	233,55	6309,41	6280,53	6184,78
8	198,10	178,87	157,52	292,28	282,67	248,59	6484,28	6455,68	6360,07
9	207,67	192,38	172,73	327,04	319,40	286,18	6567,55	6543,74	6450,17
10	214,50	205,02	187,86	364,27	359,53	327,55	6711,10	6695,02	6604,77
11	169,12	162,80	147,00	280,06	276,90	245,59	2210,60	2199,51	2111,40
12	189,31	184,30	169,06	312,42	309,92	278,90	1738,82	1731,12	1644,47
13	337,56	361,26	367,13	366,12	363,88	332,97	1665,55	1694,67	1634,96
14	360,19	381,26	375,78	403,59	401,69	361,47	1453,01	1478,85	1416,43
15	377,94	396,48	401,20	464,31	473,50	454,01	1259,78	1282,33	1217,77
16	397,87	415,18	419,92	481,95	490,50	471,56	1198,17	1219,13	1153,42
17	343,08	340,76	336,98	505,87	514,08	501,09	1025,31	1020,64	936,53
18	265,53	263,68	249,80	487,75	487,73	352,85	887,99	885,49	801,06
19	243,58	242,53	228,98	352,74	352,21	322,04	762,01	760,57	676,60
20	223,72	223,20	209,88	323,04	322,78	292,72	696,96	696,24	612,58

21	201,28	200,75	187,43	297,82	297,56	267,49	663,45	662,73	579,06
22	169,79	169,53	156,33	252,76	252,62	222,62	515,12	514,79	431,29
23	141,20	140,93	127,73	212,33	212,20	182,19	437,70	437,37	353,87

Tableau C.15 : Apports sensibles (E).

Pièce étudiée	Chambre 1			Chambre 2			Open-space		
	Juillet	Août	Sept	Juillet	Août	Sept	Juillet	Août	Sept
0	130,1	130,1	117,0	205,0	205,0	175,0	1901,3	1901,1	1817,7
1	151,8	151,8	138,7	250,1	250,1	220,2	4883,3	4883,1	4799,7
2	143,5	143,5	130,4	240,6	240,6	210,7	5396,1	5395,8	5312,3
3	136,5	136,5	123,4	228,5	228,5	198,6	5660,2	5659,9	5576,4
4	123,9	123,9	110,8	211,1	211,1	181,1	5803,3	5802,9	5719,3
5	121,7	121,7	108,6	211,9	211,9	182,0	5991,5	5990,3	5906,5
6	260,5	248,7	231,1	340,8	336,3	304,9	6244,2	6223,9	6131,9
7	275,7	257,9	237,7	357,1	349,4	316,7	6427,6	6384,0	6265,7
8	291,3	274,8	255,2	388,1	381,3	349,0	6631,5	6585,1	6462,9
9	301,6	289,1	271,2	423,6	418,8	387,4	6727,0	6684,3	6563,2
10	311,7	305,1	289,8	464,2	462,4	432,3	6877,9	6844,7	6732,0
11	255,8	252,1	237,9	367,6	367,0	337,4	2340,9	2316,9	2212,0
12	382,6	411,3	420,8	449,4	464,9	447,0	1899,4	1932,0	1875,2
13	394,2	419,6	426,5	475,6	489,1	469,7	1665,6	1694,7	1635,0
14	351,1	372,1	375,8	439,5	449,9	428,2	1453,0	1478,9	1416,4
15	358,2	376,5	378,1	404,8	403,1	372,4	1256,0	1278,5	1213,4
16	371,4	388,5	389,0	418,5	416,9	386,3	1101,0	1096,7	1011,6
17	277,1	274,2	259,8	404,8	403,4	372,8	1004,9	1001,0	916,0
18	265,5	263,7	249,8	384,1	383,2	352,8	888,0	885,5	801,1
19	243,6	242,5	229,0	352,7	352,2	322,0	762,0	760,6	676,6
20	223,7	223,2	209,9	323,0	322,8	292,7	697,0	696,2	612,6
21	201,3	200,7	187,4	297,8	297,6	267,5	663,4	662,7	579,1
22	169,8	169,5	156,3	252,8	252,6	222,6	515,1	514,8	431,3
23	141,2	140,9	127,7	212,3	212,2	182,2	437,7	437,4	353,9

Tableau C.16 : Apports sensibles (H).

