

Sommaire

1. Introduction générale	1
1.1 Introduction générale	2
2. Chapitre I : L'énergie et les bâtiments	4
2.1 Introduction :	5
2.2 Efficacité énergétique :	5
2.2.1 L'efficacité énergétique passive:	5
2.2.2 L'efficacité énergétique active :	6
2.3 La transformation du consommateur en consomm-acteur :	6
2.4 Énergie :	7
2.4.1 Les énergies fossiles :	7
2.4.2 Les énergies renouvelables :	7
2.5 Les différents types d'ENR utilisée dans les bâtiments :	7
2.5.1 L'énergie éolienne :	7
2.5.2 Solaire thermique :	8
2.5.3 Le Solaire Photovoltaïque :	8
2.5.4 L'énergie hydraulique :	9
2.5.5 L'énergie géothermique :	9
2.6 La biomasse :	10
2.7 Consommation d'énergie :	11
2.7.1 La consommation finale mondiale	11
2.7.2 Consommation d'énergie en Algérie.....	11
2.7.3 Consommation par secteur d'activité.....	12
2.7.4 Consommation énergétique des logements anciens et récents.....	12
2.8 Transfert de chaleur	13
2.9 Les modes de transfert de chaleur	14
2.9.1 La conduction.....	14
2.9.2 La convection	14
2.9.3 Le rayonnement.....	14
2.9.4 Notions thermiques:	15
2.10 Le climat et confort thermique.....	17

2.10.1	Le climat	17
2.10.2	Le confort thermique	18
2.10.3	Confort thermique dans l'habitat	18
2.10.4	Facteurs influant sur le confort thermique.....	18
2.10.5	Facteurs liés aux conditions climatiques	18
2.10.6	Les stratégies du confort.....	19
2.10.7	Les différents types de confort	19
2.10.8	L'isolation thermique :.....	19
2.10.9	Les isolants thermiques	19
2.10.10	Matériau isolant	20
2.11	Système d'isolation thermique.....	20
2.12	Les Propriétés et performances d'un matériau isolant.....	20
2.12.1	Propriétés thermiques	20
2.12.2	Propriétés techniques.....	20
2.12.3	Propriétés environnementales.....	20
2.12.4	Propriétés économiques.....	21
2.13	Les avantages de l'isolation thermique	21
2.13.1	Avantage économique	21
2.13.2	Avantage environnemental.	21
2.13.3	Réduire le niveau de bruit.....	21
2.14	Intégrité structurale d'un bâtiment.....	21
2.14.1	Protection contre le feu.....	21
2.14.2	Les différentes méthodes d'isolation.....	21
2.15	Classification des matériaux isolants	22
2.15.1	Les matériaux biosourcés	22
2.15.2	Fibres de bois.....	22
2.15.3	La laine de mouton	22
2.15.4	Le chanvre	23
2.15.5	Les matériaux minéraux	23
2.15.6	La laine minérale	23
2.15.7	Les fibragglos	23
2.15.8	La terre cuite.....	24
2.16	Les matériaux synthétiques.....	24

2.16.1	Le polystyrène (expansé et extrudé)	24
2.16.2	Les polyuréthanes	24
2.17	Réglementation thermique dans le monde	25
2.17.1	Réglementation thermique Algérienne	25
2.17.2	Autres réglementations thermiques dans le monde	25
2.18	Conclusion	26
3.	Chapitre II : Calcule des pertes de chaleur du projet	28
3.1	Introduction	29
3.2	Déperditions calorifiques (Fascicule 1 DTR C3-2)	29
3.2.1	L'objectif du document	29
3.2.2	Les bases de calcul	29
3.3	Présentation du projet	29
3.3.1	Implantation	30
3.3.2	Les Caractéristiques géométriques	30
3.3.3	Les données techniques du bâtiment	32
3.3.4	Description de la structure.....	32
3.4	Déperdition surfaciques par transmission à travers les parois:.....	33
3.4.1	Le coefficient de transmission surfacique (U)	36
3.4.2	Le coefficient et la déperdition de transmission surfacique des parois.....	37
3.4.3	Le coefficient et la déperdition de transmission surfacique des ouvertures.....	40
3.4.4	Déperdition surfaciques par transmission à travers les parois	41
3.5	Déperdition à travers les ponts thermique	42
3.5.1	Les parois p1, p2, p3, p6	42
3.5.2	Les parois p4, p5	45
	Figure II.12 : Déperdition à travers les ponts thermique entre les murs.....	45
3.6	Déperdition à travers les parois en contact avec un local non chauffé :.....	47
3.6.1	Les parois p4, p5 :	48
3.6.2	Les parois PB	48
3.7	Déperdition à travers les parois en contact avec le sol	49
3.8	Les déperditions par transmission de volume.....	49
3.9	Déperditions de référence et vérification.....	49
3.9.1	Déperditions de référence.....	50
3.10	La vérification.....	51

3.10.1	Déperdition par renouvellement d'air	51
3.10.2	Le débit supplémentaire par infiltration dues au vent	52
3.11	Déperdition total du volume	53
3.12	Déperdition de base totale.....	53
3.13	La puissance de chauffage installé.....	53
3.14	Calcule le Bilan par la méthode Ubat	54
3.15	Conclusion	55
4.	Chapitre III: Calcul des apports calorifiques de bâtiment.....	56
4.1	Introduction	57
4.2	Apports calorifiques (Fascicule 1 DTR C3-4).....	57
4.2.1	Objet du document	57
4.2.2	Les bases de calcul des apports thermiques	57
4.2.3	Les apports calorifiques de bâtiment.....	57
4.2.4	Vérification réglementaire.....	86
5.	Chapitre IV La présentation des résultats obtenus par le logiciel pour l'étude	102
5.1	Introduction	103
5.2	Présentation du projet	103
5.2.1	Les données techniques de l'enveloppe	103
5.2.2	Les données techniques du bâtiment 1 ^{er} étage	103
5.2.3	Les données des températures de l'enveloppe	103
5.2.4	L'orientation.....	104
5.3	Présentation des différents éléments constructifs du logement :.....	104
5.3.1	Les murs	104
5.3.2	Les données thermiques de composition de mur.....	105
5.3.3	Plancher bas.....	105
5.3.4	Plancher haut	106
5.4	Réglementation et outil de calcul utilisé :.....	106
5.5	Les étapes de calcul d'un bilan thermique des bâtiments.....	106
5.6	Résultat de calcul d'un bilan thermique des bâtiments par Réta	107
	projet pfe.....	107
	Toitures	107
	Murs	107
	Fenêtres	108

Portes.....	108
Planchers	108
Mur : façade Est.....	108
Mur : façade Ouest	111
Mur : façade Sud In	112
Mur : façade Ouest In.....	113
Plancher : plancher bas	114
Mur : façade Sud.....	115
Toiture : plancher haut.....	115
Fenêtre : fen Est.....	116
Fenêtre : fen Ouest.....	117
Porte : port Sud In.....	118
Porte : port Ouest In.....	119
Fenêtre : fen Ouest In	119
5.7 Comparaison des résultats entre le DTR et RETA	121
Remarque.....	122
5.8 Conclusion	123
6. Chapitre V Bilan thermique de chambre froide.....	124
6.1 Introduction [31].....	125
6.2 Bilan thermique de la chambre froide	125
6.2.1 Les charges thermiques externes.....	125
6.2.2 Les charges thermiques internes.....	125
6.3 Les chambres froides positives ou chambre de réfrigération	126
6.4 Les chambres froides négatives	126
6.4.1 La congélation	126
6.4.2 La surgélation.....	126
6.5 Bilan frigorifique de chaque chambre froide.....	127
6.6 Conclusion	146
7. Conclusion Général.....	147
7.1 Conclusion Général	148

Dédicace

Nous dédions ce travail ...

À NOS CHÈRES PARENTS

Aucune dédicace ne saurait exprimer nos respects, notre amour éternel et nos considérations pour les sacrifices que vous avez consenti pour nous, nous vous remercions pour tout le soutien et l'amour que vous nous portez depuis notre enfance et nous espérons que votre bénédiction nous accompagne toujours dans votre instruction et notre bien-être.

Que ce modeste travail soit l'exaucement de vos vœux tant formulés, le fruit de vos innombrables sacrifices, bien que nous ne vous en acquitterai jamais assez. Puisse Dieu, le Très Haut, vous accorder santé, bonheur et longue vie et faire en sorte que jamais nous ne vous décevrons.

A MES CHÈRES ET ADORABLES FRÈRES ET SŒURS

ILYES, KHALIL EDDINE, RABIA, OMAR, RAGHDA, NOURHANE, ISRAA, ZAKIA, ABDENNOUR.

En témoignage de notre affection fraternelle, de notre profonde tendresse et reconnaissance, je vous souhaite une vie pleine de bonheur et de succès et que Dieu, le tout puissant, vous protège et vous garde.

À NOS AMIS DE TOUJOURS

ABDESSAMED, CHAKIB, FETHI, KARIM, OUSSAMA, AMINE, IBRAHIM, MOUHAMED...ET TOUTS NOTRE COLLEGUES DE LA CLASSE PROMO EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE.

En souvenir de notre sincère et profonde amitié et des moments agréables que nous avons passés ensemble. Veuillez trouver dans ce travail l'expression de nos respects le plus profond et nos affections la plus sincère.

*À TOUTES LES PERSONNES QUI ONT PARTICIPÉ À
L'ÉLABORATION DE CE TRAVAIL À TOUS CEUX QUE J'AI
OMIS DE CITER*

Profond et notre affection la plus sincère.

Tarík

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail

A mes très chers parents, qui m'ont guidé durant les moments les plus pénibles de ce long chemin, ma mère qui a été à mes côtés et ma soutenu durant toute ma vie, et mon père qui a sacrifié toute sa vie afin de me voir devenir ce que je suis, merci mes parents.

A ma chère grande mère,

A ma chère ma femme et ma petite Imane,

A mes chers frères et sœurs Oussama et Asma

A toute ma famille Hachemi et Ahmed Ammar sans exception.

A tous mes amis.

En fin, je remercie mon ami mon binôme Moufuk Tarik qui a contribué à la réalisation de ce

modeste travail.

A vous .

Abdenmour

Remerciement

Nous tenons compte à remercie avant et après tous Allah le tout puissant qui nous a donné la foi et la force pour réaliser ce travaille.

Nous adressons nos plus vifs remerciements à notre encadreur «Mr. BABA Ahmed .N» pour ces conseilles et le soutien qu'on a reçue ;

Nous remercions également les enseignants de notre Département.

Nous remercions ainsi le groupe SONALGAZ pour son compréhension et sa mise en notre disposition des informations qu'on a besoin.

Nous adressons notre plus sincère remerciement à nos familles particulièrement à nos parents pour leur patience à l'égard sans jamais douter de nos capacités.

J'aimerais exprimer toute ma reconnaissance aux personnes qui ont contribué à la réussite de ce travail.

A tous ce qui nous ont aidés à accomplir ce travail

ملخص

في الجزائر ، يعتبر قطاع البناء من بين القطاعات الأولى في اقتصاد الطاقة للبلدان لذلك ، أصبح من المهم التفكير في تطوير أساليب البناء ومواد العزل بطريقة توفر راحة معتبرة في كل من فصلي الصيف والشتاء. و من أجل تحديد الخسائر والمتدخلات ومتطلبات التدفئة السنوية للمنزل ، قمنا بحساب هذين الأخيرين باستخدام DTR C3.2 و DTR C3.4 وتم مقارنته ببرنامج حساب "RETA" ، مع تقدير الخسائر والمساهمات لتقدير الهدف المرجو – الراحة المعتبرة- بالإضافة إلى استنباط طريقة Ubat لحساب الخسائر التي حدثت بأخذ في عين الاعتبار: التدفئة ، وتكوين الجدران واتجاهها ، والنوافذ ، وعدد الركاب ، والمناخ المحلي والعزل. وفي الأخير قمنا بدراسة غرف التبريد الموجودة في الطابق الأرضي.

كلمات البحث:

DTR.3-4-DTR.3-2-CT.BAT-الاقتصاد-الإستهلاك-التدفئة-تكييف الهواء-العزل-التوزيع

Résumé

En Algérie, le secteur de bâtiment est parmi les premiers secteurs dans l'économie du pays en matière de l'énergie. Donc, il est devenu important d'y penser de développer les méthodes de construction et les matériaux d'isolation d'une façon d'offrir un confort agréable dans les deux saisons été et hiver.

Nous avons calculé les déperditions ainsi que les apports calorifiques de notre structure avec le DTR C3-2, méthode de calcul de coefficient U_{bat} et DTR C3-4 pour vérifier la conformité suivant la vérification réglementaire. Après afin de quantifier les déperditions, les apports et le besoin annuel de chauffage d'une habitation nous avons utilisé un logiciel de calcul « RETA » qui est un Descriptif du logement et de ses équipements, avec une estimation des déperditions et les apports.

On a pris comme exemple une chambre froide où on a fait un bilan thermique.

Mots clés : Economie — Chauffage – Climatisation – RETA – U_{bat} - Isolation –Déperditions – Apport - DTR C3.2 – DTR C3.4.

NOTATIONS

- A : Apports calorifiques (W)
- AI : Apports calorifiques internes (W)
- APO : Apports calorifiques par une paroi opaque (W)
- AREN : Apports calorifiques dus au renouvellement d'air (W)
- AINF : Apports calorifiques dus aux infiltrations d'air extérieur (W)
- AT : Apports calorifiques totaux (W)
- AV : Apports calorifiques à travers les parois vitrées (W)
- AVE : Apports par rayonnement solaire à travers les parois vitrées (W)
- AVT : Apports par transmission à travers les parois vitrées (W)
- Alt : Altitude (m)
- A : La surface intérieure de la paroi (m^2)
- C : Capacité thermique massique
- Cr: est un ratio estimé des pertes calorifiques dues au réseau de tuyauteries éventuel.
- Cin: représente un coefficient de surpuissance.
- Di : représente les déperditions totales du volume « i » (W/°C)
- DS : Déperditions surfaciques (w / °C)
- DT : Déperditions totale (w)
- DR : Déperditions thermiques par renouvellement d'air (w / °C)
- (DT)i: Les déperditions par transmission du volume i (W/°C)
- (DR)i: Les déperditions par renouvellement d'air du volume i (W/°C)
- (Ds)i: Les déperditions surfaciques à travers les parties courantes des parois en contact avec l'extérieur (W/°C)
- (Dli)i : Les déperditions à travers les liaisons (W/°C)
- (Dsoli)i: Les déperditions à travers les parois en contact avec le sol (W/°C)
- (Dlni)i: Les déperditions à travers les parois en contact avec les locaux non chauffés (W/°C)

NOTATIONS

- (DRV)_i : Les déperditions dues au fonctionnement normal des dispositifs de ventilation (W/°C)
- (DRS)_i : Les déperditions supplémentaires dues au vent (W/°C)
- D_{ref} : Les déperditions de référence(W/°C)
- (DB)_i : Les déperditions de base de chaque volume thermique i(W)
- D_i: Les déperditions totales du volume thermique i (W/°C)
- D_{li}: Les déperditions à travers une liaison (W/°C)
- DJ hiver : est le degré jour Hiver (°C/Jour)
- e : l'épaisseur (m)
- e_{vi} : est le coefficient d'exposition au vent affecté à la paroi i(sans dimension)
- E : Ensoleillement reçu KWh. m⁻²
- E_{Ch} : Les besoins en énergie de chauffage (kWh)
- FS : Facteur solaire
- HR : Humidité relative %
- I_t : est le rayonnement total maximal réel (W/m²)
- I_d : est le rayonnement diffus maximal réel (W/m²)
- K_{été} : est le coefficient de transmission en partie courante de la paroi considérée pour l'été (W/m². °C)
- K:Le coefficient de transmission surfacique (W/m². °C)
- K_i : représente le coefficient de transmission linéique de la liaison(W/m². °C)
- k_l : le coefficient de transmission linéique (W/m. °C)
- K_g : le coefficient de transmission surfacique global (W/m². °C)
- L : représente la longueur intérieure de la liaison(m)
- NPVI : représente le coefficient d'amortissement relatif aux gains par ensoleillement à travers les parois vitrées à l'heure considérée(t)
- Q : La puissance de chauffage pour un logement (W)
- Q_{Vinf} : Débit d'air dû aux infiltrations (m³/h)
- Q_v : Débit volumique (m³/s)

NOTATIONS

- Q_s : est le débit supplémentaire par infiltrations dues au vent (m^3/h)
- $Q_{vréf}$: désigne le débit extrait de référence (m^3/h)
- Q_{vmax} : est le débit extrait maximal de référence (m^3/h)
- Q_{vmin} : est le débit extrait minimal de référence (m^3/h)
- R : Résistance thermique ($m^2 \text{ } ^\circ C/W$)
- S_i : les surfaces des parois en contact avec l'extérieur (m^2)
- S_V : est la surface totale vitrée (m^2)
- S_{Vens} : est la surface vitrée ensoleillée (m^2)
- T : Température ($^\circ C$)
- T_{Sa} : La température sèche de l'air intérieur du local adjacent ($^\circ C$)
- $T_{Sbb, i}$: La température sèche de l'air intérieur du local considéré ($^\circ C$)
- T_{bi} : La température intérieure de base du volume considéré ($^\circ C$)
- T_{be} : La température extérieure de base du lieu d'implantation de la construction ($^\circ C$)
- T_i : Température intérieure ($^\circ C$)
- T_e : Température extérieure ($^\circ C$)
- T_n : température maximale du jour J relevée entre J-1 (la veille) à 18h et J à 18h ($^\circ C$)
- T_x : température maximale du jour J mesurée entre J à 06h et J+1 (le lendemain) à 06h ($^\circ C$)
- T_{seuil} : seuil de température de référence choisi ($^\circ C$)
- $T_{Moy} = (T_n + T_x) / 2$ Température moyenne de la journée ($^\circ C$)
- τ : est le coefficient de réduction de température, il est soit calculé ou déterminé forfaitairement.
- U : Coefficient de Transmission ($m^2 \text{ } ^\circ C/w$)
- U_g : Coefficient de transmission thermique du vitrage ($W.m^{-2}.K^{-1}$)
- V_h : Volume habitable du local (m^3)
- λ : conductivité thermique ($W/m.^\circ C$)
- Φ : Transfert de chaleur par Convection

Liste des Tableaux

Liste des Tableaux

Tableau 1.1: Consommation énergétique finale national	11
Tableau II .1: Les données techniques de l'enveloppe de 1 ^{er} étage.....	32
Tableau II .2: Les données techniques de l'enveloppe de la maison.....	32
Tableau II .3: Les données des températures du l'enveloppe.....	32
Tableau II .4: Les caractéristiques du mur en maçonnerie 40 cm.....	33
Tableau II .5: Les caractéristiques du mur en maçonnerie 35 cm.....	33
Tableau II .6: Les caractéristiques du mur en maçonnerie 30 cm.....	34
Tableau II .7: Les caractéristiques du mur en maçonnerie 25 cm.....	34
Tableau II .8: Les caractéristiques du mur en maçonnerie 20 cm.....	34
Tableau II .9: Les caractéristiques du mur en maçonnerie 15 cm.....	35
Tableau II .10: Les caractéristiques du mur en maçonnerie 10 cm.....	35
Tableau II .11: Les caractéristiques du Plancher 1 ^{er} étage en corp creux.....	35
Tableau II .12: Les caractéristiques du Plancher RDC en corp creux.....	35
Tableau II .13: Le coefficient de transmission pour un mur 40 cm.....	36
Tableau II .14: Le coefficient de transmission pour un mur 30 cm.....	36
Tableau II .15: Le coefficient de transmission pour un mur 20 cm.....	37
Tableau II .16: Le coefficient de transmission pour un mur 15 cm.	37
Tableau II .17: Le coefficient de transmission pour le plancher haut.....	37
Tableau II .18: Le coefficient de transmission pour le plancher bas.....	37
Tableau II .19: Les surfaces des ouvertures des parois.....	38
Tableau II .20: Le coefficient de transmission surfacique pour Parois	38
Tableau II .21: Le coefficient de transmission surfacique pour Parois	39
Tableau II .22: Le coefficient de transmission surfacique pour Parois	39
Tableau II .23: Le coefficient de transmission surfacique pour Parois	39
Tableau II .24: Le coefficient de transmission surfacique pour Parois	39
Tableau II .25: Le coefficient de transmission surfacique pour Parois.....	39
Tableau II .28: Le coefficient de transmission surfacique pour Plancher haut.....	40