▪ **Apports latents**

Pièce étudiée	Chambre 1			Chambre 2			Open-space		
	Juillet	Août	Septembre	Juillet	Août	Septembre	Juillet	Août	Septembre
24/24h	137,9			67,5			2851,98		

Tableau C.17 : Apports latents (D-E-H).

▪ Débits de soufflage

Pièce étudiée	Chambre 1			Chambre 2			Open-space		
	Juillet	Août	Sept	Juillet	Août	Sept	Juillet	Août	Sept
0	0,018	0,018	0,017	0,029	0,029	0,025	0,270	0,270	0,258
1	0,022	0,022	0,020	0,036	0,036	0,031	0,693	0,693	0,682
2	0,020	0,020	0,019	0,034	0,034	0,030	0,766	0,766	0,754
3	0,019	0,019	0,018	0,032	0,032	0,028	0,804	0,804	0,792
4	0,018	0,018	0,016	0,030	0,030	0,026	0,824	0,824	0,812
5	0,017	0,017	0,015	0,030	0,030	0,026	0,851	0,851	0,839
6	0,077	0,066	0,020	0,062	0,056	0,030	0,951	0,936	0,868
7	0,102	0,086	0,062	0,076	0,068	0,052	0,988	0,968	0,927
8	0,099	0,084	0,061	0,042	0,040	0,035	1,009	0,990	0,950
9	0,086	0,074	0,056	0,046	0,045	0,041	1,003	0,987	0,953
10	0,065	0,057	0,027	0,052	0,051	0,047	0,953	0,951	0,938
11	0,024	0,023	0,021	0,040	0,039	0,035	0,314	0,312	0,300
12	0,027	0,026	0,024	0,044	0,044	0,040	0,247	0,246	0,234
13	0,033	0,032	0,030	0,052	0,052	0,047	0,218	0,217	0,205
14	0,037	0,037	0,033	0,057	0,057	0,051	0,195	0,195	0,180
15	0,041	0,040	0,039	0,060	0,060	0,056	0,170	0,170	0,159
16	0,044	0,044	0,042	0,063	0,063	0,059	0,164	0,163	0,152
17	0,049	0,048	0,048	0,067	0,067	0,064	0,145	0,145	0,133
18	0,052	0,052	0,035	0,069	0,069	0,050	0,127	0,126	0,114
19	0,035	0,034	0,033	0,050	0,050	0,046	0,108	0,108	0,096
20	0,032	0,032	0,030	0,046	0,046	0,042	0,099	0,099	0,087
21	0,029	0,029	0,027	0,042	0,042	0,038	0,095	0,095	0,083
22	0,024	0,024	0,022	0,036	0,036	0,032	0,074	0,074	0,062
23	0,020	0,020	0,018	0,030	0,030	0,026	0,063	0,063	0,051

Tableau C.18 : Débits de soufflage (D).

Pièce étudiée	Chambre 1			Chambre 2			Open-space		
	Juillet	Août	Sept	Juillet	Août	Sept	Juillet	Août	Sept
0	0,018	0,018	0,017	0,029	0,029	0,025	0,270	0,270	0,258
1	0,022	0,022	0,020	0,036	0,036	0,031	0,693	0,693	0,682
2	0,020	0,020	0,019	0,034	0,034	0,030	0,766	0,766	0,754
3	0,019	0,019	0,018	0,032	0,032	0,028	0,804	0,804	0,792
4	0,018	0,018	0,016	0,030	0,030	0,026	0,824	0,824	0,812
5	0,017	0,017	0,015	0,030	0,030	0,026	0,851	0,851	0,839
6	0,024	0,022	0,019	0,035	0,034	0,030	0,884	0,881	0,868
7	0,028	0,025	0,022	0,039	0,038	0,033	0,896	0,892	0,878
8	0,028	0,025	0,022	0,042	0,040	0,035	0,921	0,917	0,903
9	0,029	0,027	0,025	0,046	0,045	0,041	0,933	0,929	0,916
10	0,030	0,029	0,027	0,052	0,051	0,047	0,953	0,951	0,938
11	0,024	0,023	0,021	0,040	0,039	0,035	0,314	0,312	0,300

12	0,027	0,026	0,024	0,044	0,044	0,040	0,247	0,246	0,234
13	0,048	0,051	0,052	0,052	0,052	0,047	0,237	0,241	0,232
14	0,051	0,054	0,053	0,057	0,057	0,051	0,206	0,210	0,201
15	0,054	0,056	0,057	0,066	0,067	0,064	0,179	0,182	0,173
16	0,057	0,059	0,060	0,068	0,070	0,067	0,170	0,173	0,164
17	0,049	0,048	0,048	0,072	0,073	0,071	0,146	0,145	0,133
18	0,038	0,037	0,035	0,069	0,069	0,050	0,126	0,126	0,114
19	0,035	0,034	0,033	0,050	0,050	0,046	0,108	0,108	0,096
20	0,032	0,032	0,030	0,046	0,046	0,042	0,099	0,099	0,087
21	0,029	0,029	0,027	0,042	0,042	0,038	0,094	0,094	0,082
22	0,024	0,024	0,022	0,036	0,036	0,032	0,073	0,073	0,061
23	0,020	0,020	0,018	0,030	0,030	0,026	0,062	0,062	0,050

Tableau C.19 : Débits de soufflage (E).

Pièce étudiée	Chambre 1			Chambre 2			Open-space		
	Juillet	Août	Sept	Juillet	Août	Sept	Juillet	Août	Sept
0	0,018	0,018	0,017	0,029	0,029	0,025	0,270	0,270	0,258
1	0,022	0,022	0,020	0,036	0,036	0,031	0,693	0,693	0,682
2	0,020	0,020	0,019	0,034	0,034	0,030	0,766	0,766	0,754
3	0,019	0,019	0,018	0,032	0,032	0,028	0,804	0,804	0,792
4	0,018	0,018	0,016	0,030	0,030	0,026	0,824	0,824	0,812
5	0,017	0,017	0,015	0,030	0,030	0,026	0,851	0,851	0,839
6	0,037	0,035	0,033	0,048	0,048	0,043	0,887	0,884	0,871
7	0,039	0,037	0,034	0,051	0,050	0,045	0,913	0,907	0,890
8	0,041	0,039	0,036	0,055	0,054	0,050	0,942	0,935	0,918
9	0,043	0,041	0,039	0,060	0,059	0,055	0,955	0,949	0,932
10	0,044	0,043	0,041	0,066	0,066	0,061	0,977	0,972	0,956
11	0,036	0,036	0,034	0,052	0,052	0,048	0,332	0,329	0,314
12	0,054	0,058	0,060	0,064	0,066	0,063	0,270	0,274	0,266
13	0,056	0,060	0,061	0,068	0,069	0,067	0,237	0,241	0,232
14	0,050	0,053	0,053	0,062	0,064	0,061	0,206	0,210	0,201
15	0,051	0,053	0,054	0,057	0,057	0,053	0,178	0,182	0,172
16	0,053	0,055	0,055	0,059	0,059	0,055	0,156	0,156	0,144
17	0,039	0,039	0,037	0,057	0,057	0,053	0,143	0,142	0,130
18	0,038	0,037	0,035	0,055	0,054	0,050	0,126	0,126	0,114
19	0,035	0,034	0,033	0,050	0,050	0,046	0,108	0,108	0,096
20	0,032	0,032	0,030	0,046	0,046	0,042	0,099	0,099	0,087
21	0,029	0,029	0,027	0,042	0,042	0,038	0,094	0,094	0,082
22	0,024	0,024	0,022	0,036	0,036	0,032	0,073	0,073	0,061
23	0,020	0,020	0,018	0,030	0,030	0,026	0,062	0,062	0,050

Tableau C.20 : Débits de soufflage (H).