Tableau II .29: Le coefficient de transmission surfacique pour Plancher bas.....	40
Tableau II .30: Le coefficient de transmission surfacique des ouvertures pour parois	40
Tableau II.31: Le coefficient de transmission surfacique des ouvertures pour parois	41
Tableau II .32: Le coefficient de transmission surfacique des ouvertures pour parois	41
Tableau II .33: Le coefficient de transmission surfacique des ouvertures pour parois	41
Tableau II .34: Déperdition à travers les ponts thermique entre deux murs extérieurs (pot).....	43
Tableau II .35: Déperdition à travers les ponts thermique entre deux murs extérieurs (cloi).....	43
Tableau II .36: Déperdition à travers les ponts thermique entre murs et plancher Haut.....	44
Tableau II .37: Déperdition à travers les ponts thermique entre murs et plancher bas.....	44
Tableau II .38: Déperdition à travers les ponts thermique des ouvertures.....	44
Tableau II .43: Déperdition à travers les ponts thermique entre deux murs extérieurs (pot).....	45
Tableau II .44: Déperdition à travers les ponts thermique entre deux murs extérieurs (cloi).....	46
Tableau II.45: Déperdition à travers les ponts thermique entre murs et plancher Haut.....	46
Tableau II .46: Déperdition à travers les ponts thermique entre murs et plancher Bas.....	47
Tableau II .48: Déperdition à travers les ponts thermique des ouvertures.....	47
Tableau III. 1: la masse surfacique msurf du mur.....	59
Tableau III.2: la masse surfacique msurf du plancher Haut.....	59
Tableau III.3: rayonnement total de base $I_{t,b}$ de latitude (35.05°)	60
Tableau III. 4: Valeurs de $\Delta T_{Sréf}$ pour les parois verticales de latitude (35.05°)	95
Tableau VI .1: Les données techniques de l'enveloppe	104
Tableau VI .2: Les données techniques de l'enveloppe de 1 ^{er} étage.....	104
Tableau VI .3: Les données des températures de l'enveloppe	104
Tableau VI .4: la composition des murs de l'enveloppe.....	105
Tableau VI .5: les matériaux et son conductivité.....	106
Tableau VI .6: la composition de plancher bas	106
Tableau VI .7: les matériaux et son conductivité (plancher bas)	106
Tableau VI .8: la composition de plancher haut.....	107
Tableau VI .9: les matériaux et son conductivité (plancher haut)	107

Liste des Figures

Liste des Figures

Figure1.1 : Les trois approches l'efficacité énergétique	6
Figure1.2 : L'énergie éolienne	7
Figure1.3 : Solaire thermique	8
Figure1.3 : Solaire Photovoltaïque	8
Figure1.4 : L'énergie hydraulique	9
Figure1.5 : L'énergie de la terre (la géothermie)	10
Figure1.6 : les sources de la biomasse	10
Figure1.7 : Consommation finale d'énergie mondiale	11
Figure1.8 : Graphe de la structure de consommation énergétique finale national	12
Figure1.9 : Graphe de la structure de consommation énergétique par secteur d'activité	12
Figure1.10 : consommation énergétique selon la date de construction et les choix écologiques	13
Figure1.11 : Transfert de chaleur par Conduction	14
Figure1.12 : Transfert de chaleur par Convection	14
Figure1.13 : Transfert de chaleur par rayonnement	15
Figure1.14 : Le flux thermique	15
Figure1.15 : Conductivité thermique	16
Figure1.15 : Résistance thermique	16
Figure1.16 : Le coefficient de transfert thermique	16
Figure1.17 : La stratégie du confort.....	19
Figure1.18 : Les fibres de bois	22
Figure1.19 : La laine de mouton.....	22
Figure1.20 : Le chanvre	23
Figure1.21 : La laine minérale	23
Figure1.22 : Les fibragglos	23
Figure1.23 : Brique mono-mûr en terre cuite	24
Figure1.23 : Le polystyrène	24
Figure1.23 : Les polyuréthanes.....	24

Figure II.1 : Plan de situation et plan de masse.....	30
Figure II.2 : Plan de RDC de bâtiment.....	31
Figure II.3 : Plan de 1 ^{er} étage de bâtiment.....	31
Figure II.4 : Vue de façade de la Maison.....	31
Figure II.5 : Mur double parois en brique avec une lame d'air.....	32
Figure II.6 : Numérotation des parois de l'enveloppe.....	36
Figure II.7 : Les dimensions des ouvertures	38
Figure II.8 : Liaison entre deux parois sont à isolation répartie.....	42
Figure II.9 : Liaison entre une paroi intérieure et une paroi extérieure à isolation répartie.....	43
Figure II.10 : Liaison entre mur et plancher à isolation répartie.....	43
Figure II.11 : Liaison entre mur et plancher à isolation répartie.....	44
Figure II.12 : Déperdition à travers les ponts thermique entre les murs.....	45
Figure III. 1 : l'orientation des parois.....	57
Figure III.2 : rayonnement total de base $I_{t,b}$ de latitude (35.05°) moi de juillet Nord (exemple).....	60
III.3 : la différence de température équivalente à 6h pour l'orientation Est.....	65
Figure III. 4 : le coefficient d'amortissement relatif aux gains par ensoleillement à travers les parois vitrées à l'heure 6h.....	75
Figure III.5 : les lampes à incandescence.....	81
Figure III. 6 : la consommation et valeurs de puissance pour la cuisinière.....	82
Figure III. 7 : Apports calorifique pour les trois mois.....	86
Figure III.8 : la différence de température équivalente à 6h pour l'orientation Est.....	88
Figure III.9 : Schéma représente les valeurs des déperditions et les apports dans une coupe transversale	102
Figure VI .1: L'orientation de bâtiment.....	106
Figure VI .2: la zone climatique de projet.....	125
Figure V.3 : diagramme psychrométrique.....	137
Figure V.4 : la température extérieure et son humidité.....	137
Figure V.5: les données techniques des ventilateurs.....	138

Introduction générale

1.1 Introduction générale

La pollution atmosphérique résulte des changements dans la composition chimique de l'air, causés par l'activité humaine. Elle peut survenir de l'échelle urbaine, souvent les risques liés à ces changements ne sont pas de même nature. Les changements dans la composition chimique de l'air à l'échelle planétaire se manifestent notamment par une augmentation des teneurs en gaz à effet de serre tels que le dioxyde de carbone, et génère principalement un risque de modification majeure du climat de la planète.

L'histoire de l'homme a été sensiblement marquée par l'évolution des sources d'énergie qu'il connaissait ou pouvait utiliser. Il y a environ 500 000 ans, la seule énergie disponible pour l'homme était sa propre énergie. En contrôlant le feu pour chauffer, cuire, allumer ou travailler sur les métaux, il a fait le premier pas dans son apprentissage énergétique. Après, l'utilisation de l'énergie animale domestique, éolienne, hydraulique, cyclique thermique, chimique, électrique, nucléaire, solaire, etc. Chacune de ces étapes a été l'occasion d'un changement souvent majeur des structures des sociétés humaines.

Ainsi, Le secteur du bâtiment et de la construction est l'un des secteurs les plus concernés par les enjeux du développement durable, et c'est le plus gros consommateur en énergie au niveau mondial. Les données françaises sur lesquels les entreprises, les institutions et les experts s'accordent sont en effet impressionnantes: le bâtiment (construction) représente environ 40% des émissions de CO₂ des pays développés, 37% de la consommation d'énergie et 40% des déchets produits.

L'enjeu aujourd'hui est à la fois de préserver et d'améliorer le confort des citoyens et de réduire les déperditions calorifiques et la consommation d'énergie notamment en matière de chauffage et de climatisation en respectant la réglementation en vigueur.

En **Algérie**, la réglementation thermique de **1997** pour les bâtiments à usage résidentiel (**DTR**) a été conçue pour réduire la consommation de chauffage d'environ 25%. Pour ce faire, des simulations numériques ont été réalisées sur des logements standards. Il ressort de l'étude qu'en agissant uniquement sur la limitation des pertes de chaleur par transmission, il est possible d'atteindre ce nouveau objectif tout en réduisant sensiblement la charge de climatisation estivale. Une nouvelle régulation thermique pourrait s'articuler autour des deux principes suivants: réserver la régulation de 1997 à l'habitat individuel, définir de nouveaux coefficients régulateurs plus contraignants pour l'habitat en bâtiment collectif.

Ensuite, en Algérie la plupart des logements construits sont relativement non isolés, ce qui signifie que ces bâtiments ont des pertes de chaleur élevées et consomment en fait beaucoup plus d'énergie, et l'efficacité énergétique n'est toujours pas appliquée dans la production de bâtiments. De plus, ceux-ci sont chauffés à l'aide de combustibles fossiles, qui fournissent donc des quantités importantes de gaz à effet de serre qui sont en partie responsables du changement climatique. L'augmentation globale des températures et la forte consommation d'énergie nécessitent le développement de concepts éco-énergétiques qui sera appliqué aux bâtiments. L'isolation thermique est complexe et très diversifiée. Selon les

matériaux utilisés et les pièces à isoler, les économies résultant de l'isolation thermique varient considérablement.

L'isolation dans le bâtiment est un point important dans la thermique de ce dernier, avec un objectif de réduire les déperditions calorifiques et la consommation d'énergie, les échanges thermiques entre l'intérieur du bâtiment et l'environnement extérieur, et ainsi réduire les besoins en chauffage et si nécessaire en climatisation. Cette isolation doit être conçue en fonction des contraintes climatiques du lieu où se situe le bâtiment. L'isolation thermique est le principe de base de la maison passive. Il emprisonne la chaleur à l'intérieur en hiver et maintient la maison au frais en été.

Dans ce travail présenté, nous calculons le bilan thermique d'un bâtiment construit en 2000, situé à "**Remchi**". Ces calculs vérifient la conformité de projet de construction du bâtiment aux normes algériennes décrites dans les DTR C3-2 et C3-4 puis propose des solutions pour réduire les pertes de chaleur et les économies d'énergie les plus appropriées sans s'écarter d'un objectif de coût maîtrisés.

Ce mémoire intitulé '**Bilan Thermique D'une Bâtisse Selon Le Réglementation Algérien**' est abordé à travers cinq chapitres,

Le premier chapitre définit l'énergie et les bâtiments.

Le deuxième chapitre est destiné à calculer les pertes de chaleur du projet.

Le troisième chapitre traite les apports calorifiques de la structure.

Le quatrième chapitre est consacré pour la présentation des résultats obtenus par le logiciel pour l'étude.

Le cinquième chapitre présente la chambre froide.

Enfin, une conclusion générale pour clôturer ce mémoire.

Chapitre I :

L'énergie et les bâtiments

2.1 Introduction :

Étant donné que le monde connaît une augmentation spectaculaire de la population, ce qui entraîne une augmentation de la consommation d'énergie. Les principaux secteurs de consommation d'énergie sont : l'industriel, le bâtiment, le transport et l'agriculture.

Le secteur du bâtiment est l'un des plus grands consommateurs d'énergie après le secteur industriel. L'énergie requise pour le chauffage et la climatisation des bâtiments est la plus importante de tous. Nous devons donc aller à la construction de bâtiment à basse consommation (**BBC**), avec respect de la réglementation algériennes (**DTR**) qui nous permette de calculer un bilan thermique pour le confort des occupants.

Toutes les parties d'un bâtiment sont soumises à un transfert de chaleur, ce phénomène se produit entre les environnements chauds et froids. La connaissance et la maîtrise de ces transferts de chaleur permettent de gérer la facture énergétique d'un bâtiment par la combinaison des procédés de construction, le choix des matériaux et leur mise en œuvre. La réduction de ces échanges thermiques permet de maintenir une température tempérée à l'intérieur du bâtiment en y apportant le moins d'énergie possible. Le confort thermique est basé sur la notion de sensation de chaleur à laquelle on associe la notion de température. Il permet également d'orienter la conception du bâtiment dans un cadre réglementaire tout en visant un compromis entre le coût de l'énergie et le confort.

2.2 Efficacité énergétique :

En physique, l'efficacité énergétique est le rapport entre l'énergie utile produite par un système et l'énergie totale consommée pour le faire fonctionner.

Il s'agit d'utiliser moins d'énergie qu'auparavant pour fournir des services énergétiques équivalents. Nos activités quotidiennes consomment beaucoup d'énergie, qu'il s'agisse de chauffer ou de refroidir des bâtiments, ou d'utiliser des appareils et des services électriques.

Le mot "efficacité énergétique" est largement utilisé pour désigner l'ensemble des technologies et pratiques qui permettent simplement d'avoir pour objectif de réduire la consommation d'énergie tout en maintenant des conditions d'utilisation et un confort satisfaisants. [1]

Les trois approches qui soient combinées dans l'efficacité énergétique qui contribuent à obtenir des grands bénéfices [2]:

2.2.1 L'efficacité énergétique passive:

Concentré sur l'enveloppe de la maison et l'amélioration de son isolation thermique.

2.2.2 L'efficacité énergétique active :

Qui combine une amélioration de rendement énergétique des équipements techniques du bâtiment tels que (chaudière, éclairage, etc.) et **une approche systémique** et globale de la gestion de l'énergie, centrée sur le contrôle automatisé des énergies du bâtiment en fonction de leurs utilisations.

2.3 La transformation du consommateur en consomm-acteur :

Tous dépend du comportement d'occupant dans sa maison, c'est-à-dire un utilisateur particulier, informé et mobilisé, capable de gestionnaire, d'optimiser son confort tout en réalisant des économies d'énergie et dans les années à venir de produire sa propre énergie.

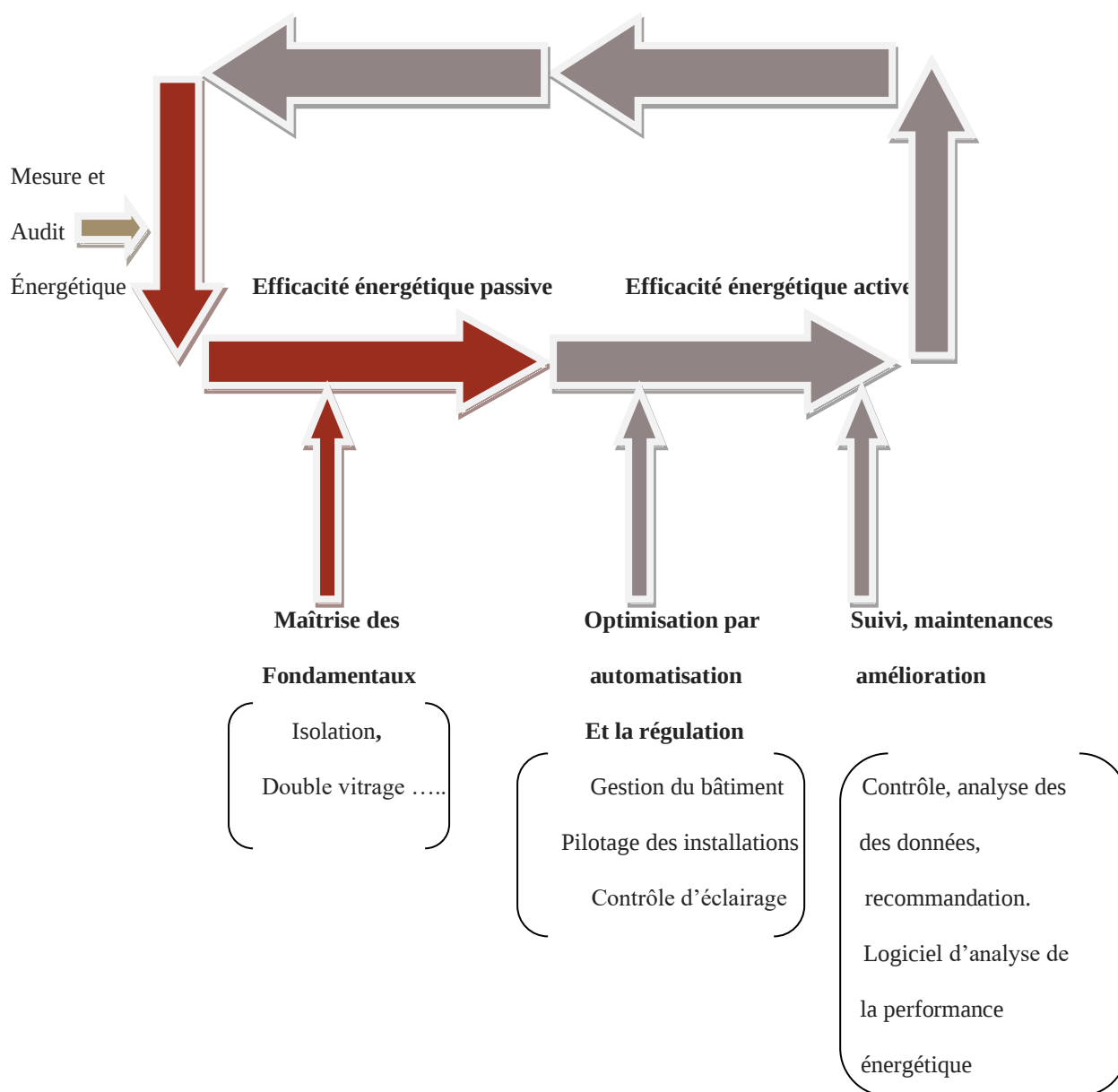


Figure1.1 : Les trois approches l'efficacité énergétique [2]

2.4 Énergie :

L'énergie vient du grec Energia "force en action". Pour les scientifiques, ces termes indiquent la capacité d'un corps, un système. L'énergie est capable de produire soit de la chaleur, soit un travail à partir d'un mouvement et des ondes électromagnétiques (lumière).

La définition de l'énergie est très compliquée. Ça dépend le domaine où on se trouve :

La thermodynamique : Le travail $\longrightarrow$ L'énergie fournie par une force

La chaleur $\longrightarrow$ L'énergie cinétique microscopique

L'économie : c'est-à-dire l'énergie comme matière première ou le phénomène naturel qui peut nous donner un travail (raffinage de pétrole, etc...). [3]

2.4.1 Les énergies fossiles :

L'énergie s'est formée il y a des milliers d'années à partir de la substance organiques et elle a été stockée dans la croûte terrestre. Cette énergie n'est pas renouvelable et ne peut pas être produite à l'infini. La combustion des combustibles fossiles entraîne l'émission de CO₂ dans l'atmosphère. [11]

2.4.2 Les énergies renouvelables :

Les énergies renouvelables sont des énergies inépuisables. Elles proviennent d'éléments naturels. Elles contiennent un ensemble de moyens de produire de l'énergie à partir de sources ou de ressources illimitées, disponibles sans limite de temps ou qui peuvent être reconstituées plus rapidement qu'elles ne sont consommées.