▪ **Puissance frigorifique**

Pièce	$q_{m\ an}$ (kg_{as}/s)	r_m^s (kg_e/kg_{as})	H_m^s (kJ/kg_{as})	θ ($^{\circ}C$)	H_i^s (kJ/kg_{as})	V_e^s (m^3/kg_{as})	N.b. souff	N.b. rep	P_{BF} / Pièce (KW)
Chambre 1	0,023	0,0098	51,52	26,32	45,5792	0,8906	1	1	1,4691
Chambre 2	0,023	0,0103	53,55	27,11			1	1	1,2126
Open-space	0,056	0,0088	47,01	24,56			5	5	11,552
P_{BF} (kW)	14,23360845								
P_{BF} (BTU)	48536,60481								

Tableau C.21 : Puissance frigorifique cas d'une partie D'air recyclée (D).

Pièce	$q_{m\ an}$ (kg_{as}/s)	r_m^s (kg_e/kg_{as})	H_m^s (kJ/kg_{as})	θ ($^{\circ}C$)	H_i^s (kJ/kg_{as})	V_e^s (m^3/kg_{as})	N.b. souff	N.b. rep	P_{BF} / Pièce (KW)
Chambre 1	0,023	0,0108	55,69	27,95	45,5792	0,8906	1	1	1,1691
Chambre 2	0,023	0,01037	53,84	27,23			1	1	1,1935
Open-space	0,056	0,0088	47,1	24,59			5	5	11,1489
P_{BF} (kW)	13,51153906								
P_{BF} (BTU)	46074,3482								

Tableau C.22 : Puissance frigorifique cas d'une partie D'air recyclée (E).

Pièce	$q_{m\ an}$ (kg_{as}/s)	r_m^s (kg_e/kg_{as})	H_m^s (kJ/kg_{as})	θ ($^{\circ}C$)	H_i^s (kJ/kg_{as})	V_e^s (m^3/kg_{as})	N.b. souff	N.b. rep	P_{BF} / Pièce (KW)
Chambre 1	0,023	0,01077	55,54	27,89	45,5792	0,8906	1	1	1,1759
Chambre 2	0,023	0,01047	54,26	27,39			1	1	1,1682
Open-space	0,056	0,0087	47,06	24,58			5	5	11,318
P_{BF} (kW)	13,66222259								
P_{BF} (BTU)	46588,17902								

Tableau C.23 : Puissance frigorifique cas d'une partie d'air recyclée (H).

Bilan frigorifique (restaurant)

▪ Apports sensibles

Pièce étudiée	Salle de restauration			Cuisine			Sanitaires		
	Heure	Juillet	Août	Sept	Juillet	Août	Sept	Juillet	Août
0	4931,8	4931,8	4573,3	4694,5	4694,5	4694,5	454,0	454,0	435,7
1	7229,5	7229,5	6871,0	13533,5	13533,5	13533,5	626,9	626,9	608,6
2	7379,4	7379,4	7020,9	15142,9	15142,9	15142,9	623,3	623,3	604,9
3	7443,3	7443,3	7084,7	16031,7	16031,7	16031,7	615,7	615,7	597,4
4	7159,7	7159,7	6801,1	16557,5	16557,5	16557,5	586,3	586,3	567,9
5	7150,4	7150,4	6791,8	17080,6	17080,6	17080,6	575,2	575,2	556,8
6	9154,3	9178,9	8856,6	17619,8	17622,4	17626,3	679,3	680,9	664,9
7	9161,5	9184,6	8860,3	17608,7	17611,2	17614,8	684,4	685,9	669,7
8	10048,7	10068,5	9739,3	17962,8	17964,9	17968,0	679,1	680,4	664,0
9	18502,6	18459,1	17404,7	17964,0	17966,1	17969,2	722,8	724,1	707,7
10	18356,9	18679,5	18100,7	18159,9	18162,1	18165,5	785,8	787,2	770,9
11	13776,1	14197,4	13805,7	4955,9	4958,2	4961,5	508,8	510,1	493,8
12	12309,8	12840,9	12769,2	3371,2	3373,8	3377,6	562,4	564,0	548,0
13	12742,3	13068,5	12848,6	2554,9	2558,1	2562,9	700,6	702,6	687,2
14	14730,5	15466,9	15551,1	1893,9	1897,4	1902,7	789,9	792,1	776,9
15	16037,4	16675,3	16547,8	1394,6	1398,2	1404,0	940,9	945,4	935,9
16	16806,5	17271,2	16930,8	1277,6	1281,5	1287,9	1050,1	1055,4	1048,1
17	16492,1	16699,0	16098,5	1134,0	1138,1	1144,3	1126,0	1132,2	1134,0
18	13623,1	13208,0	12145,6	984,9	989,3	995,7	1086,4	1090,3	1098,2
19	7980,1	7905,5	7306,7	466,5	466,5	466,5	694,4	694,4	676,0
20	6875,6	6825,5	6237,2	465,2	465,2	465,2	657,1	657,1	638,7
21	6474,3	6438,7	5856,7	446,2	446,2	446,2	590,4	590,4	572,1
22	4712,6	4712,6	4354,0	242,8	242,8	242,8	507,8	507,8	489,4
23	4045,1	4045,1	3686,5	204,3	204,3	204,3	421,4	421,4	403,0

Tableau D.1 : Apports sensibles.

▪ Apports latents

Pièce étudiée	Salle de restauration			Cuisine			Sanitaires		
	Mois	Juillet	Août	Septembre	Juillet	Août	Septembre	Juillet	Août
24/24h	3422,3			5934,31			512		

Tableau D.2 : Apports latents.

▪ Débits de soufflage

Pièce étudiée	Salle de restauration			Cuisine			Sanitaires		
	Heure	Juillet	Août	Sept	Juillet	Août	Sept	Juillet	Août
0	0,7003	0,7003	0,6494	0,6666	0,6666	0,6666	0,0645	0,0645	0,0619
1	1,0266	1,0266	0,9757	1,9218	1,9218	1,9218	0,0890	0,0890	0,0864
2	1,0479	1,0479	0,9970	2,1504	2,1504	2,1504	0,0885	0,0885	0,0859
3	1,0570	1,0570	1,0061	2,2766	2,2766	2,2766	0,0874	0,0874	0,0848
4	1,0167	1,0167	0,9658	2,3513	2,3513	2,3513	0,0833	0,0833	0,0806
5	1,0154	1,0154	0,9645	2,4255	2,4255	2,4255	0,0817	0,0817	0,0791
6	1,3000	1,3034	1,2577	2,5021	2,5025	2,5030	0,0965	0,0967	0,0944
7	1,3010	1,3043	1,2582	2,5005	2,5009	2,5014	0,0972	0,0974	0,0951
8	1,4270	1,4298	1,3830	2,5508	2,5511	2,5515	0,0964	0,0966	0,0943
9	2,6275	2,6213	2,4716	2,5510	2,5513	2,5517	0,1026	0,1028	0,1005
10	2,6068	2,6526	2,5704	2,5788	2,5791	2,5796	0,1116	0,1118	0,1095
11	1,9563	2,0161	1,9605	0,7038	0,7041	0,7046	0,0722	0,0724	0,0701
12	1,7480	1,8235	1,8133	0,4787	0,4791	0,4796	0,0799	0,0801	0,0778
13	1,8095	1,8558	1,8246	0,3628	0,3633	0,3639	0,0995	0,0998	0,0976
14	2,0918	2,1964	2,2083	0,2689	0,2694	0,2702	0,1122	0,1125	0,1103
15	2,2774	2,3680	2,3499	0,1980	0,1985	0,1994	0,1336	0,1342	0,1329
16	2,3866	2,4526	2,4043	0,1814	0,1820	0,1829	0,1491	0,1499	0,1488
17	2,3420	2,3713	2,2861	0,1610	0,1616	0,1625	0,1599	0,1608	0,1610
18	1,9346	1,8756	1,7247	0,1399	0,1405	0,1414	0,1543	0,1548	0,1560
19	1,1332	1,1226	1,0376	0,0662	0,0662	0,0662	0,0986	0,0986	0,0960
20	0,9764	0,9693	0,8857	0,0661	0,0661	0,0661	0,0933	0,0933	0,0907
21	0,9194	0,9143	0,8317	0,0634	0,0634	0,0634	0,0838	0,0838	0,0812
22	0,6692	0,6692	0,6183	0,0345	0,0345	0,0345	0,0721	0,0721	0,0695
23	0,5744	0,5744	0,5235	0,0290	0,0290	0,0290	0,0598	0,0598	0,0572

Tableau D.3 : Débits de soufflage.