2.5 Les différents types d'ENR utilisée dans les bâtiments :

2.5.1 L'énergie éolienne :

L'utilisation de l'énergie mécanique produite par les mouvements des différentes masses d'air et de vent se transforme en électricité. Elles consistent en une tour composée de 2 ou 3 pales (de 40 à 100 mètres de diamètre pour les plus grandes). Celles-ci captent l'énergie du vent pour faire tourner un générateur qui nous donne du courant électrique.



Figure1.2 : L'énergie éolienne [4]

2.5.2 Solaire thermique :

Le but d'un panneau solaire thermique est de transmettre la chaleur émise par le soleil à un circuit d'eau basale. Les rayons du soleil passent à travers le verre, à l'intérieur d'une plaque absorbante qui vise à capter les rayons infrarouges. Derrière cette plaque chauffante passe un circuit d'eau qui récupère cette chaleur.

Ce circuit alimente ensuite un circuit secondaire qui peut alimenter une maison en eau domestique ou en chauffage.

La circulation de l'eau peut se faire par simple phénomène physique, l'eau chaude est moins dense que l'eau froide. Elle aura donc tendance à rester "en surface" dans le circuit.

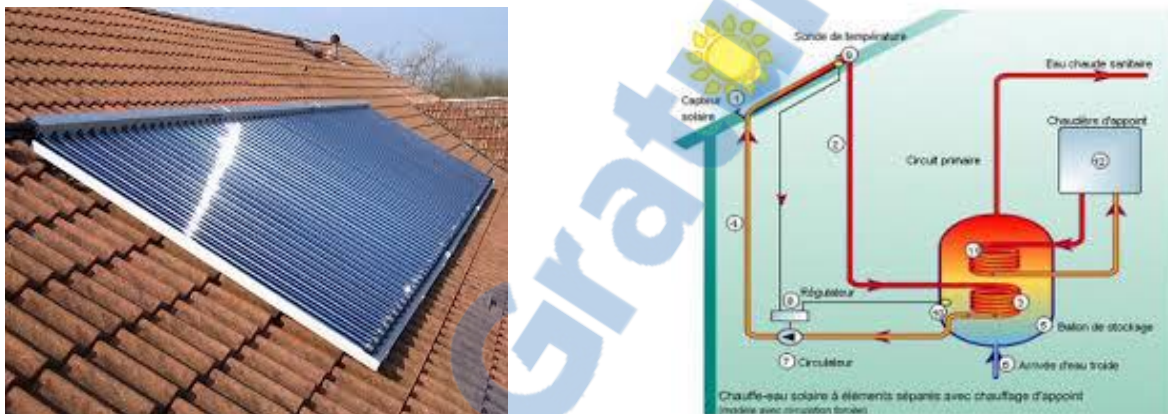


Figure1.3 : Solaire thermique [4]

2.5.3 Le Solaire Photovoltaïque :

Une cellule photovoltaïque est constituée de matériaux semi-conducteurs. Ceux-ci sont capables de transformer l'énergie fournie par le soleil en une charge électrique donc en électricité car la lumière du soleil excite les électrons de ces matériaux. Les matériaux partent de courtes longueurs d'onde jusqu'à une longueur d'onde limite qui est de 1,1 micron pour le silicium.

Le silicium est le principal composant d'une cellule photovoltaïque.

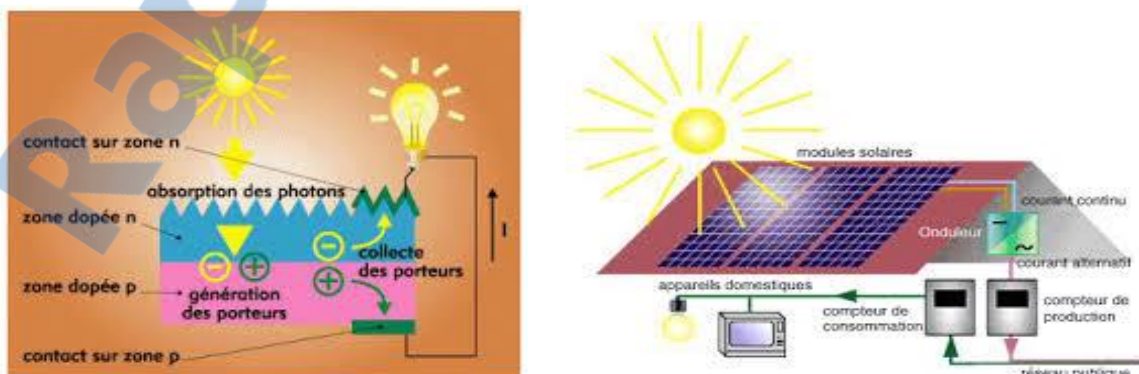


Figure1.3 : Solaire Photovoltaïque [4]

2.5.4 L'énergie hydraulique :

Elle est également considérée comme une énergie propre. Elle est une énergie électrique obtenue par conversion de l'énergie hydraulique des différents flux d'eau (rivières, fleuves ...).

Elle comprend les grands barrages, les usines à marée ...

L'eau est retenue par un barrage, puis transportée vers la centrale électrique par les galeries ou les canaux d'alimentation et les conduites forcées. Lorsqu'elle arrive à la centrale, l'eau actionne la turbine qui entraîne un arbre, qui fait tourner l'alternateur. Celui-ci transforme cette énergie mécanique en électricité. L'eau est ensuite déversée dans la rivière par le canal de fuite.

Le transformateur élève enfin la tension de cette électricité pour permettre son transport par des lignes à haute tension.

Petites centrales électriques avec de grands barrages et les usines à marée forment le secteur

D'hydraulique, deuxième source d'énergie renouvelable dans le monde entier. [5]

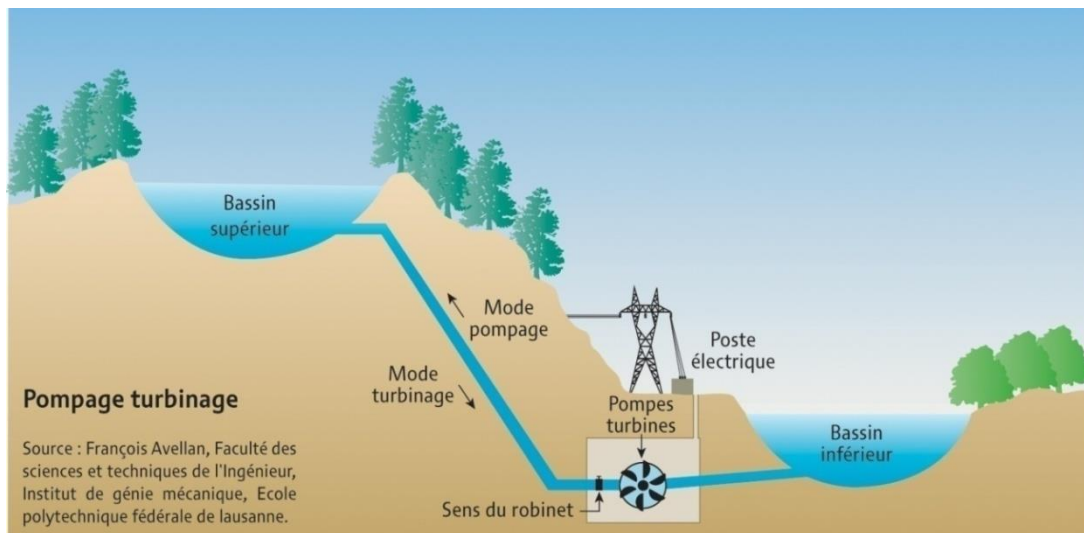


Figure1.4 : L'énergie hydraulique [4]

2.5.5 L'énergie géothermique :

L'énergie géothermique (du grec "Ge" la terre, "thermie" la chaleur) consiste à capter la chaleur de la croûte terrestre pour produire du chauffage (température inférieure à 90°) ou de l'électricité (température de 90° à 150°).

Le principe est simple. On extrait de l'énergie géothermique contenue dans le sol pour l'utiliser sous forme de chauffage ou pour la transformer en électricité. Il existe un flux géothermique naturel à la surface du globe, il peut être si faible qu'il ne peut être directement capté. Elle est en fait exploitée par la chaleur accumulée dans certaines parties du sous-sol en réalisant un ou plusieurs forages, plus ou moins profondes selon la température souhaitée ou le gradient thermique local. [5]

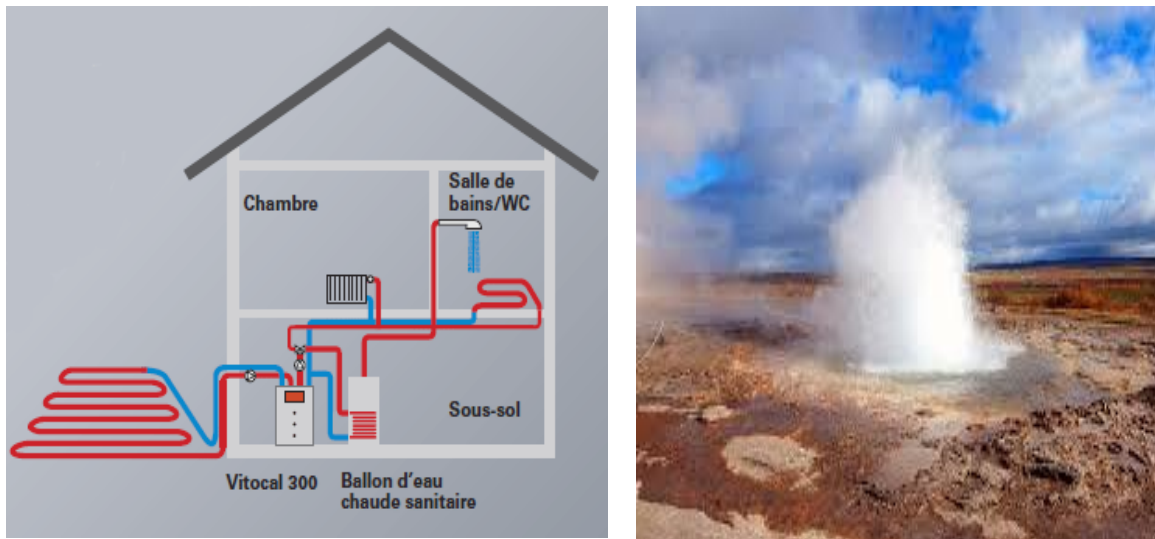


Figure1.5 : L'énergie de la terre (la géothermie) [4]

2.6 La biomasse :

La biomasse désigne toutes les matières d'origine végétale ou animale qui peuvent être utilisées pour la production d'électricité, de chaleur ou de carburant.

La biomasse est une véritable réserve d'énergie, captée du soleil grâce à la photosynthèse.

Les ressources de la biomasse peuvent être classées en plusieurs catégories, en fonction de leurs origines :

Le bois : sous forme bûches, plaquettes.....

Les sous produits de bois : par les scieries (sciures, etc....)

Les sous produits de l'industrie : les boues issues de la pâte à papier (liqueur noire)...

Les produits issus de l'agriculture traditionnelle : résidus tels que la paille, la bagasse...

Les déchets organiques : tels que les déchets urbains comprenant les boues d'épuration...



Figure1.6 : les sources de la biomasse [4]

2.7 Consommation d'énergie :

2.7.1 La consommation finale mondiale

La consommation finale mondiale est de 41% sur la base des produits pétroliers en 2016, soit une baisse de 7 points par rapport à 1976. Les parts du charbon et de la biomasse a également diminué, passant de 13 % à 11 % de plus de ces 40 ans. Ces revers ont été faits en faveur de l'électricité, transmis à la même période de 10 % à 19 %, et dans un bien moindre mesure le gaz naturel (de 14 à 15 %). [7]

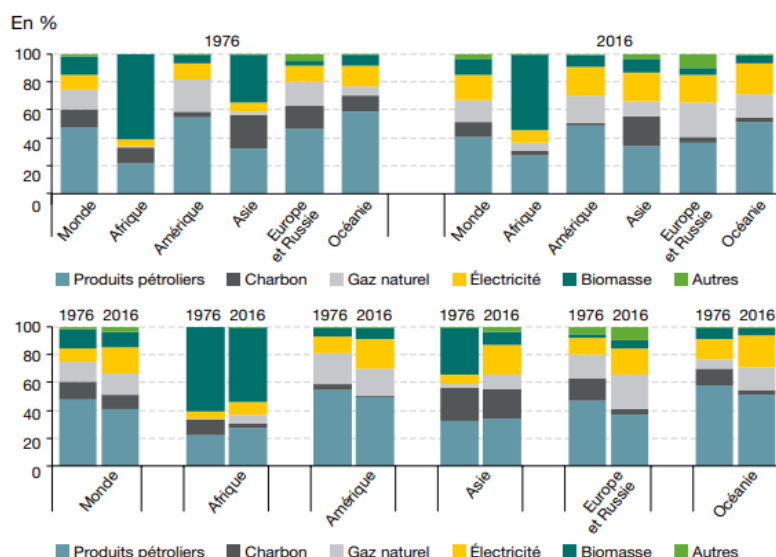


Figure1.7 : Consommation finale d'énergie mondiale [7]

2.7.2 Consommation d'énergie en Algérie

La consommation nationale d'énergie (y compris les pertes) a atteint 65,0 millions de tep en 2018, soit une forte augmentation de 7,7 % par rapport à 2017, tirée par celle de la consommation finale (+ 7,8 %) et de la consommation non énergétique (+ 43,4 %). À l'inverse, les pertes et la consommation des industries énergétiques ont diminué respectivement de (-6,7 %) et (-0,7 %).

K tep	2017	2018	Evolution	
			Quantité	(%)
Consommation final	44 646	48 146	3 500	7,8
Consommations non-énergétiques	3 486	4 999	1 514	43,4
Consommations des industries énergétiques	7 327	7 278	-49	-0,7
Pertes	4 869	4 540	-328	-6,7
CONSOMMATION NATIONALE	60 328	64 964	4 636	7,7

Tableau 1.1: Consommation énergétique finale national [6].

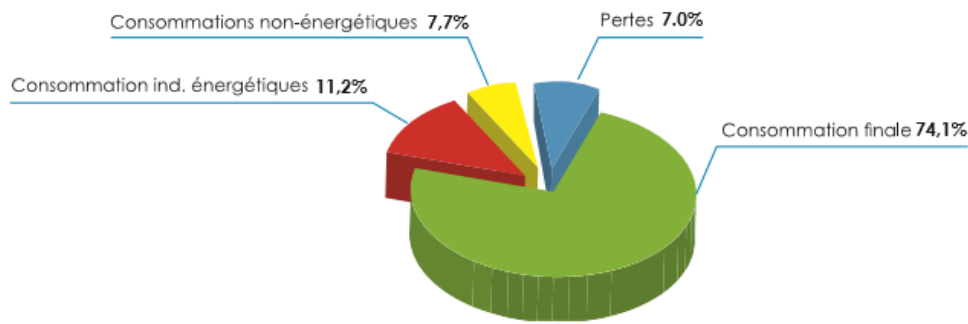


Figure1.8 : Graphe de la structure de consommation énergétique finale national [6].

2.7.3 Consommation par secteur d'activité

Dans l'élaboration du bilan énergétique, le système de consommation est présenté sous forme de trois secteurs : l'industrie et BTP, des transports et des ménages et autres.

La consommation la plus élevée a été enregistrée dans le secteur des ménages et autres (46,6%), suivi par le transport (32%) et finalement le secteur de « l'industrie et BTP » avec une part de (22%), comme illustré dans le graphe ci-après :

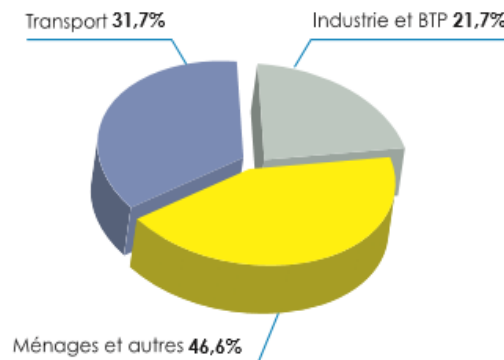


Figure1.9 : Graphe de la structure de consommation énergétique par secteur d'activité [6]

2.7.4 Consommation énergétique des logements anciens et récents

Le diagramme de la consommation énergétique, ci-dessous, montre les très grandes variations de la performance énergétique des logements "anciens" par rapport aux logements "actuels". Cependant, malgré le renforcement de l'isolation thermique et l'efficacité des équipements de chauffage, la consommation énergétique globale continue d'augmenter. Les principales raisons sont l'augmentation de la surface des logements par rapport au nombre d'occupants et une amélioration générale du confort. [8]

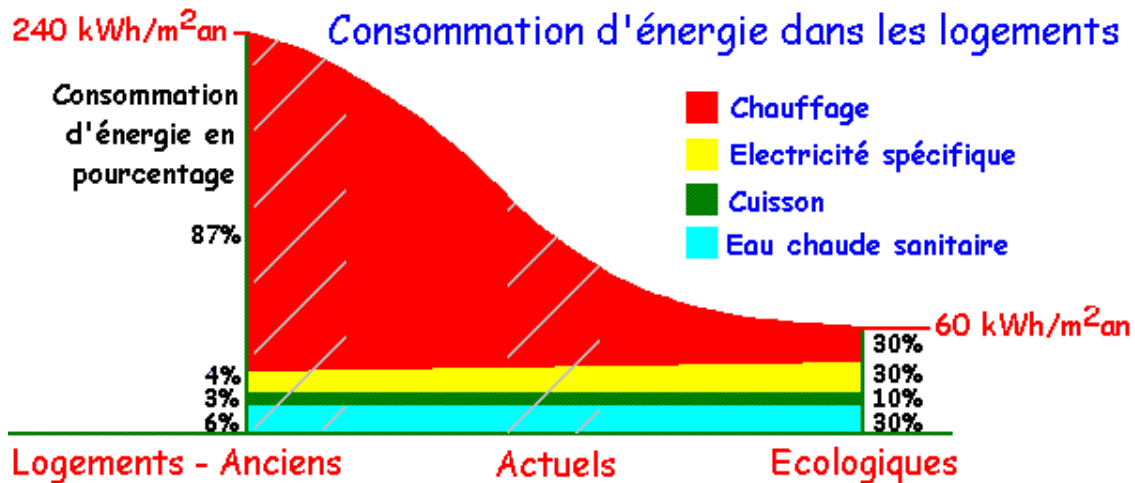


Figure1.10 : consommation énergétique selon la date de construction et les choix écologiques [8]

2.7.4.1 Le chauffage (en rouge)

La consommation d'énergie pour le chauffage d'une vieille maison est facilement réduite de moitié grâce à l'isolation thermique, à l'utilisation de menuiseries et de vitrages efficaces, ainsi qu'à l'installation d'équipements de chauffage modernes. Le chauffage représente 87 % de la consommation d'énergie totale dans les maisons anciennes et seulement 30 % dans les maisons plus efficaces.

2.7.4.2 L'électricité spécifique (Éclairage et équipement électrique : en jaune)

La consommation a tendance à augmenter dans tous les logements en raison de l'augmentation du nombre d'équipements ménagers et de loisirs.

2.7.4.3 La cuisson (en vert)

La consommation d'énergie pour la cuisine reste inchangée. Cependant, cette position marginale dans les anciennes habitations devient beaucoup plus importante lorsque la consommation baisse ailleurs.

2.7.4.4 L'eau chaude sanitaire (en bleu)

La consommation d'énergie pour produire de l'eau chaude augmente légèrement, car le niveau de confort recherché dans les logements actuels est supérieur aux conditions acceptées dans le passé. Dans les logements anciens, ce poste ne représente que 6% de la consommation énergétique globale, mais avec la réduction des besoins de chauffage, le poste "production d'eau chaude sanitaire" représente près de 30% de la consommation énergétique dans les logements modernes.