▪ Puissance frigorifique

Pièce	$q_{m\text{ an}}$ (kg _{as} /s)	r_m^s (kg _e /kg _{as})	H_m^s (kJ/kg _{as})	θ (°C)	H_i^s (kJ/kg _{as})	V_e^s (m ³ /kg _{as})	N.b. souff	N.b. rep	P_{BF} / Pièce (KW)
Salle de restauration	0,6082	0,0098	51,4918	26,312	45,5792	0,8906	12	12	38,1137
Cuisine	0,0655	0,0086	46,2339	24,256			11	11	26,1403
Sanitaires	0,05614	0,0105	54,569	27,51			1	1	3,1175
P_{BF} (kW)	67,37147784								
P_{BF} (BTU)	229736,7394								

Tableau D.4 : Puissance frigorifique cas d'une partie D'air recyclée.

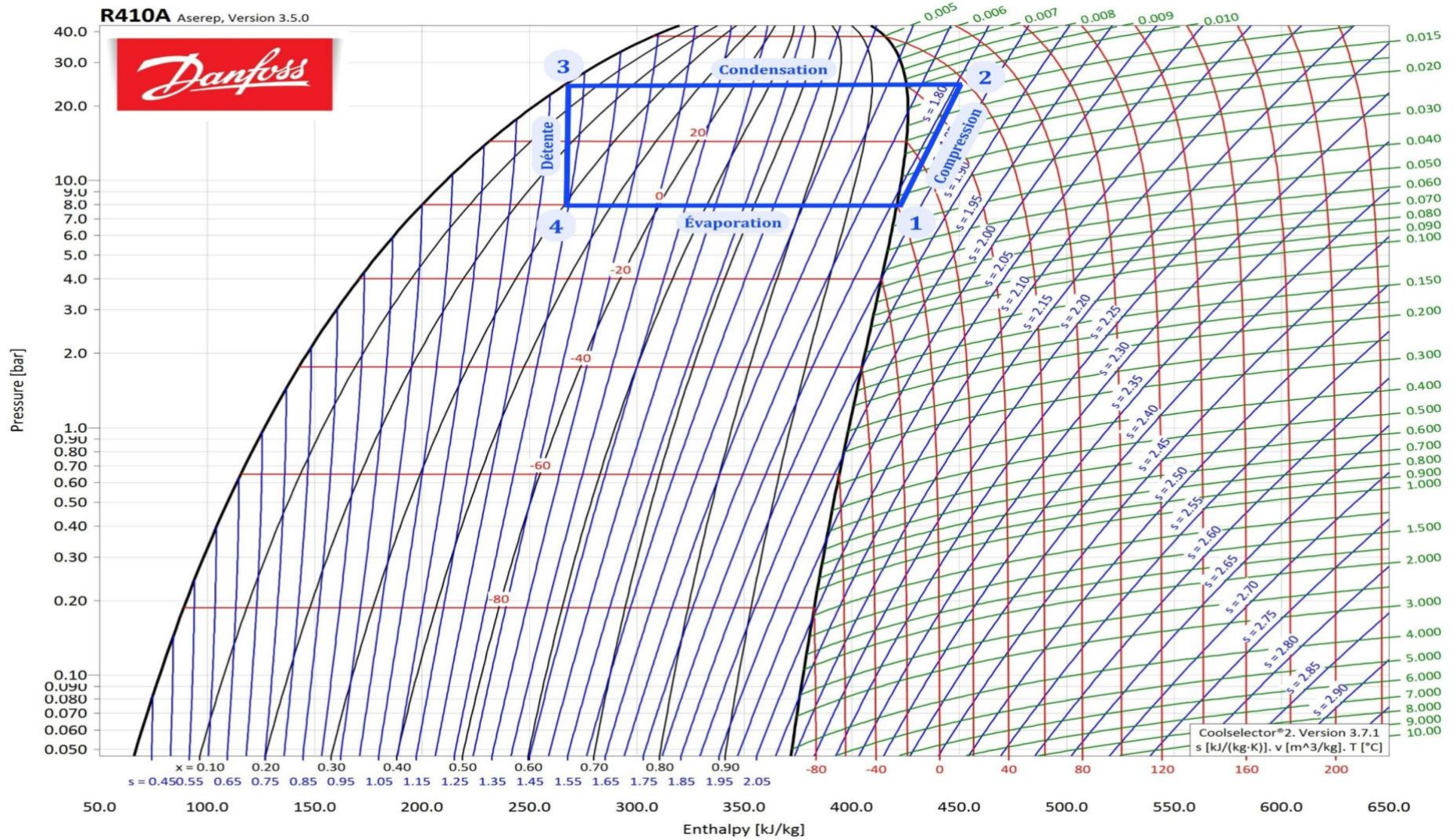


Figure E.1 : Cycle théorique de la machine frigorifique fonctionnant avec le R410A, dans le diagramme enthalpique.

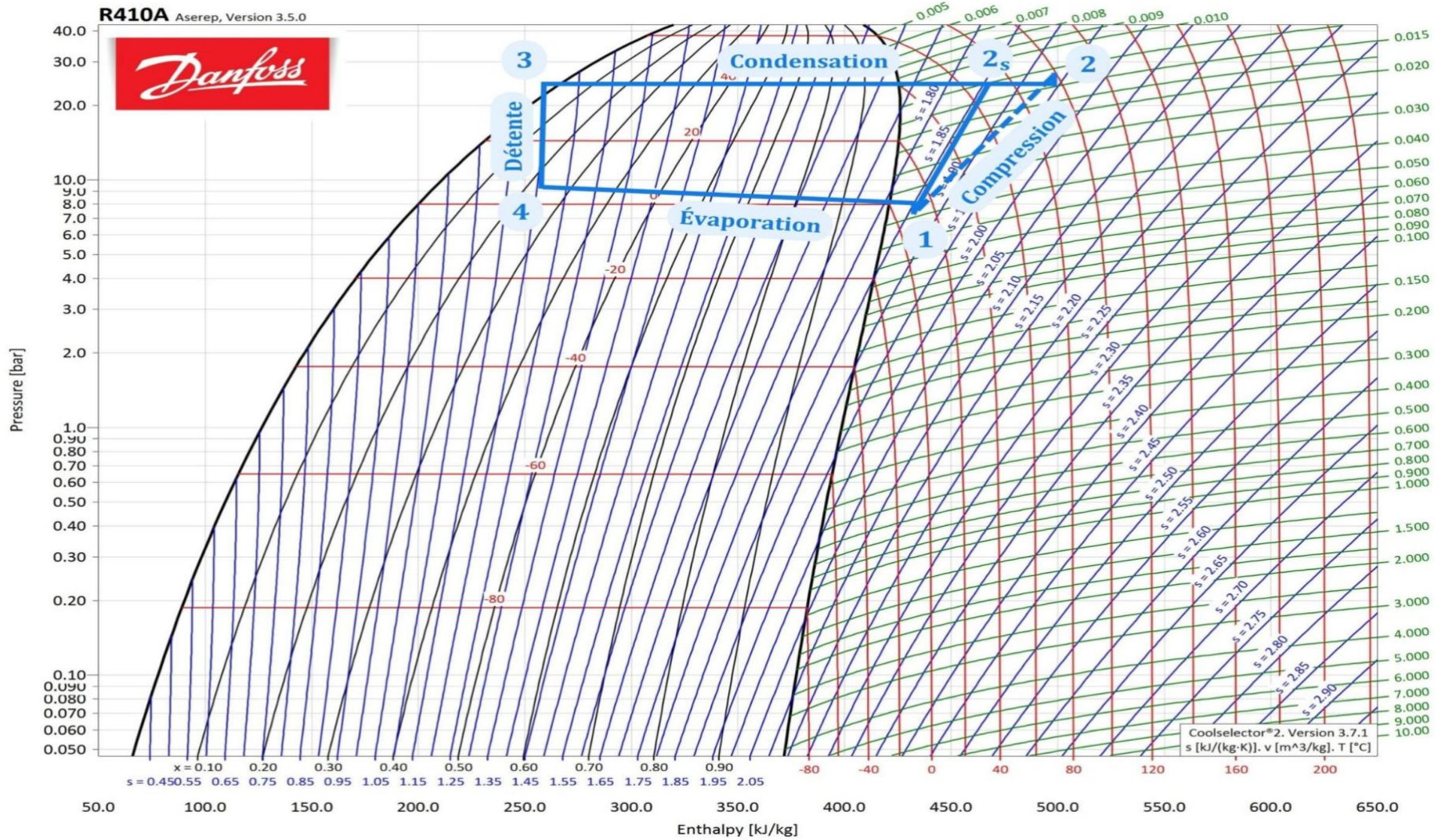


Figure E.2 : Cycle réel de la machine frigorifique fonctionnant avec le R410A, dans le diagramme enthalpique.