2.8 Transfert de chaleur

Le transfert de chaleur peut être défini comme la transmission d'énergie d'une région à une autre sous l'influence d'une différence de température. Elle est régie par une combinaison des lois physiques. La littérature sur le transfert de chaleur reconnaît essentiellement trois les modes de transmission thermique : conduction, convection et rayonnement.

2.9 Les modes de transfert de chaleur

Dans le secteur du bâtiment, les échanges et transferts de chaleur se composent principalement selon 3 modes de transmission :

2.9.1 La conduction

C'est le transfert de chaleur dans un milieu opaque, sans déplacement de matière, sous l'influence d'une différence de température. La propagation de la chaleur par conduction à l'intérieur d'un corps se fait selon deux mécanismes distincts : une transmission par vibrations d'atomes ou de molécules et une transmission par des électrons libres.

La théorie de la conduction est basée sur l'hypothèse de Fourier : $\vec{\Phi} = -\lambda S \vec{\text{grad}}(T)$

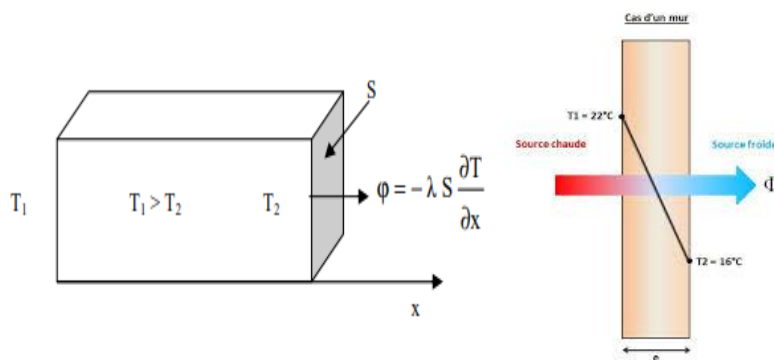


Figure1.11 : Transfert de chaleur par Conduction [9]

2.9.2 La convection

Est le transfert de chaleur d'un corps solide vers un corps gazeux et vice versa. La quantité de chaleur transmise dépend de la différence entre température et entre les éléments, vitesse de l'air et la surface de contact. Par exemple, un mur exposé à un vent froid et puissant, il se refroidira très rapidement. [11]

Ce mécanisme de transfert est régi par la loi de Newton :

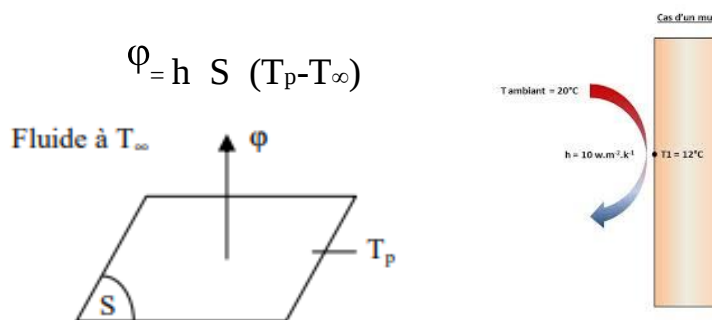


Figure1.12 : Transfert de chaleur par Convection [9]

2.9.3 Le rayonnement

Il s'agit d'un transfert d'énergie électromagnétique entre deux surfaces (même dans le vide). Dans les problèmes conduction, nous prenons en compte le

rayonnement entre un solide et le milieu environnant et dans ce cas nous auront la relation :

$$\Phi = \sigma \epsilon_p S (T_p^4 - T_\infty^4)$$

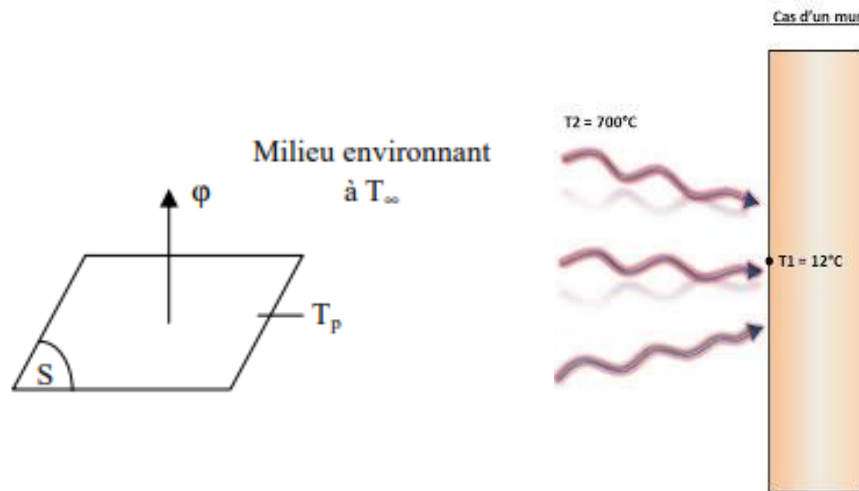


Figure1.13 : Transfert de chaleur par rayonnement [9]

2.9.4 Notions thermiques:

2.9.4.1 Flux thermique

Le flux de chaleur est la quantité d'énergie thermique qui passe à travers une surface isotherme par unité de temps. [12]

$$q = \partial Q / \partial t$$

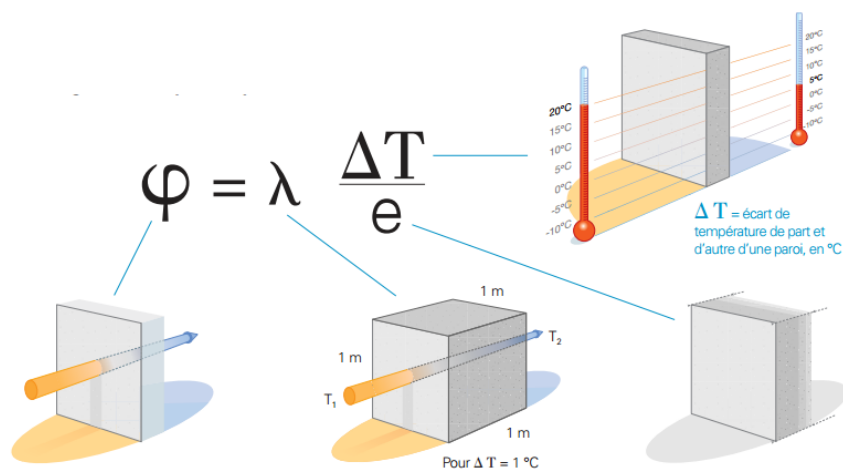


Figure1.14 : Le flux thermique [14]

2.9.4.2 Conductivité thermique

Il est la propriété des corps de transmettre la chaleur par conduction. Chaque matériau a sa propre conductivité thermique. Pour classer les matériaux selon ce critère, nous utilisons le coefficient lambda (λ). Il est exprimé en watts par mètre kelvin ($W / m.K$) ou parfois en ($W / m. ^\circ C$) et représente la quantité de chaleur passant à travers un mètre carré de matériau d'un mètre d'épaisseur, c'est une caractéristique constante propre à chaque matériau. La valeur de ce coefficient est faible, plus le matériau n'est isolant. [13]

$$\lambda = q / \Delta T$$

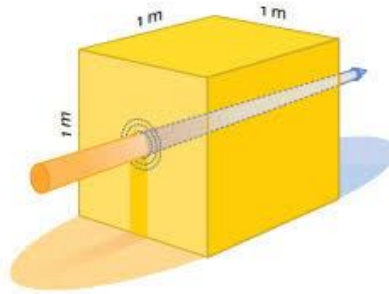


Figure1.15 : Conductivité thermique [14]

2.9.4.3 Résistance thermique

La résistance thermique d'un matériau caractérise sa capacité à ralentir le transfert de chaleur réalisé par conduction. C'est le rapport entre l'épaisseur du matériau et le coefficient de conductivité thermique. [13,14]

Plus le R est élevé, plus le matériau ou la paroi est isolante. Elle s'exprime en $(m^2 .K)/W$ ou $(m^2. ^\circ C)/W$

$$R = e / \lambda$$

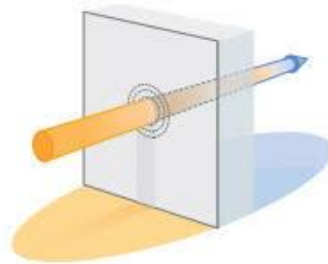


Figure1.15 : Résistance thermique [14]

2.9.4.4 Le coefficient de transfert thermique

Le coefficient de transfert thermique (appelé U) caractérise les pertes de chaleur d'un matériau ou d'une paroi. Il est l'inverse de la résistance thermique (R). [12]

$$U = 1/R$$

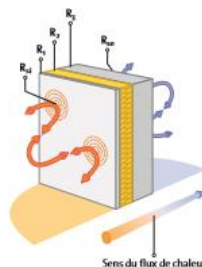


Figure1.16 : Le coefficient de transfert thermique [14]

2.9.4.5 Capacité thermique massique

On appelle capacité thermique massique (C_p) la quantité de chaleur qu'il faut appliquer à 1kg de matière pour élever sa température de 1K. Elle s'exprime en ($J.kg^{-1} .K^{-1}$) ou ($cal.kg^{-1} .K^{-1}$). [13]

2.9.4.6 Capacité thermique

La capacité calorifique est l'énergie qui doit être apportée à un corps pour augmenter sa température d'un Kelvin (1K). Elle est exprimée en (J / K). Il s'agit d'une quantité importante : plus la quantité de matière est importante plus la capacité thermique est grande. [12]

$$C = C_p \times m$$

2.10 Le climat et confort thermique

2.10.1 Le climat

Le climat est l'ensemble des circonstances atmosphériques propres à une région du globe. Il exprime les conditions qui prévalent et est déterminé par différents éléments, leurs combinaisons et leurs interactions.

2.10.1.1 Les éléments du climat

Le rayonnement solaire

Elle peut être directe ou indirecte (diffuse ou réfléchie). Elle affecte le bâtiment soit directement en pénétrant à l'intérieur par les ouvertures et en chauffant les pièces, soit indirectement en étant absorbée par les murs extérieurs du bâtiment qui diffusent une partie de la chaleur. [15]

La température

La température de l'air est liée à l'ensoleillement, à l'altitude et à la latitude. La température varie fortement entre les zones exposées ou ombragées, le jour et la nuit, le type de sol, le vent, etc. La température de l'air affecte l'évaporation, le rayonnement et le mouvement des masses d'air. La capacité de chauffage et de refroidissement de la surface terrestre est un facteur important qui détermine la température de l'air. [15]

L'humidité

L'atmosphère contient une certaine quantité de vapeur d'eau qui provient de l'évaporation des surfaces et de la transpiration des plantes. La quantité d'eau que l'air peut contenir dépend de la température. Le degré d'humidité influence son choix et la durée de vie des matériaux.

Les précipitations

Une masse d'air suffisamment humide va, en se refroidissant, dépasser la quantité d'eau qu'elle peut contenir, et cet excès se condense en brouillard, en pluie, etc. La fréquence et la quantité des précipitations sont deux données importantes pour l'habitat et le choix des matériaux. [15]

Les vents

Les vents sont des courants créés par la différence entre les zones de haute et de basse pression. La rotation de la terre génère la direction des vents. Les vents peuvent également être générés par la différence de température entre deux surfaces (terre-eau). [15]

2.10.2 Le confort thermique

Le confort est un concept global : chaleur et froid, lumière, bruit, paysage, eau, verdure, prestige.... et autres, sont autant d'éléments définissant plusieurs paramètres climatiques, esthétiques, psychologiques du confort. Le confort est aussi le sentiment subjectif qui n'existe pas en soi. [16].

2.10.3 Confort thermique dans l'habitat

Un des rôles du logement est de minimiser ces échanges, c'est-à-dire de protéger le corps humain contre les agressions du climat. Pour cela, le corps humain dispose d'un système de thermorégulation qui lui permet de réguler l'échange de chaleur avec son environnement. La notion de confort thermique dans un bâtiment est liée non seulement à la qualité des ambiances intérieures, mais aussi à la quantité d'énergie à fournir par les équipements. Dans les environnements bâtis, le confort thermique est une exigence essentielle à laquelle le concepteur doit apporter les réponses nécessaires. Le choix des caractéristiques thermiques de la construction et de ses équipements vise à atteindre, en hiver comme en été, le confort thermique de l'occupant. Ce confort est défini par un certain nombre d'exigences. L'énoncé des exigences doit se présenter sous la forme de combinaisons de valeurs de tous les facteurs qui caractérisent l'atmosphère : température de l'air, températures radiantes (température des murs environnants), vitesse de l'air, humidité de l'air et température du sol. [17]

2.10.4 Facteurs influant sur le confort thermique

Plusieurs facteurs variables interviennent dans la notion de confort. Il y a ceux qui se rapportent à l'individu et d'autres qui se rapportent au climat environnemental.

2.10.5 Facteurs liés aux conditions climatiques

2.10.5.1 La température de l'air

C'est le facteur qui influe le plus sur le confort humain. En effet, la température de l'air contrôle directement les échanges par convection qui est un des principaux termes de bilan thermique. La température de l'air extérieur varie quotidiennement, les températures maximales se situent en milieu d'après-midi et les températures minimales en fin de nuit.

2.10.5.2 L'humidité de l'air

L'humidité de l'air peut être exprimée par la pression de la vapeur d'eau. L'humidité de l'air à l'intérieur des bâtiments influence directement et indirectement le corps humain, ce qui peut provoquer une gêne et une sensation de chaleur et de sécheresse des muqueuses des voies respiratoires. L'humidité de l'air n'a pas un grand effet sur la sensation de confort thermique, si les températures de l'air sont confortables ; elle n'a un effet significatif que lorsqu'elle est extrêmement élevée ou extrêmement basse. Des variations de l'humidité relative entre 19% et 65% sont autorisées. [18]

2.10.5.3 Le vent

La vitesse de l'air influence les échanges par convection et évaporation. En effet, les échanges convectifs entre la surface extérieure des murs et l'air extérieur sont fonction de la vitesse de l'air au voisinage des murs. Le taux de renouvellement de l'air dans une pièce dépend également de la vitesse du vent, en particulier lorsque la ventilation transversale est possible. Toutefois, dans ce cas, les occupants tentent d'ajuster les ouvertures de manière à éviter les courants d'air. [18]

2.10.5.4 L'ensoleillement

La température de l'air extérieur atteint sa valeur maximale au milieu de l'après-midi, entre le rayonnement souhaité en hiver et la protection contre les apports solaires en été. [18]

2.10.6 Les stratégies du confort

L'habitat bioclimatique profite du climat pour amener ses occupants au plus près des conditions de confort. Le confort hivernal répond à la stratégie de la chaleur : capter le rayonnement solaire, le stocker dans la masse, le conserver par l'isolation et le distribuer dans le bâtiment. Le confort d'été répond à la stratégie du froid : en minimisant le besoin de refroidissement, en offrant une protection solaire adaptée aux différentes orientations, en évitant le risque de surchauffe par une isolation appropriée ou par l'inertie du bâtiment, en dissipant l'air chaud et en le rafraîchissant naturellement. [12]

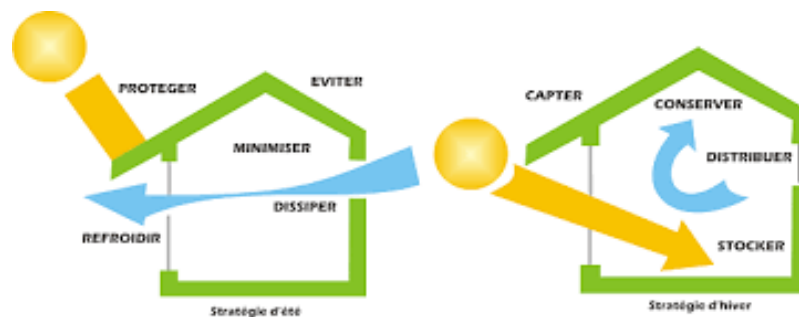


Figure1.17 : La stratégie du confort.

2.10.7 Les différents types de confort

Le confort respiratoire

Le confort visuel

Le confort acoustique

Le confort thermique

2.10.8 L'isolation thermique :

L'isolation thermique est la propriété d'un matériau de construction de réduire le transfert de chaleur entre deux environnements. Elle permet à la fois de réduire la consommation d'énergie de chauffage ou de climatisation (limite les pertes de chaleur en hiver et les gains de chaleur en été), et d'augmenter le confort (maintient les températures et

l'humidité à des niveaux de confort. été et hiver et résout le problème des murs froids en hiver et chauds en été). [19]

Les isolants thermiques se caractérisent essentiellement par leur résistance thermique et leur inertie thermique. Ils permettent d'éviter les pertes de chaleur ainsi que le phénomène de pont thermique.

2.10.9 Matériau isolant

Substance ou mélange de substances dont les propriétés isolantes résultent de sa nature chimique et/ou de sa structure physique.

2.11 Système d'isolation thermique

Association de deux ou plusieurs composants, dont au moins un est un produit ou un matériau isolant. La performance du système est la performance de l'ensemble.

2.12 Les Propriétés et performances d'un matériau isolant

Lors du choix d'un matériau d'isolation, il est avantageux, dans une approche de construction, de ne pas limiter vos critères de sélection aux seules performances thermiques du matériau. Le choix d'un isolant doit être fait sur la base des critères suivants :

2.12.1 Propriétés thermiques

Ils sont généralement décrits par des concepts tels que la conductivité thermique (W/m^2K). Peu à peu, on tend vers une description intégrant les propriétés de masse des matériaux isolants. Par exemple, on parle de plus en plus souvent d'effusivité thermique (la racine carrée du produit de la densité, de la conductivité thermique et de la chaleur spécifique du matériau). Elle représente la vitesse à laquelle la température de surface d'un matériau varie, et donc sa capacité à accumuler et à libérer de la chaleur (inertie thermique). Utilisée en combinaison avec la conductivité thermique, cette quantité est intéressante lorsqu'on parle d'isolants solides. [20]

2.12.2 Propriétés techniques

Comportement au feu, perméabilité à la vapeur d'eau, comportement à l'humidité, type d'installation, stabilité dans le temps, isolation acoustique. [20]

2.12.3 Propriétés environnementales

Impact énergétique de la production, du transport, des risques sanitaires, de la maintenance, du traitement en fin de vie (recyclage), etc. Ces propriétés peuvent être identifiées par des données centralisées telles que les écobilans. Ceux-ci mettent en évidence les résultats de l'analyse des différents impacts environnementaux liés aux produits de construction. L'analyse d'impact est transversale, elle intègre l'ensemble du cycle de vie du produit. Parmi les critères analysés, on trouve : les émissions de gaz à effet de serre, la production de gaz acidifiants, l'origine des ressources (renouvelables, non renouvelables), l'économie des ressources, la production de déchets, la toxicité pour l'eau et les êtres humains. [20]

2.12.4 Propriétés économiques

Coût du matériel, de sa mise en œuvre et, selon le cas, de son entretien, en fonction du type d'utilisation et des performances à atteindre. D'autre part, le choix d'un matériau d'isolation thermique est souvent lié à la réalisation d'une bonne isolation acoustique. [20]

2.13 Les avantages de l'isolation thermique

Le principal avantage de l'isolation thermique est qu'elle réduit la dépendance vis-à-vis des systèmes (mécaniques/électriques) pour faire fonctionner le bâtiment confortablement et, par conséquent, elle permet d'économiser l'énergie et les ressources naturelles associées. Outre le confort thermique, l'utilisation de l'isolation thermique dans le bâtiment présente également plusieurs autres avantages qui peuvent être résumés comme suit : [21]

2.13.1 Avantage économique

D'importantes économies d'énergie peuvent être réalisées grâce à l'utilisation de l'isolation thermique, avec peu de dépenses d'investissement. Elle réduit les coûts d'exploitation de l'énergie.

2.13.2 Avantage environnemental.

L'utilisation de l'isolation thermique permet non seulement de réduire les coûts d'exploitation de l'énergie, mais apporte également des avantages environnementaux tels que la récupération des déchets rejetés qui provoquent des émissions polluantes.

2.13.3 Réduire le niveau de bruit

L'isolation peut réduire les bruits nocifs et stressants provenant des espaces voisins ou de l'extérieur. Cela améliore le confort acoustique des bâtiments isolés.

2.14 Intégrité structurale d'un bâtiment

De grandes variations de température peuvent provoquer des mouvements thermiques indésirables, qui pourraient endommager la structure du bâtiment. La préservation des bâtiments avec des fluctuations de température minimales contribue à préserver l'intégrité des structures des bâtiments. Cela peut être réalisé par l'utilisation d'une isolation thermique appropriée, ce qui augmente la durée de vie des structures du bâtiment.

2.14.1 Protection contre le feu

Si le bon matériau d'isolation est choisi et installé correctement, il peut contribuer à retarder la chaleur et à empêcher la pénétration des flammes dans le bâtiment en cas d'incendie.

2.14.2 Les différentes méthodes d'isolation

2.14.2.1 L'isolation par l'extérieur

L'isolation par l'extérieur présente de nombreux avantages : elle profite de l'inertie thermique des murs pour réguler la température des locaux. Elle permet également d'éviter les ponts thermiques, notamment au niveau des liaisons sol-mur. Enfin, le choix de ce type d'isolation permet de maintenir la température proche de celle de l'air dans les locaux. [22]

2.14.2.2 L'isolation par l'intérieur

L'isolation de l'intérieur présente également certains avantages : elle ne modifie pas l'apparence à l'extérieur du bâtiment, il permet un chauffage rapide des locaux, il est plus simple à mettre en œuvre et il est moins coûteux. Dans certains cas, une combinaison d'isolation extérieure et intérieure est utilisée.

2.14.2.3 L'isolation sans éléments rapportés

La structure porteuse du bâtiment peut être réalisée avec un matériau qui, outre les caractéristiques mécaniques requises, possède des qualités d'isolation éprouvées.

Le béton cellulaire permet ce type d'isolation. Toitures métalliques "sèches" par l'utilisation de ce que l'on appelle des "doubles complexes». Qui consiste à prendre en sandwich un isolant entre deux tôles nervurées, peut être traitée selon ce principe, qui présente de nombreux avantages. [22]

2.15 Classification des matériaux isolants

Les principaux matériaux d'isolation disponibles actuellement sont présentés dans les fiches suivantes, classés en 3 grandes familles selon l'origine de leur matière première.

2.15.1 Les matériaux biosourcés

Fabriqués principalement à partir de fibres végétales ou animales. Leur matière première est donc largement issue de ressources renouvelables et utilise principalement des co-produits issus de l'agriculture ou de l'industrie du bois. Contrairement aux autres types de matériaux d'isolation, la plupart des matériaux d'origine biologique présentent un comportement hygroscopique qui combine une grande perméabilité à la vapeur d'eau et une régulation de l'humidité. [23]

2.15.2 Fibres de bois

Les fibres de bois sont obtenues par défibrage de déchets de bois tendre. Elles peuvent être utilisées en vrac ou transformées en panneaux. Pour ce faire, une pâte épaisse est formée en ajoutant de l'eau et des additifs. [24]
 $\lambda = 0.038 \text{ à } 0.042 \text{ W/m. } ^\circ\text{C}$



Figure 1.18 : Les fibres de bois [24]

2.15.3 La laine de mouton

La laine de mouton est lavée pour éliminer la saleté grasse et les impuretés, puis on lui ajoute des additifs antimites et des fibres de texturation pour constituer les produits d'isolation finis. Malgré les compromis faits pour la conservation et la texturation de la fibre, la laine de mouton reste un très bon isolant écologique. On la trouve en rouleaux ou en panneaux utilisés pour l'isolation



Figure 1.19 : La laine de mouton

supplémentaire entre les armatures, ou en vrac sous forme d'écheveaux pour remplir les cavités. [24] avec $\lambda = 0.035$ à $0.042 \text{ W/M. } ^\circ\text{C}$

2.15.4 Le chanvre

Le chanvre "cannabis sativa", une plante annuelle cultivée, des Celtes donne deux types de fibres : longues pour les tissus, les cordages, la papeterie et l'isolation en panneaux et rouleaux et abréviation de chènevotte. Les panneaux ou rouleaux d'isolation texturés sont utilisés pour l'isolation sont signalés entre les trames et sont éventuellement en composition avec autres matières : chanvre / lin ou chanvre / coton ...

Il existe également des panneaux de feutre pour l'isolation acoustique [24]

$\lambda = 0.039$ à $0.046 \text{ W/M. } ^\circ\text{C}$



Figure1.20 : Le chanvre [24]

2.15.5 Les matériaux minéraux

Ils sont constitué principalement de ressources minérales vierges ou partiellement issues du recyclage pour certains. Sous forme de laine de verre ou de laine de roche, et de fibragglos.[23]

2.15.6 La laine minérale

La laine de verre et la laine de roche sont les isolants conventionnels les plus utilisés dans le secteur du bâtiment. La laine de roche est obtenue par la fusion de la roche volcanique (basalte) de flux et de coke industriel. On obtient ensuite une pâte, qu'on fibre et colle avec des liants chimiques (résine phénolique) avant de la stabiliser par chauffage dans un four. La laine de verre est obtenue par un procédé industriel similaire, mais à partir de la fusion de sable de silice et/ou de verre recyclé. [24]

$\lambda = 0.032$ à $0.042 \text{ W/m. } ^\circ\text{C}$



Figure1.21 : La laine minérale [24]

2.15.7 Les fibragglos

Les fibragglos sont des panneaux fabriqués à partir de fines bandes de bois résineux, minéralisés puis enduits selon la fabrication, de ciment, de chaux hydraulique, de plâtre ou de magnésie. [24]

$\lambda = 0.08$ à $0.10 \text{ W/M. } ^\circ\text{C}$



Figure1.22 : Les fibragglos [24]

2.15.8 La terre cuite

La terre cuite est composée d'argile séchée au soleil pendant un an qui sera mélangée à de l'eau, du sable et de la sciure, le mélange résultant sera moulu, humidifié, moulé et cuit. Les produits finis, encore utilisés aujourd'hui, restent les souris (briques pleines) pour leur fonction décorative mais aussi les blocs à cellules verticales multiples ou Monomûrs en terre cuite. [24]

$$\lambda = 0.12 \text{ A } 0.18 \text{ W/M. } ^\circ\text{C}$$



Figure1.23 : Brique mono-mûr en terre cuite [24]

2.16 Les matériaux synthétiques

A partir de ressources pétrochimiques, donc non renouvelables et fortement émettrices de gaz à effet de serre. Pour la plupart dépourvus de toute sensibilité à l'humidité, ces matériaux peuvent être particulièrement adaptés au traitement de zones fortement soumises à l'humidité (sous-sol, sous-dalle...). [23]

2.16.1 Le polystyrène (expansé et extrudé)

Ces isolateurs sont produits par l'industrie pétrolière, le plus souvent à partir d'un ou plusieurs dérivés du processus de raffinage. Le polystyrène expansé est obtenu en polymérisant les billes de styrène résultantes avec de l'eau et du gaz pentane. Le polystyrène extrudé est obtenu après la polymérisation du styrène par extrusion sous pression d'une pâte de fusion à l'aide d'un gaz lourd. [24]

$$\lambda = 0,028 \text{ a } 0,038 \text{ W/M. } ^\circ\text{C (expansé)}$$

$$\lambda = 0,029 \text{ a } 0,035 \text{ W/M. } ^\circ\text{C (extrudé)}$$



Figure1.23 : Le polystyrène [24]

2.16.2 Les polyuréthanes

Les mousses de polyuréthane sont obtenues par catalyse et expansion à partir d'un mélange d'isocyanate, de polyol, et d'un gaz d'expansion (CO₂) avec l'ajout de stabilisateur et de retardateurs de flamme. [24]

$$\lambda = 0,024 \text{ a } 0,03 \text{ W/M. } ^\circ\text{C}$$



Figure1.23 : Les polyuréthanes

2.17 Réglementation thermique dans le monde

2.17.1 Réglementation thermique Algérienne

En Algérie, la réglementation thermique de 1997 pour les bâtiments résidentiels a été créée pour réduire la consommation de chauffage d'environ 25%. Une réflexion est actuellement en cours pour porter ce niveau d'économie à plus de 40 %. Pour ce faire, des simulations numériques ont été réalisées sur des logements standards. Il ressort de l'étude qu'en agissant uniquement sur la limitation des pertes de chaleur par transmission, il est possible d'atteindre ce nouvel objectif tout en réduisant sensiblement la charge de climatisation en été. Une nouvelle réglementation thermique pourrait s'articuler autour des deux principes suivants : réserver la réglementation de 1997 à l'habitat individuel, définir de nouveaux coefficients réglementaires plus contraignants pour l'habitat en construction collective. [26]

La réglementation algérienne s'inspire largement de la réglementation française, en revanche les méthodes de calcul utilisées sont plus simples, elle autorise, au moins dans certaines limites, le calcul informatisé des besoins de chauffage et de climatisation. [25]

2.17.2 Autres réglementations thermiques dans le monde [25]

2.17.2.1 Réglementation Française (RT)

Les normes françaises en matière d'isolation thermique et de chauffage des logements se trouvent dans la "réglementation thermique de 1988 pour les logements neufs" qui comprend, entre autres, le décret du 5 avril 1988. Entré en vigueur en 1989, ce document régit la consommation d'énergie et l'installation des équipements de chauffage dans un logement. Ce décret est complété par un certain nombre de règles de calcul décrivant en détail la manière de calculer les différents paramètres. La consommation d'énergie relative au chauffage des nouveaux logements était en 1988 inférieure de 42% à la consommation moyenne enregistrée en 1974. Ce qui caractérise les normes françaises, c'est que depuis 1974, aucune exigence n'a été formulée concernant la transmission thermique (Coefficient K) des murs, les normes se concentrant sur la performance thermique de l'ensemble du bâtiment. Les normes indiquant les débits d'air maximum et minimum permettent, entre autres, de compenser une perméabilité excessive en prévoyant une isolation et inversement. Et, si vous ne souhaitez pas effectuer des calculs trop compliqués, vous pouvez toujours utiliser des solutions standard approuvées. Les exigences en matière d'isolation thermique sont plus strictes pour les maisons utilisant un chauffage électrique que pour celles utilisant un autre type de chauffage. Notez que les normes françaises ont été révisées en 2000 et qu'un nouveau règlement RT 2000 a été adopté et appliqué à partir de juin 2001. La RT 2000 a permis le passage d'une approche française à une approche européenne et s'appuie largement sur les méthodes de calcul et les caractéristiques définies dans les normes européennes. Un nouveau renforcement des exigences en matière de performance énergétique des bâtiments, la prise en compte de la climatisation et de l'éclairage ainsi qu'une réelle impulsion donnée à la conception bioclimatique et aux énergies renouvelables sont quelques-uns des thèmes forts de la nouvelle réglementation thermique : RT 2005. La RT 2005 fixe comme principaux objectifs l'amélioration de la performance énergétique des bâtiments neufs d'au moins 15% et

la limitation du recours à la climatisation. Mais il ne s'agit là que d'une étape intermédiaire car l'objectif à ne pas perdre de vue est une réduction de 40 % de la consommation énergétique des bâtiments en 2020. La RT 2012, suivant les exigences environnementales, devient la référence. Elle vise à diviser par trois la consommation d'énergie des nouveaux bâtiments, la RT 2012 a été publiée le 27 octobre 2010.

2.17.2.2 Réglementation Américaine (ASHREA)

L'objectif de la réglementation thermique américaine est de réglementer la conception de l'enveloppe du bâtiment afin qu'elle ait une résistance thermique suffisante et une faible perméabilité à l'air. La réglementation étudiée ne donne aucune norme spécifique relative au confort thermique, celui-ci est traité dans d'autres normes. Le confort intérieur et le confort hygrométrique sont examinés en détail dans (ASHRAE 1997). La réglementation américaine en matière d'efficacité énergétique permet de calculer les performances thermiques à l'aide de logiciels avancés. Cette méthode permet de concevoir un bâtiment de manière optimale. Les normes permettent également l'utilisation de calculs simplifiés en termes d'exigences de transmission superficielle maximale des différents murs ainsi que des solutions de type standard. La norme tient compte des climats d'hiver et d'été et, dans les régions chaudes, les normes d'isolation thermique ne sont pas aussi exigeantes mais précisent l'utilisation d'une protection solaire pour les baies. En revanche, elle ne prévoit pas de protection solaire pour les façades. Indépendamment des méthodes spécifiées, les calculs autorisés tiennent compte de l'inertie thermique des murs extérieurs. Les calculs informatisés permettent d'utiliser le chauffage passif à partir de l'énergie solaire ainsi que le refroidissement par ventilation nocturne.

2.17.2.3 Réglementation Anglaise

Toutes les règles qui régissent la construction en Grande-Bretagne sont rassemblées dans les "Building Regulations". Cette réglementation nationale remplace les décrets municipaux en vigueur jusqu'en 1984. Le dernier règlement date de 1991, modifié en 1994. Le règlement ne prend en compte que la période hivernale. A l'instar des normes françaises et américaines, il permet de choisir différents niveaux de calcul allant de la performance thermique de l'ensemble du bâtiment aux solutions standard. Les calculs les plus avancés prennent en compte les gains internes et les gains solaires. En revanche, les calculs ne tiennent pas compte de l'inertie thermique. Comme en France, la Grande-Bretagne autorise une performance thermique plus faible dans le cas où les logements utilisent une source d'énergie autre que celle provenant de l'électricité.

2.18 Conclusion

Le bâtiment est un grand consommateur d'énergie, c'est le premier secteur de la consommation d'énergie électrique au niveau national. Le secteur du bâtiment est un contributeur majeur aux émissions de gaz à effet de serre (CO₂).

Les bâtiments en Algérie ne respectent pas les normes, elles sont construites de manière anarchique. Donc, pour obtenir le confort des occupants, il faut appliquer les réglementations thermiques. C'est pourquoi le Centre national d'études et de recherches intégrées sur le bâtiment (CNERIB) a publié trois documents techniques réglementaires à l'usage des professionnels du bâtiment (DTR) qui contiennent les informations techniques nécessaires à la conception, pour le calcul et à l'exécution des travaux avec différents matériaux.

Chapitre II :

Calcul des pertes de chaleur du projet

3.1 Introduction

Dans les années 1990 et 1997, l'Algérie avait développé plusieurs systèmes de régulation pour l'efficacité énergétique dans les foyers du Document Technique Réglementaire.

Dans notre projet on a un bâtiment qui contient des chambres froides dans le RDC pour usage commercial et des logements dans le premier étage, construite en 2000 dans le sens manquant des closes de confort.

L'objectif dans ce chapitre c'est de calculer les déperditions calorifiques des logements dans le premier étage, et parmi ces DTR nous allons consulter le DTR C 3-2 qui détermine le besoin thermique en chauffage.

3.2 Déperditions calorifiques (Fascicule 1 DTR C3-2)

Ce livret du Document Technique Réglementaire (DTR) apporte une première réponse aux problèmes liés au thermique des bâtiments. Il fournit aux professionnels des méthodes d'évaluation thermique des logements pour le problème de l'hiver.

L'exigence réglementaire sur laquelle se base ce DTR est de limiter les pertes thermiques du logement en fixant un seuil à ne pas dépasser (appelé *perte de référence*).

3.2.1 L'objectif du document

Détermination des déperditions calorifiques des bâtiments.

Vérification de la conformité des bâtiments à la réglementation thermique.

Dimensionnement des installations de chauffage des bâtiments.

Conception thermique des bâtiments.

3.2.2 Les bases de calcul

Définir les volumes thermiques.

Calculer pour chaque volume thermique les pertes par transmission et les pertes par renouvellement d'air.

Vérifier que les déperditions par transmission du logement sont inférieures aux déperditions de référence.

Calculer éventuellement les déperditions de base qui expriment les besoins de chauffage.

3.3 Présentation du projet

Dans le cadre de ce projet, nous allons étudier une partie de bâtiment (premier étage) à usage d'habitation intégré construite en 2000.

Cette dernière à un usage résidentiel, et qui est composée d'un rez-de-chaussée commercial et un étage avec une terrasse accessible.

Le RDC contient quatre chambres froides avec un sas afin de stocker de la nourriture.

Le 1^{er} étage est composé de trois logements, grand hall et cage d'escalier. Chaque logement est composé de 2 chambres, un salon, une cuisine, un hall et SDB.

3.3.1 Implantation

Cette habitation intégrée est située dans la Wilaya de Tlemcen zone industrielle de Remchi classée en zone climatique B et groupe de communes 3, (selon le document technique réglementaire D.T.R.C 3-2).

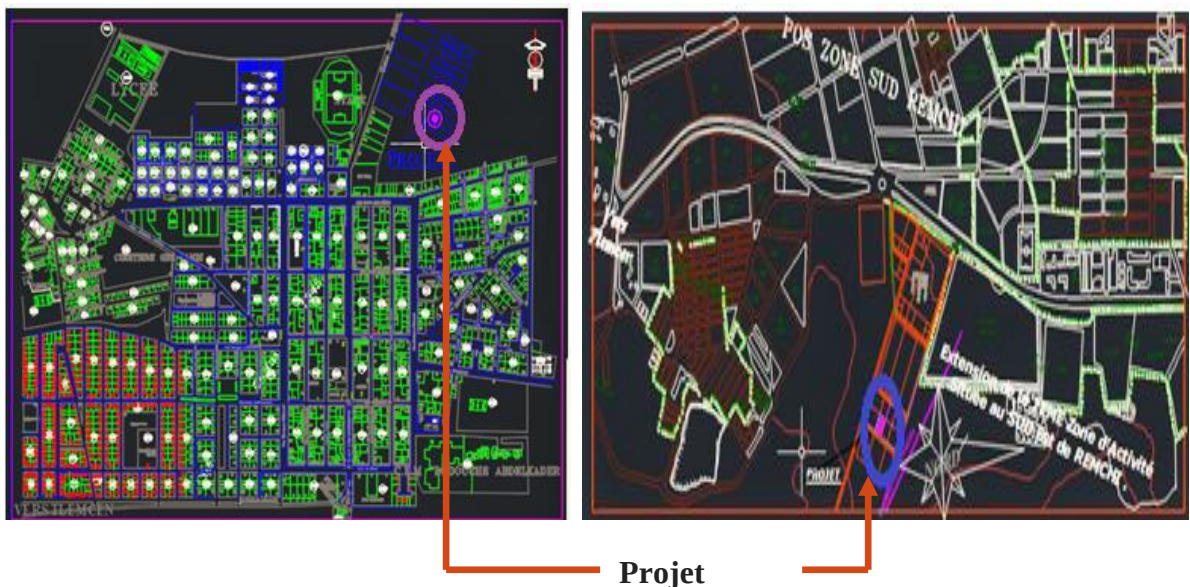


Figure II.1 : Plan de situation et plan de masse

3.3.2 Les Caractéristiques géométriques

Une hauteur totale de 7,5 m

Une hauteur de RDC 3,6 m

Une hauteur de 1er étage 3,5 m

Une longueur de 35,30 m

Une largeur de 16,20 m

La superficie totales de structure est de 571,86 m² .