Plans d'architecture



**Documents privés de la société propriétaire
de l'immeuble étudié.**

Figure F.1 : Plan d'étage 2-20, illustrant ces différents appartements.



**Documents privés de la société propriétaire
de l'immeuble étudié.**

Figure F.2 : Plan d'étage 25 - (Restaurant panoramique).

Résumé

Dimensionnement d'une centrale de traitement d'air destinée au confort des occupants

Ce mémoire présente une étude des besoins en puissance frigorifique d'un immeuble pour son conditionnement durant la saison estivale. Le premier chapitre aborde les aspects généraux du confort hygrothermique et de la climatisation. Le deuxième chapitre détaille la méthodologie utilisée pour calculer les apports calorifiques, les caractéristiques de l'air humide, les débits de soufflage, les nombres de bouches de soufflage et de reprise, ainsi que les puissances frigorifiques. Le dernier chapitre présente les résultats obtenus, y compris les apports calorifiques, les caractéristiques de l'air humide dans différents points, les débits de soufflage, les nombres de bouches de soufflage et de reprise, les puissances frigorifiques, ainsi que le calcul de la puissance nécessaire du compresseur et la consommation énergétique.

Mots clés : Confort hygrothermique, Climatisation, Air humide, Conditionnement d'air, Apport calorifique.

Abstract

Designing a comfort-oriented air handling unit for occupants

This Master's thesis presents a study on the refrigeration power requirements of a building for conditioning during the summer season. The first chapter discusses the general aspects of hygrothermal comfort and air conditioning. The second chapter describes the methodology used for calculating heat gains, various characteristics of humid air, air supply rates, the number of supply and return vents, and refrigeration power. The final chapter presents the results obtained, including heat gains, characteristics of humid air at different points, air supply rates, the number of supply and return vents, refrigeration power, as well as the calculation of the required compressor power and electrical energy consumption.

Keywords: Hygrothermal comfort, Air conditioning, Humid air, Refrigeration power, Heat gains.

Résumé

Dimensionnement d'une centrale de traitement d'air destinée au confort des occupants

Ce mémoire présente une étude des besoins en puissance frigorifique d'un immeuble pour son conditionnement durant la saison estivale. Le premier chapitre aborde les aspects généraux du confort hygrothermique et de la climatisation. Le deuxième chapitre détaille la méthodologie utilisée pour calculer les apports calorifiques, les caractéristiques de l'air humide, les débits de soufflage, les nombres de bouches de soufflage et de reprise, ainsi que les puissances frigorifiques. Le dernier chapitre présente les résultats obtenus, y compris les apports calorifiques, les caractéristiques de l'air humide dans différents points, les débits de soufflage, les nombres de bouches de soufflage et de reprise, les puissances frigorifiques, ainsi que le calcul de la puissance nécessaire du compresseur et la consommation énergétique.

Mots clés : Confort hygrothermique, Climatisation, Air humide, Conditionnement d'air, Apport calorifique.

Abstract

Designing a comfort-oriented air handling unit for occupants

This Master's thesis presents a study on the refrigeration power requirements of a building for conditioning during the summer season. The first chapter discusses the general aspects of hygrothermal comfort and air conditioning. The second chapter describes the methodology used for calculating heat gains, various characteristics of humid air, air supply rates, the number of supply and return vents, and refrigeration power. The final chapter presents the results obtained, including heat gains, characteristics of humid air at different points, air supply rates, the number of supply and return vents, refrigeration power, as well as the calculation of the required compressor power and electrical energy consumption.

Keywords: Hygrothermal comfort, Air conditioning, Humid air, Refrigeration power, Heat gains.