La superficie de l'enveloppe (locale chauffée) est de 463,50 m² .



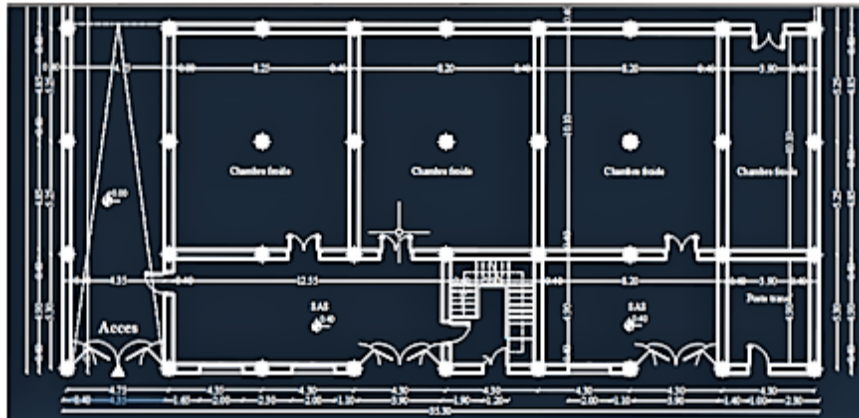


Figure II.2 : Plan de RDC de bâtiment

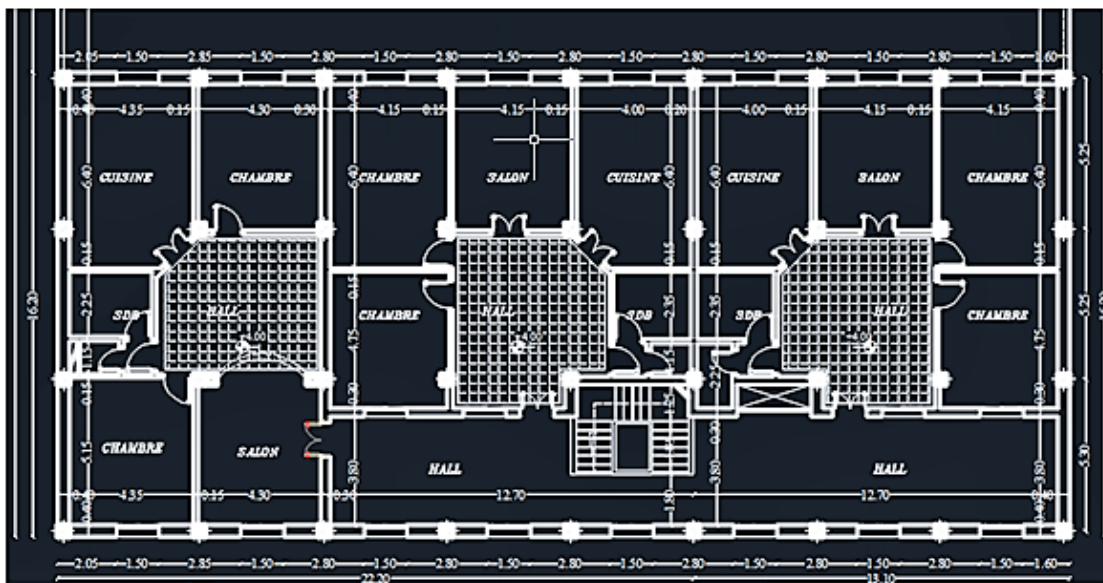


Figure II.3 : Plan de 1^{er} étage de bâtiment



Figure II.4 : Vue de façade de la Maison

3.3.3 Les données techniques du bâtiment

Les données techniques de 1^{er} étage sont présentées ci-dessous :

Localisation	Altitude	Latitude	Zone Thermique Hiver	Zone Thermique Eté
Remchi	213	35,05	B (Annexe 1 DTR)	B(Annexe 1 DTR)

Tableau II .1: Les données techniques de l'enveloppe de 1^{er} étage

Volume Brut	Volume Net	Usage		
2001.51 m ³	1622,25 m ³	Habitation	Logements collectifs	Confort Normal

Tableau II .2: Les données techniques de l'enveloppe de la maison

Temps de fonctionnement (Climatisation)	Temps interne Hiver	Temps interne Eté
12 H	21°	27°

Tableau II .3: Les données des températures du l'enveloppe

3.3.4 Description de la structure

Cette maison à deux façades, une principale, là où se trouve l'entrée principale, et l'autre façade latérale.

Les murs utilisés dans l'enveloppe sont un seul type, en brique de 40 cm (brique extérieure 20 cm , brique intérieure 15 cm et l'âme d'air de 5cm) et des murs cloison de 30 cm, 20 cm et 15 cm .

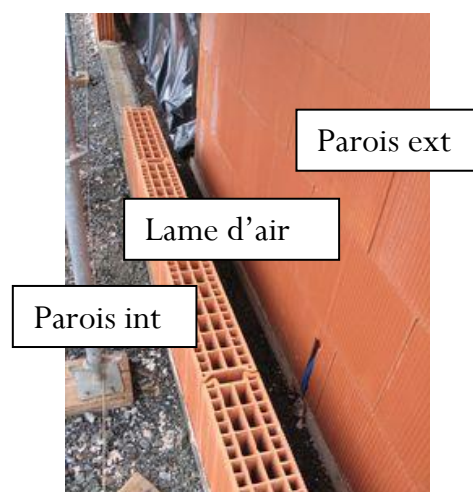


Figure II.5 : Mur double parois en brique avec une lame d'air

3.4 Déperdition surfaciques par transmission à travers les parois:

Pour calculer les déperditions surfaciques par transmission à travers les parois on calcule d'abord la Résistance thermique R et conductivité thermique λ pour tous les parois et on utilise les formules suivante : $D_s = \sum A_i U_i$

Avec $U_i = K_i = \frac{1}{R}$ U_i est le coefficient de transmission thermique de la paroi

A_i est la surface de paroi

Remarque : $R = E_p / \lambda$ et R de brique est une donner suivant la fiche technique

❖ Mur en Maçonnerie 40 Cm

Matériaux	E_p (m)	λ (w/m.c°)	R (m².c°/w)
Brique Ex	0,2	0,51	0,39
Brique In	0,15	0,39	0,38
Enduit Ex	0,015	1,4	0,011
Enduit In	0,015	1,4	0,011
Lame d'aire	0,05	/	0,16

Tableau II .4: Les caractéristiques du mur en maçonnerie 40 cm

L'épaisseur totale : $E_p = 0,43$ m , La résistance totale de mur : $R_T = 0,951$ m².c°/w

❖ Mur en Maçonnerie 35 Cm

Matériaux	E_p (m)	λ (w/m.c°)	R (m².c°/w)
Brique Ex	0,15	0,39	0,38
Brique In	0,15	0,39	0,38
Enduit Ex	0,015	1,4	0,011
Enduit In	0,015	1,4	0,011
Lame d'aire	0,05	/	0,16

Tableau II .5: Les caractéristiques du mur en maçonnerie 35 cm

L'épaisseur totale : $E_p = 0,38$ m , La résistance totale de mur : $R_T = 0,941$ m².c°/w

❖ **Mur en Maçonnerie 30 Cm**

Matériaux	Ep (m)	λ (w/m.c°)	R (m².c°/w)
Brique Ex	0,15	0,39	0,38
Brique In	0,1	0,39	0,26
Enduit Ex	0,015	1,4	0,011
Enduit In	0,015	1,4	0,011
Lame d'aire	0,05	/	0,16

Tableau II .6: Les caractéristiques du mur en maçonnerie 30 cm

L'épaisseur totale : $E_p = 0,33$ m , La résistance totale de mur : $R_T = 0,821$ m².c°/w

❖ **Mur en Maçonnerie 25 Cm**

Matériaux	Ep (m)	λ (w/m.c°)	R (m².c°/w)
Brique Ex	0,1	0,39	0,26
Brique In	0,1	0,39	0,26
Enduit Ex	0,015	1,4	0,011
Enduit In	0,015	1,4	0,011
Lame d'aire	0,05	/	0,16

Tableau II .7: Les caractéristiques du mur en maçonnerie 25 cm

L'épaisseur totale : $E_p = 0,28$ m , La résistance totale de mur : $R_T = 0,701$ m².c°/w

❖ **Mur en Maçonnerie 20 Cm**

Matériaux	Ep (m)	λ (w/m.c°)	R (m².c°/w)
Brique Ex	0,2	0,51	0,39
Enduit Ex	0,015	0,015	0,011
Enduit In	0,015	0,015	0,011

Tableau II .8: Les caractéristiques du mur en maçonnerie 20 cm

L'épaisseur totale : $E_p = 0,23$ m

La résistance totale de mur : $R_T = 0,411$ m².c°/w

❖ **Mur en Maçonnerie 15 Cm**

Matériaux	Ep (m)	λ (w/m.c°)	R (m².c°/w)
Brique Ex	0,15	0.39	0,38
Enduit Ex	0,015	1,4	0,015
Enduit In	0,015	1,4	0,015

Tableau II .9: Les caractéristiques du mur en maçonnerie 15 cm

L'épaisseur totale : $E_p = 0,18\text{m}$

La résistance totale de mur : $R_T = 0,401 \text{ m}^2.\text{c}^\circ/\text{w}$

❖ **Mur en Maçonnerie 10 Cm**

Matériaux	Ep (m)	λ (w/m.c°)	R (m².c°/w)
Brique Ex	0,1	0,39	0,26
Enduit Ex	0,015	1,4	0,011
Enduit In	0,015	1,4	0,011

Tableau II .10: Les caractéristiques du mur en maçonnerie 10 cm

L'épaisseur totale : $E_p = 0,13\text{m}$

La résistance totale de mur : $R_T = 0,281 \text{ m}^2.\text{c}^\circ/\text{w}$

❖ **Plancher 1^{er} étage**

Matériaux	Ep (m)	λ (w/m.c°)	R (m².c°/w)
Béton (DF)	0,05	1,75	0,03
Lourdis	0,16	/	0,14
Enduit	0,015	1,4	0,01

Tableau II .11: Les caractéristiques du Plancher 1^{er} étage en corp creux

L'épaisseur totale : $E_p = 0,225\text{m}$

La résistance totale de Plancher 1er étage : $R_T = 0,18 \text{ m}^2.\text{c}^\circ/\text{w}$

❖ **Plancher RDC**

Matériaux	Ep (m)	λ (w/m.c°)	R (m².c°/w)
Enduit	0,015	1,4	0,01
Lourdis	0,16	/	0,14
Béton (DF)	0,05	1,75	0,03
Mortier ciment	0,015	1,4	0,01
Rev (granito)	0,04	2,1	0,02

Tableau II .12: Les caractéristiques du Plancher RDC en corp creux

L'épaisseur totale : $E_p = 0,295\text{m}$

La résistance totale de Plancher RDC : $R_T = 0,22 \text{ m}^2.\text{c}^\circ/\text{w}$

3.4.1 Le coefficient de transmission surfacique (U)

$U_i = K_i = \frac{1}{R}$: est le coefficient de transmission thermique de la paroi i de l'enveloppe du

bâtiment et Suivant DTR on a

$$\left\{ \begin{array}{l} R: \text{résistance thermique} \\ K = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} + R_i} \\ R_i = \frac{e}{\lambda} \\ R(\text{paroi}) = \frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} + R_i \\ U_i = \frac{1}{R(\text{paroi})} \end{array} \right.$$

3.4.1.1 Le coefficient de transmission des murs

Ce schéma représente le contact des parois entre l'enveloppe extérieure et intérieure et local non chauffé.

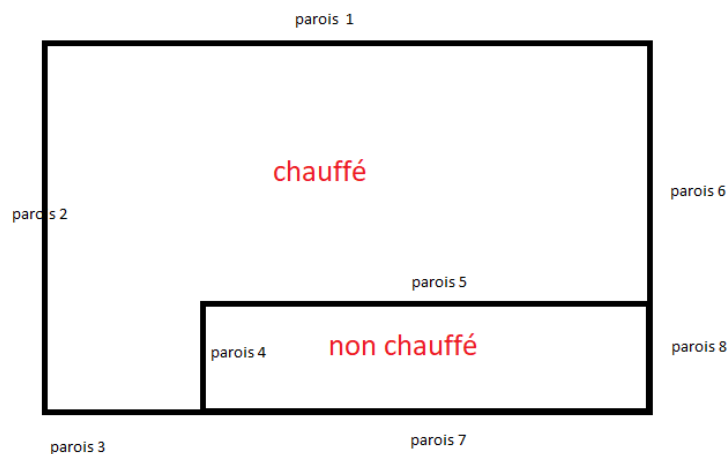


Figure II.6 : Numérotation des parois de l'enveloppe

❖ Les murs (40 cm)

Parois en contact avec l'extérieur, $\theta > 60^\circ$

	$1/h_i$	$1/h_e$	$1/h_i + 1/h_e$	$R_i = e/\lambda$	$R(\text{parois})$	$U_i = K_i = 1/R$
Parois (40)	0,11	0,06	0,17	0,951	1,121	0,892

Tableau II .13: Le coefficient de transmission pour un mur 40 cm

❖ Les murs (30 cm)

Parois en contact avec un local non chauffé, $\theta > 60^\circ$

	$1/h_i$	$1/h_e$	$1/h_i + 1/h_e$	$R_i = e/\lambda$	$R(\text{parois})$	$U_i = K_i = 1/R$
Parois (30)	0,11	0,11	0,22	0,821	1,041	0,960

Tableau II .14: Le coefficient de transmission pour un mur 30 cm

❖ **Les murs (20 cm)**

Parois en contact avec un local non chauffé, $\theta > 60^\circ$

	1/hi	1/he	1/hi+1/he	Ri = e/ λ	R (parois)	Ui = Ki =1/R
Parois (20)	0,11	0,11	0,22	0,411	0,631	1,584

Tableau II .15: Le coefficient de transmission pour un mur 20 cm

❖ **Les murs (15 cm)**

Parois en contact avec un local non chauffé, $\theta > 60^\circ$

	1/hi	1/he	1/hi+1/he	Ri = e/ λ	R (parois)	Ui = Ki =1/R
Parois (15)	0,11	0,11	0,22	0,401	0,621	1,609

Tableau II .16: Le coefficient de transmission pour un mur 15 cm.

3.4.1.2 Le coefficient de transmission des planchers

❖ **Plancher haut**

Parois en contact avec l'extérieur, $\theta < 60^\circ$

	1/hi	1/he	1/hi+1/he	Ri = e/ λ	R (parois)	Ui = Ki =1/R
plancher	0,17	0,05	0,22	0,18	0,399	2,504

Tableau II .17: Le coefficient de transmission pour le plancher haut

❖ **Plancher bas**

Parois en contact avec un local non chauffé, $\theta < 60^\circ$

	1/hi	1/he	1/hi+1/he	Ri = e/ λ	R (parois)	Ui = Ki =1/R
plancher	0,17	0,17	0,34	0,22	0,56	1,786

Tableau II .18: Le coefficient de transmission pour le plancher bas

3.4.2 Le coefficient et la déperdition de transmission surfacique des parois

La surface de paroi= (Longueur × Hauteur)-(la somme des surfaces des ouvertures)

Ai Ui = La surface de paroi × Le coefficient de transmission

❖ Les dimensions des ouvertures

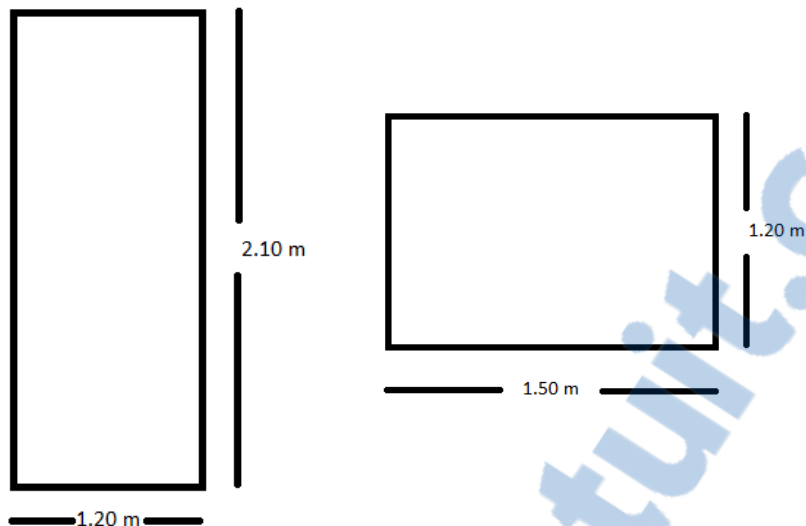


Figure II.7 : Les dimensions des ouvertures

❖ Les surfaces des ouvertures des parois

Paroi	N ouverture	Surface	Surface T
Paroi 1	8	1.8	14.4
Paroi 2	/	/	/
Paroi 3	2	1.8	3.6
Paroi 4	1	2.52	2.52
Paroi 5 (fen)	4	1.8	7.2
Paroi 5 (port)	2	2.52	5.04
Paroi 6	/	/	/
Paroi 7	6	1.8	10.8
Paroi 8	/	/	/

Tableau II .19: Les surfaces des ouvertures des parois

❖ Parois 1

	Longueur (m)	Epaisseur (m)	Hauteur (m)	$U_i = K_i$ ($w/m^2.c^\circ$)	Surface (m)	$A_i U_i$ (w/c°)
Mur (40)	35,30	0,43	3,50	0,892	109,15	97,36

Tableau II .20: Le coefficient de transmission surfacique pour Parois 1

❖ **Parois 2**

	Longueur (m)	Epaisseur (m)	Hauteur (m)	$U_i = K_i$ (w/m ² .c°)	Surface (m)	$A_i U_i$ (w/c°)
Mur (40)	16,20	0,43	3,50	0,892	56,70	50,57

Tableau II .21: Le coefficient de transmission surfacique pour Parois 2

❖ **Parois 3**

	Longueur (m)	Epaisseur (m)	Hauteur (m)	$U_i = K_i$ (w/m ² .c°)	Surface (m)	$A_i U_i$ (w/c°)
Parois (40) 3	9,50	0,43	3,50	0,892	29,65	26,44

Tableau II .22: Le coefficient de transmission surfacique pour Parois 3

❖ **Parois 4**

	Longueur (m)	Epaisseur (m)	Hauteur (m)	$U_i = K_i$ (w/m ² .c°)	Surface (m)	$A_i U_i$ (w/c°)
Parois (30) 4	4,50	0,33	3,50	0,960	13,23	12,70

Tableau II .23: Le coefficient de transmission surfacique pour Parois 4

❖ **Parois 5**

	Longueur (m)	Epaisseur (m)	Hauteur (m)	$U_i = K_i$ (w/m ² .c°)	Surface (m)	$A_i U_i$ (w/c°)
Parois (30) 5	31,70	0,33	3,50	0,960	98,71	94,76

Tableau II .24: Le coefficient de transmission surfacique pour Parois 5

❖ **Parois 6**

	Longueur (m)	Epaisseur (m)	Hauteur (m)	$U_i = K_i$ (w/m ² .c°)	Surface (m)	$A_i U_i$ (w/c°)
Parois (40) 6	12,00	0,43	3,50	0,892	42,00	37,46

Tableau II .25: Le coefficient de transmission surfacique pour Parois 6

❖ Plancher haut

La surface de plancher Haut = Longueur × Largeur

	Longueur (m)	Epaisseur (m)	Largeur (m)	Ui =Ki (w/m².c°)	Surface (m)	Ai Ui (w/c°)
Parois PH	35,30	0,225	16,20	2,504	463,5	1160,82

Tableau II .28: Le coefficient de transmission surfacique pour Plancher haut

❖ Plancher bas

La surface de plancher Bas = Longueur × Largeur

	Longueur (m)	Epaisseur (m)	Largeur (m)	Ui =Ki (w/m².c°)	Surface (m)	Ai Ui (w/c°)
Parois PB	35,30	0,265	16,20	1,786	463,5	828,03

Tableau II .29: Le coefficient de transmission surfacique pour Plancher bas

3.4.3 Le coefficient et la déperdition de transmission surfacique des ouvertures

❖ Parois 1

Parois 1 ne contient que des fenêtres

$$1/K=1/K_{vn} + r_v + r_{rid} + r_{occ}$$

$$\left. \begin{array}{l} K_{vn}=5 \\ r_v=0,025 \\ r_{rid}=0 \\ r_{occ}=0 \end{array} \right\} \text{d'après le DTR}$$

	Longueur (m)	Largeur (m)	Nombre	surface (m²)	K=1/ ((1/kvn+rv+r rid+rocc)				K (w/m².c)	Ai Ui (w/c°)
					Kvn	r v	r rid	rocc		
Parois (40) 1	1,50	1,20	8,00	14,40	5,00	0,025	0,00	0,00	4,44	64,00

Tableau II .30: Le coefficient de transmission surfacique des ouvertures pour parois 1

❖ Parois 2

La paroi 2 ne contient pas des ouvertures



❖ Parois 3

Parois 3 ne contient que des fenêtres

	Longueur (m)	Largeur (m)	Nombre	surface (m ²)	K=1/((1/kvn+rv+rrid+rocc)				K (w/m ² .c)	Ai Ui (w/c°)
					Kvn	r v	r rid	rocc		
Parois (40) 3	1,50	1,20	2,00	3,60	5,00	0,025	0,00	0,00	4,44	16

Tableau II.31: Le coefficient de transmission surfacique des ouvertures pour parois 3

❖ Parois 4

Parois 4 contient 1 seule porte

	Longueur (m)	Largeur (m)	Nombre	surface (m ²)	K (w/m ² .c)	Ai Ui (w/c°)
Parois (30) 4	2,10	1,20	1,00	2,52	2,00	5,04

Tableau II .32: Le coefficient de transmission surfacique des ouvertures pour parois 4

❖ Parois 5

Parois 5 contient des fenêtres et des portes

	Longueur (m)	Largeur (m)	Nombre	surface (m ²)	K=1/ ((1/kvn+rv+rrid+rocc)				K (w/m ² .c)	Ai Ui (w/c)
					Kvn	r v	r rid	rocc		
fenêtre	1,50	1,20	4,00	7,20	5,00	0,025	0,00	0,00	4,44	32,00
Porte	2,10	1,20	2,00	5,04	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	10,00

Tableau II .33: Le coefficient de transmission surfacique des ouvertures pour parois 5

❖ Parois 6

La paroi 6 ne contient pas des ouvertures

3.4.4 Déperdition surfaciques par transmission à travers les parois

$$Ds = \sum Ai Ui$$

Parois 1, 2, 3, 6, PH → au contact avec extérieur

Parois 4, 5, PB → au contact avec un local non chauffé

Nous faisons la somme de déperdition surfacique des parois 1, 2, 3, 6, PH qui est au contact avec extérieur.

$$D_s = A_{i1}(\text{paroi1-ouvertur}) U_{i1} + A_{i \text{ ouvertur1}} U_{i \text{ ouvertur1}} + A_{i2} U_{i2} + A_{i3}(\text{paroi3-ouvertur}) U_{i3} + A_{i \text{ ouvertur3}} U_{i \text{ ouvertur3}} + A_{i6} U_{i6} + A_{i \text{ pla}} U_{i \text{ pla}}$$

$$D_s = (97,33 + 64,00) + (50,56) + (26,44 + 16,00) + (37,45) + (1160,82)$$

$$D_s = 1452,606 \text{ w/c}^\circ$$

3.5 Déperdition à travers les ponts thermique

Les déperditions à travers une liaison, ou pont thermique D_{li} , pour une différence de température de 1°C , sont données par la formule :

$$D_{li} = \sum L_k \Psi_k$$

où :
 - Ψ_k (en $\text{W/m}^\circ\text{C}$) représente le coefficient de transmission linéique de la liaison,
 - L_k (en m) représente la longueur intérieure de la liaison.

3.5.1 Les parois p1, p2, p3, p6

3.5.1.1 Entre deux murs extérieurs

❖ Entre deux murs extérieurs (poteau)

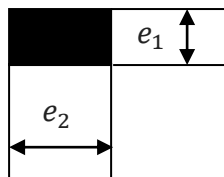


Figure II.8 : Liaison entre deux parois sont à isolation répartie

$$\Psi = 0,45 * e \text{ Avec } e = \frac{e_1 + e_2}{2}$$

Exemple

0,4 : épaisseur moyenne de mur ($e_1 = e_2 = 0,40$)

0,03 : épaisseur de l'enduit

0,05 : épaisseur de l'âme d'air

$$e = (0,4 + 0,03) - 0,05$$

Hauteur (m)	Ep (m)	$\sum L$ (m)	Ψ (w/m.c°)	$\Psi \cdot L$ (w/c°)	N	$\Psi \cdot l$ tot (w/c°)
3,5	0,4	3,5	0,171	0,5985	15	8.9775
3,5	0,35	3,5	0,1485	0,5198	01	0.5198

Tableau II .34: Déperdition à travers les ponts thermique entre deux murs extérieurs (pot)

❖ **Entre deux murs extérieurs (cloison)**

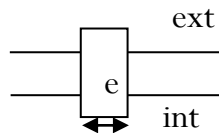


Figure II.9 : Liaison entre une paroi intérieure et une paroi extérieure à isolation répartie

$$\Psi = (0,4 \times (0,15 + 0,03)) / (0,401 + 0,15) \text{ avec } e = 0,15 + 0,03$$

0,15 : épaisseur de paroi

0,03 : épaisseur de l'enduit (ext et int)

Hauteur (m)	Ep (m)	$\sum L$ (m)	Ψ (w/m.c°)	$\Psi \cdot L$ (w/c°)	N	$\Psi \cdot l$ tot (w/c°)
3,5	0,275	3,5	0,131	0,457	02	0,914

Tableau II .35: Déperdition à travers les ponts thermique entre deux murs extérieurs (cloi)

3.5.1.2 Entre murs et plancher

❖ **Entre murs et plancher Haut**

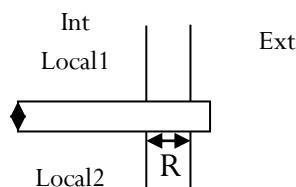


Figure II.10 : Liaison entre mur et plancher à isolation répartie

$$\Psi = \frac{0,4 * e}{R + 0,15} \text{ Avec } e = \frac{e_{murs} + e_{planche}}{2}$$

$$e = (0,4 + 0,225) / 2$$

$$\sum L = (35,3 + 16,2 + 9,5 + 12)$$

Ep (m)	ΣL (m)	Ψ (w/m.c°)	Ψ . L (w/c°)	N	Ψ .l tot (w/c°)
0,31	73	0,27	19,95	01	19,95

Tableau II .36: Déperdition à travers les ponts thermique entre murs et plancher Haut

❖ **Entre murs et plancher bas**

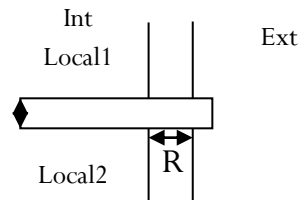


Figure II.11 : Liaison entre mur et plancher à isolation répartie

$$\Psi = \frac{0,4 * e}{R + 0,15} \text{ Avec } e = \frac{e_{murs} + e_{planche}}{2}$$

$$e = (0,4+0,295)/2=0,35$$

Ep (m)	ΣL (m)	Ψ (w/m.c°)	Ψ . L (w/c°)	N	Ψ .l tot (w/c°)
0,35	73,0	0,32	23,296	01	23,296

Tableau II .37: Déperdition à travers les ponts thermique entre murs et plancher bas

3.5.1.3 Les ouvertures

Les parois 1, 2, 3, 6 ne contient que des fenêtres

$$\Psi = \frac{0,9 * e}{1,25 + Rm}$$

$$\Psi = (0,9 \times 0,43)/(1,25+0,951)$$

Longueur (m)	Largeur (m)	Ep (m)	ΣL (m)	Ψ (w/m.c°)	Ψ .L (w/c°)	N	Ψ .l tot (w/c°)
1,5	1,2	0,43	5,4	0,176	0,949	10	9,493

Tableau II .38: Déperdition à travers les ponts thermique des ouvertures

La déperdition à travers les ponts thermique sur les parois p1, p2, p3, p6 est :

$$\sum \Psi l \text{ tot} = 9,493+8,977+0,519+0,914+19,95+23,296$$

$$\sum \Psi l \text{ tot} = 63,153 \text{ w/c}^\circ$$

3.5.2 Les parois p4, p5

3.5.2.1 Entre deux murs extérieurs

❖ Entre deux murs extérieurs (poteau)

$$\Psi = 0,45 \times e$$

$$\Psi = 0,45 \times (((0,4 + 0,3)/2) - 0,05)$$

0,4 : épaisseur de mur

0,3 : épaisseur de l'enduit

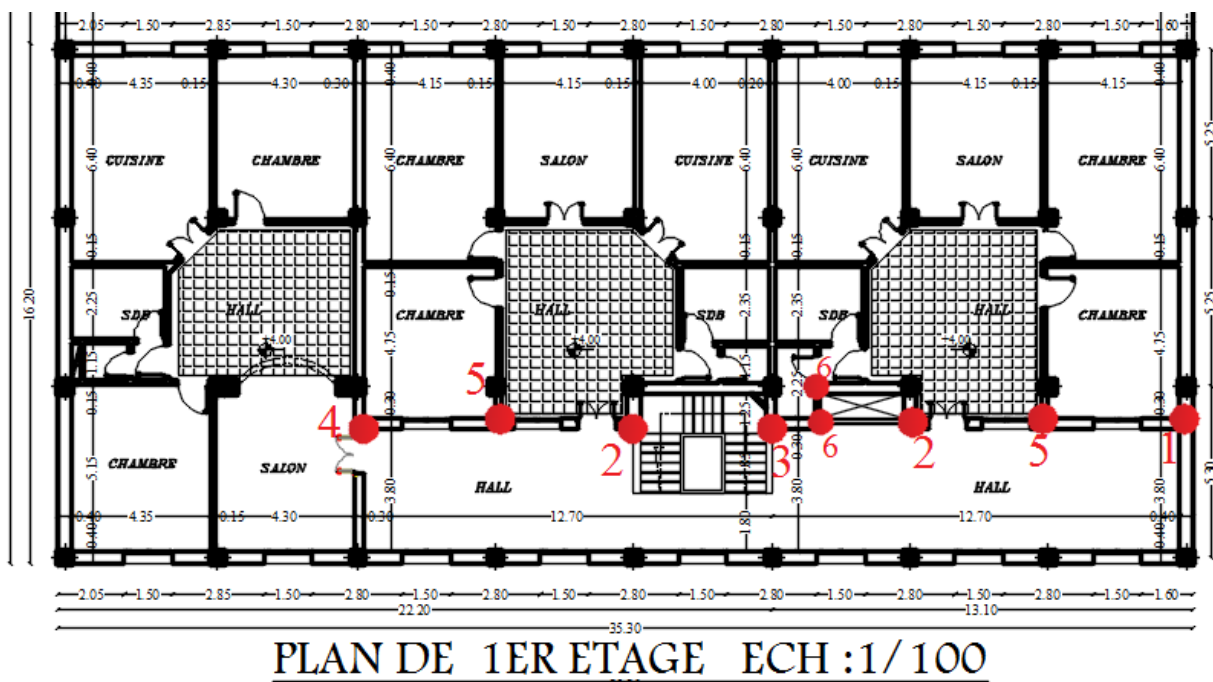
0,05 : épaisseur de l'âme d'air

Hauteur (m)	Ep moyen (m)	ΣL (m)	Ψ (w/m.c°)	$\Psi \cdot L$ (w/c°)	N	$\Psi \cdot l$ tot (w/c°)
3,5	0,35	3,5	0,135	0,47	02	0,945
3,5	0,3	3,5	0,11	0,39	01	0,394

Tableau II .43: Déperdition à travers les ponts thermique entre deux murs extérieurs (pot)

❖ Entre deux murs extérieurs (cloison)

Ce schéma est représente les déferant cas de déperdition à travers les ponts thermique entre deux murs extérieurs



1.1 Figure II.12 : Déperdition à travers les ponts

Cas 1 : $\Psi = 0,4 \times e / (R + 0,15)$

$\Psi = 0,4 \times (0,33 - 0,05) / (0,951 + 0,15)$

Cas 2 : $\Psi = 0,2 \times K \times e$

$\Psi = 0,2 \times ((0,892 + 0,960) / 2) \times (0,38 - 0,05)$

Cas 3 : $\Psi = 0,2 \times K \times e$

$\Psi = 0,2 \times (0,960) \times (0,33 - 0,05)$

Cas 4 : $\Psi = 0,4 \times e / R + 0,15$

$\Psi = (0,4 \times (0,33 - 0,05)) / (0,821 + 0,15)$

Cas 5 : $\Psi = 0,4 \times e / R + 0,15$

$\Psi = 0,4 \times 0,18 / (0,821 + 0,15)$

Cas 6 : $\Psi = 0,2 \times K \times e$

$\Psi = 0,2 \times ((0,960 + 1,609) / 2) \times (((0,33 - 0,05) + 0,18) / 2)$

Cas	Hauteur (m)	Ep moyen (m)	$\sum L$ (m)	Ψ (w/m.c°)	$\Psi \cdot L$ (w/c°)	N	$\Psi \cdot l$ tot (w/c°)
1	3,5	0,35	3,5	0,12	0,404	01	0,404
2	3,5	0,35	3,5	0,061	0,214	02	0,428
3	3,5	0,3	3,5	0,05	0,188	01	0,188
4	3,5	0,3	3,5	0,115	0,404	01	0,404
5	3,5	0,225	3,5	0,131	0,457	02	0,914
6	3,5	0,225	3,5	0,055	0,193	02	0,387

Tableau II .44: Déperdition à travers les ponts thermique entre deux murs extérieurs (cloi)

3.5.2.2 Entre murs et plancher

❖ Entre murs et plancher Haut

$\Psi = 0,4 \times e / R + 0,15$

Ep (m)	$\sum L$ (m)	Ψ (w/m.c°)	$\Psi \cdot L$ (w/c°)	N	$\Psi \cdot l$ tot (w/c°)
0,31	36,2	0,27	9,89	01	9,894

Tableau II.45: Déperdition à travers les ponts thermique entre murs et plancher Haut

❖ Entre murs et plancher Bas

$$\Psi = 0,4 \times e/R + 0,15$$

Ep (m)	$\sum L$ (m)	Ψ (w/m.c°)	$\Psi \cdot L$ (w/c°)	N	$\Psi \cdot l$ tot (w/c°)
0,35	36,2	0,32	11,55	01	11,55

Tableau II .46: Déperdition à travers les ponts thermique entre murs et plancher Bas

3.5.2.3 Les ouvertures

Les parois 4,5 contiennent des fenêtres et des portes

$$\Psi = 0,9 \times e/1,25 + R_m$$

	Longueur (m)	Largeur (m)	Ep (m)	$\sum L$ (m)	Ψ (w/m.c°)	$\Psi \cdot L$ (w/c°)	N	$\Psi \cdot l$ tot (w/c°)
Fen	1,5	1,2	0,3	5,4	0,143	0,774	04	3,097
Port	2,1	1,2	/	5,4	0,143	0,774	03	2,323

Tableau II .48: Déperdition à travers les ponts thermique des ouvertures

La déperdition à travers les ponts thermique sur les parois p4, p5 est :

$$\sum \Psi \cdot l \text{ tot} = 3,097 + 2,323 + 0,945 + 0,394 + 0,404 + 0,428 + 0,188 + 0,404 + 0,914 + 0,387 + 9,894 + 11,55$$

$$\sum \Psi \cdot l \text{ tot} = 30,929 \text{ w/c}^\circ$$

Déperdition à travers les ponts thermique sur les parois p1,p2,p3,p4, p5 et les plancher:

$$D_{li} = \sum L_k \Psi_k$$

$$D_{li} = 63,153 + 30,929 = 94,081 \text{ w/c}$$

$$D_{li} = 94,081 \text{ w/c}^\circ$$

3.6 Déperdition à travers les parois en contact avec un local non chauffé :

Les déperditions D_{Inc} par transmission par degré d'écart à travers une paroi en contact avec un local non chauffé sont données par la formule suivante :

$$D_{Inc} = \tau [\sum (K \times A) + \sum (k_l \times L)] [W/^\circ C] \quad (6.1)$$

où : - K (en W/m².°C) est le coefficient de transmission surfacique de chaque partie

- A (en m²) est la surface intérieure de chaque partie surfacique ;

- k_l (en W/m.°C) est le coefficient de transmission linéique de chaque liaison

- L (en m) est la longueur intérieure de chaque liaison ;
- Tau est le coefficient de réduction de température ;

3.6.1 Les parois p4, p5 :

$$D_{\text{Inc}} = \text{Tau} \times [\sum (K \times A) + \sum (k_i \times L)]$$

Nous avons fait les calculs précédemment

$$\text{Parois 4 (30)} = (5,04 + 12,70) = 17,74 \text{ w/c}^\circ$$

$$\text{Parois 5 (30)} = 94,78 + (32 + 10,08) = 136,86 \text{ w/c}^\circ$$

$$\sum (K \times A) = 17,74 + 136,86$$

$$\sum (K \times A) = 154,61 \text{ w/c}^\circ$$

$$\sum (k_i \times L) = 3,097 + 2,323 + 0,945 + 0,394 + 0,404 + 0,428 + 0,188 + 0,404 + 0,914 + 9,894 = 19,376 \text{ w/c}^\circ$$

$$\text{Tau} = (T_i - T_n) / (T_i - T_e)$$

$$T_i = 21^\circ$$

$$T_n = 8^\circ \text{ (mesurer par thermomètre)}$$

$$T_e = 2^\circ$$

$$\text{Tau} = (21 - 8) / (21 - 2)$$

$$\text{Tau} = 0,68$$

$$D_{\text{Inc}} = 0,68 \times (154,61 + 19,38)$$

$$D_{\text{Inc}} = 0,68 \times 173,98$$

$$D_{\text{Inc}} \mathbf{119,041 \text{ w/c}^\circ}$$

Rapport-gratuit.com 
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

3.6.2 Les parois PB

$$D_{\text{Inc}} = \text{Tau} \times [\sum (K \times A) + \sum (k_i \times L)]$$

Nous avons fait les calculs précédemment

$$(K \times A) = 828,03$$

$$\sum (k_i \times L) = 11,02 \text{ w/c}^\circ$$

$$\text{Tau} = (T_i - T_n) / (T_i - T_e)$$

$$T_i = 21^{\circ}$$

$$T_n = 5^{\circ} \text{ (mesurer par thermomètre)}$$

$$T_e = 2^{\circ}$$

$$\tau = (21-5) / (21-2)$$

$$\tau = 0.84$$

$$D_{inc} = 0.84 \times (828.03 + 11.55)$$

$$D_{inc} = 0.84 \times 839.55$$

$$D_{inc} = 707,017 \text{ w/c}^{\circ}$$

$$D_{inc \text{ Total}} = 826,058 \text{ w/c}^{\circ}$$

3.7 Déperdition à travers les parois en contact avec le sol

Les déperditions D_{sol} données par la formule :

$$D_{sol} = K \times A \text{ [W/}^{\circ}\text{C]}$$

où : - K (en $\text{W/m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$) représente le coefficient K du plancher haut enterré,

- A (en m^2) représente la surface intérieure du plancher.

On n'a pas une paroi en contact avec le sol

$$D_{sol} = 0$$

3.8 Les déperditions par transmission de volume

$$D_T = D_s + D_{li} + D_{inc} + D_{sol}$$

$$D_T = 1452,51 + 94,081 + 826,058 + 0$$

$$D_T = 2372,746 \text{ w/c}^{\circ}$$

3.9 Déperditions de référence et vérification

Les déperditions par transmission (D_T) doivent vérifier :

$$D_T < 1.05 \times D_{réf}$$

3.9.1 Déperditions de référence

$$D_{\text{réf}} = a \times S_1 + b \times S_2 + c \times S_3 + d \times S_4 + e \times S_5$$

On a : Logement en immeuble collectif: Zone : B

Donc :

$$\left. \begin{array}{l} a = 0.9 \\ b = 2.4 \\ c = 1.2 \\ d = 3.5 \\ e = 4.5 \end{array} \right\} \text{ suivant le DTR}$$

Les (S_i) représentent les surfaces des parois en contact avec l'extérieur, un comble, un vide sanitaire, un local non chauffé ou le sol

S_1 = La surface de la toiture

$$S_1 = (35,3 \times 16,2) - (4,2 \times 25,8) = 463,5 \text{ m}^2$$

S_2 = La surface de plancher bas

$$S_2 = (35,3 \times 16,2) - (4,2 \times 25,8) = 463,5 \text{ m}^2$$

S_3 = La surface des murs

$$S_3 = 109.15 + 56.70 + 29.65 + 13.23 + 98.71 + 42 = 349,44 \text{ m}^2$$

S_4 = La surface des portes

$$S_4 = 2.52 + 5.04 = 7.56 \text{ m}^2$$

S_5 = La surface de fenêtres

$$S_5 = 14.40 + 3.6 + 7.2 = 25,20 \text{ m}^2$$

$$D_{\text{réf}} = (0.9 \times 463,5) + (2.4 \times 463,5) + (1.2 \times 349,44) + (3.5 \times 7.56) + (4.5 \times 25,20)$$

$D_{\text{réf}} = 2088,738 \text{ w/c}^\circ$

$$1.05 \times D_{\text{réf}} = 2193,174 \text{ w/c}^\circ$$

3.10 La vérification

Si : $D_T < 1.05 \times D_{réf}$ $\longrightarrow$ Le bâtiment est confort

Si : $D_T > 1.05 \times D_{réf}$ $\longrightarrow$ Le bâtiment n'est pas confort

A partir les calcules et les résultats, on a trouvé :

$$2372,746 > 2193,738$$

$D_T > 1,05 D_{réf}$

$\longrightarrow$ Donc Le bâtiment n'est pas confort

3.10.1 Déperdition par renouvellement d'air

Les Déperdition par renouvellement d'air d'un volume i (D_R) i sont données par :

$$D_R = 0,34 \times (Q_v + Q_s)$$

0,34 : la chaleur volumique de l'air ($Wh/m^3 \cdot ^\circ C$)

Q_v : le débit spécifique de ventilation (m^3/h)

Q_s : le débit supplémentaire par infiltration dues au vent (m^3/h)

Le débit spécifique de ventilation

$$Q_v = \text{Max} [0,6 \times V_h; Q_{réf}] \quad (m^3/h)$$

$Q_{réf}$: le débit extrait de référence

$Q_{réf}$ est donnée par la formule : $Q_{réf} = ((5 Q_{vmin}) + Q_{vmax}) / 6 \quad (m^3/h)$

Q_{vmin} : le débit minimal extrait de référence (m^3/h)

Q_{vmax} : le débit extrait maximal de référence (m^3/h)

Pour chaque logement :

Nombre de pièces principales: **9** $\longrightarrow$ $Q_{vmin} = 150 m^3/h$

Q_{vmax} : Cuisine =105	}	$Q_{vmax} = 150 m^3/h$
SDB=30		
Cabinet d'aisance=15		

$$Q_{réf} = ((5 \times 150) + 150) / 6$$

$$Q_{réf} = 150 m^3/h$$

Le volume de l'habitat V_h

$$V_h = ((35,3 \times 16,2) - (4,2 \times 25,8)) \times 3,5$$

$$V_h = 1622,25 \text{ m}^3$$

$$0,6 \times V_h = 973,35 \text{ m}^3/\text{h}$$

Donc :

$$Q_v = \text{Max} [973,35; 150]$$

$$Q_v = 973,35 \text{ m}^3/\text{h}$$

3.10.2 Le débit supplémentaire par infiltration dues au vent

$$Q_s = \sum (P_{pi} \times e_{vi})$$

P_{pi} : la perméabilité a l'air de la paroi i (m^3/h)

e_{vi} : le coefficient d'exposition au vent affecté de la paroi i

❖ La perméabilité à l'air de la paroi

La perméabilité à l'air de la paroi est donnée par la formule :

$$P_{pi} = \sum (P_{oj} \times A_j)$$

P_{oj} : la perméabilité surfacique a l'air de l'ouvrant ($\text{m}^3/\text{h.m}^2$)

A_j : la surface de l'ouvrant (m^2)

D'après le DTR :

$P_o = 4 \longrightarrow$ la fenêtre

$P_o = 6 \longrightarrow$ la porte

Les surfaces des fenêtres

$$A_{fen} = 36 \text{ m}^2$$

Les surfaces des portes

$$A_{port} = 7.56 \text{ m}^2$$

$$P_{pi} = 4 \times 36 = 144 \text{ (m}^3/\text{h)}$$

$$P_{pi} = 6 \times 7.56 = 45.36 \text{ (m}^3/\text{h)}$$

❖ Le coefficient d'exposition au vent affecté de la paroi

Zone industrielle $\longrightarrow$ IV (class de rugosité)

On a : $H < 4 \text{ m}$

Donc : $e_{vi} = 1.47$

$$Q_s = (114 \times 1.47) + (45.36 \times 1.47)$$

$$Q_s = 234.25 \text{ m}^3/\text{h}$$

Les Déperdition par renouvellement d'air d'un volume

$$D_R = 0,34 \times (Q_v + Q_s)$$

$$D_R = 0,34 \times (973,35 + 234.25)$$

$$D_R = 410,584 \text{ w/c}^\circ$$

3.11 Déperdition total du volume

Déperdition total (D_i) est donnée par :

$$D_i = (D_T)_i + (D_R)_i$$

$$D_i = 2372,746 + 410,584$$

$$D_i = 2783,33 \text{ w/c}^\circ$$

3.12 Déperdition de base totale

Déperdition de base total (D_B) est donnée par :

$$D_B = D_i \times (t_{bi} - t_{be})$$

$$D_B = 2783,33 \times (21 - 2)$$

$$D_B = 52883,27 \text{ w}$$

3.13 La puissance de chauffage installé

Dans les calculs précédents, nous avons trouvé que les logements ne sont pas confort, donc, notre bâtiment a besoin d'une puissance de chauffage très grande, cela conduit à une grande consommation d'énergie.

➤ Valeur minimale

La puissance totale de chauffage installé pour un logement ne doit pas être inférieure aux bases (du même logement).

La puissance de chauffage Q nécessaire pour un logement est donnée par la formule :

$$Q = [t_{bi}-t_{be}] \times [(1+\text{Max}(c_r; c_{in})) \times D_T] + [(1+c_r) \times D_R]$$

On a : $t_{bi} = 21^\circ$ et $t_{be} = 2^\circ$

Le coefficient **Cin** ;

On entend par construction de classe d'inertie forte $\longrightarrow$ Les constructions dans lesquelles la structure porteuse est constituée de poteaux/poutres en béton armé ou de voiles, ou les planchers sont soit des planchers l'ourdis, soit des dalles pleines, et dans lesquelles l'enveloppe est réalisée en maçonnerie.

Donc :

$$C_{in} = 0,20$$

Le coefficient **Cr** ;

Les installations de type "chauffage central" dont le réseau de tuyauteries n'est pas calorifugé



$$C_r = 0,20$$

La puissance de chauffage installé

$$Q = (21-2) \times ((1+0,2) \times 2341,369) + ((1+0,2) \times 410,584)$$

$Q = 53875,914 \text{ w}$

3.14 Calcul du Bilan par la méthode Ubat

Le Ubât, coefficient de transmission moyen de l'enveloppe, était calculé et utilisé dans les réglementations thermiques pour la construction de 2005 et 2000 : RT 2005 et RT 2000

Cette méthode de calcul complète est préconisée par le centre d'études et de formation du génie climatique. Il faudra d'abord calculer la valeur de Dp qui est le coefficient de déperditions du bâtiment (W/K).

$$\text{Déperditions} = D_p \times (21 - T_{\text{ext de base}})$$

$$D_p = U_{\text{bat}} \times S_{\text{dep}} + R \times V_h$$

Le coefficient Ubât se calcule d'après la formule suivante :

$$U_{\text{bat}} = D_t / A_t$$

Dt : est le coefficient de déperdition par transmission entre le volume chauffé d'une part et l'extérieur, le sol et les locaux non chauffés d'autre part.

At : est la surface intérieure totale des parois qui séparent le volume chauffé de l'extérieur, du sol et des locaux non chauffés, en m²

Vt : chauffés, en m³

Lt : Linie totale des ponts thermiques

On a déjà calculer Dt qui égale à 2372,746 w /c°

At =1243,68 m²

Ubat =1.90 w/°c.m²

S dep= la somme des surface des parois de la structure 1486,35

R =0,2 VMC autoréglable

Vh =571,86×3,5=2001,51 m³

Donc :Dp = U bat × S dep + R × Vh

Dp= (1,9×1486,35)+(0,2×2001,51)=2824,06+400,30=3224,36 w/°c

Déperditions = Dp× (21-T ext de base) =3224,36×19

Déperditions= 61262,878 w/°c

Cette déperdition représente la quantité de déperdition de base qui s'influence directement sur la différence de température du confort et l'extérieur. Sachant que la valeur du coefficient UBAT est variable suivant le cas d'isolation de la structure.

3.15 Conclusion

Les pertes de chaleur ou les déperditions de chaleur qui se produisent dans une maison sont donc plus souvent dues à une mauvaise isolation thermique et ce si nécessite un renforcement du système d'isolation. Son impact sur la consommation d'énergie sera beaucoup plus important que celui de la performance des équipements de chauffage.

Donc après les calculs précédents qui sont traité à partir du DTR c 3.2 on a trouvé que notre bâtiment n'est pas confort en hiver, alors la question est donc de savoir si la maison est confort en été ou non ?

Chapitre III

Calcul des apports calorifiques de bâtiment

4.1 Introduction

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

Le calcul utilisé par le DTR C 3.4 publié par CNERIB est basé sur l'hypothèse que les locaux concernés sont conditionnés (même si ces locaux n'étaient pas prévus). Cette hypothèse est également retenue pour le calcul des apports calorifiques d'un local et pour la détermination de la puissance frigorifique.

4.2 Apports calorifiques (Fascicule 1 DTR C3-4)

4.2.1 Objet du document

Détermination des apports calorifiques des bâtiments.

Vérification de la conformité à la réglementation thermique d'été des bâtiments.

4.2.2 Les bases de calcul des apports thermiques

Les apports thermiques dus aux parois.

Les apports thermiques dus à l'air extérieur.

Les apports thermiques internes.

4.2.3 Les apports calorifiques de bâtiment

Les apports calorifiques sensibles A_s et latents A_l sont donnés par :

$$A_s = A_{PO} + A_V + A_{Is} + A_{INFs} \quad (w)$$

$$A_l = A_{Il} + A_{INF1} \quad (w)$$

➤ L'orientation

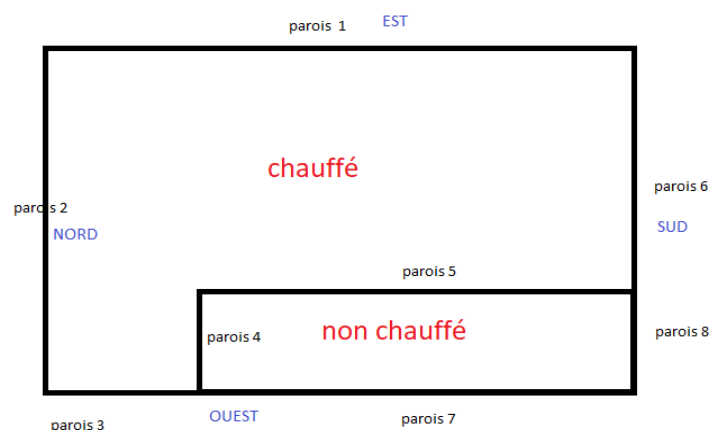


Figure III. 1 : l'orientation des parois

4.2.3.1 Les apports calorifiques sensibles A_s

$$A_s = APO + AV + AIs + AINFs$$

4.2.3.1.1 Les apports de chaleur à travers une paroi opaque APO

Les apports de chaleur à travers une paroi opaque à un instant t , $APO(t)$, sont donnés par la formule suivante :

$$APO(t)_T = APO_{(EST)} + APO_{(Horizontale)} + APO_{(OUEST)} + APO_{(NORD)}$$

$$APO(t) = 1,2 \times K_{été} \times S_{int} \times \Delta t_{e(t)}$$

$$APO_{(EST)} = 1,2 \times K_{été} \times S_{int} \times \Delta t_{e(EST)}$$

EST $\longrightarrow$ Paroi 1 ($e = 40$ cm)

$$1/K_{été} = \sum R + 1/h_e + 1/h_i$$

$\Theta > 60^\circ$ et la paroi en contact avec extérieur $\rightarrow 1/h_i + 1/h_e = 0,14$

$$1/K_{été} = 1,041 + 0,14 = 1,181$$

$$K_{été} = 0,84 \text{ m}^2 \cdot \text{C}^\circ / \text{w}$$

S_{int} : est la surface intérieure totale de la paroi considérée (en m^2)

S_{int} = la somme des surfaces des parois aériennes - la somme des ouvertures

$$S_{int} = (35,3 \times 3,5) - (14,4)$$

$$S_{int} = 109,15 \text{ m}^2$$

La différence de température équivalente $\Delta t_{e(t)}$ est donnée par:

$$\Delta t_{e(t)} = \Delta t_{e(t)} \text{ ensoleillée totale} + \Delta t_{e(t)} \text{ à l'ombre}$$

$$\Delta t_{e(t)} = \Delta t_{es(t)} + C_{\Delta t_{e}} + \alpha / 0,9 \times [\Delta t_{em(t)} - \Delta t_{es(t)}] \times I_{t,b} / I_{t,b(40)}$$

$\Delta t_{es(t)}$: la différence de température équivalente à l'heure t en considérant que la paroi est à l'ombre.

$\Delta t_{em(t)}$: la différence de température équivalente à l'heure t pour l'orientation de la paroi considérée ensoleillée.

❖ Les parois ensoleillées

Lever du soleil de 6 h jusqu'à 20 h et les parois ensoleillées sont :

De 6h à 12h c'est la Paroi 1 (EST) $\rightarrow$ paroi ensoleillée (6 h)

De 12h à 20h c'est la Paroi 3 et 7 (OUEST) $\rightarrow$ parois ensoleillées (8 h)

De 6h à 20h c'est la Paroi planchée haut (Horizontale) $\rightarrow$ paroi ensoleillée (14 h)

La différence de température équivalente est en fonction de la masse surfacique m_{surf} du mur ou de la toiture.

❖ La masse surfacique m_{surf}

Pour les Murs (EST, OUEST, NORD) [27], [28]

Matériaux	Masse volumique (kg/m ³)	Ep (m)	Masse surfacique (kg/m ²)
Enduit ex	2200	0,015	33
Brique ex	/	0,2	175
L'âme d'air	1,292	0,05	0,064
Brique in	/	0,15	130
Enduit in	2200	0,015	33

Tableau III. 1: la masse surfacique m_{surf} du mur

La masse surfacique m_{surf} du mur totale

$$M_{\text{surf}} = 33 + 175 + 0,064 + 130 + 33$$

$$M_{\text{surf}} = 371,064 \text{ kg/m}^2$$

Pour les plancher Haut [29]

$$1 \text{ Kn} = 102 \text{ Kg}$$

$$\text{Masse volumique (Dalle en corps creux)} = 14 \text{ Kn/m}^3 \longrightarrow 14 \times 102 = 1428 \text{ kg/m}^3$$

Matériaux	Masse volumique (kg/m ³)	Ep (m)	Masse surfacique (kg/m ²)
Dalle en corps creux	1428	(16+4)	299,8
Enduit in (ciment)	2200	0,015	33

Tableau III.2: la masse surfacique m_{surf} du plancher Haut

La masse surfacique m_{surf} du plancher Haut totale

$$M_{\text{surf}} = 299,8 + 33$$

$$M_{\text{surf}} = 332,8 \text{ kg/m}^2$$

❖ La valeur $C_{\Delta te}$

ΔT_{Smax} : la température sèche de l'air entre l'extérieur et l'intérieur pour le mois considéré

$$\Delta T_{\text{Smax}} = T_{\text{bse}} - T_{\text{bsi}}$$

Niveau de confort normal	}	(DTR c 3-4)
$T_{\text{bse}} = 38 \text{ c}^\circ$		(chapitre 2- tableau 2.6)
$T_{\text{bsi}} = 27 \text{ c}^\circ$		

$$\Delta T_{Smax} = 38-27$$

$$\Delta T_{Smax} = 11 \text{ c}^\circ$$

E_b : l'écart diurne de base pour le mois considéré

$$E_b = 15 \text{ c}^\circ \longrightarrow (\text{DTR c3-4}) (\text{chapitre 2- tableau 2.1})$$

Donc :

$$\left. \begin{array}{l} \Delta T_{Smax} = 11 \text{ c}^\circ \\ E_b = 15 \text{ c}^\circ \end{array} \right\} (12+10)/2 = 11 \text{ c}^\circ \longrightarrow (-0,1+1,8)/2 = 0,85$$

$$C_{\Delta te} = 0,85 \text{ c}^\circ$$

$I_{t,b}$: le rayonnement total de base pour le mois, la latitude et l'orientation considérés

Latitude = $35,05^\circ$ (valeur intermédiaire) entre latitude 30° et 40°

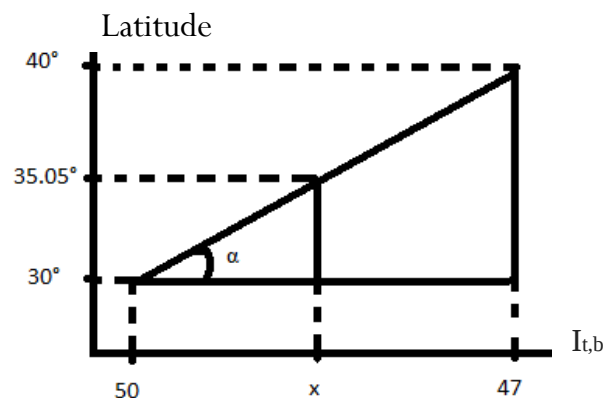


Figure III.2 : rayonnement total de base $I_{t,b}$ de latitude ($35,05^\circ$) moi de juillet Nord (exemple)

Latitude Nord	Mois	ORIENTATION				
		N	E	S	O	Horiz..
30°	Juillet	50	516	94	516	776
	Aout	34	520	198	520	741
	Septembre	28	498	330	498	668
40°	Juillet	47	516	217	516	734
	Aout	34	511	321	511	675
	Septembre	28	470	441	470	577
35.05°	Juillet	50	516	95	516	776
	Aout	34	520	199	520	740
	Septembre	28	498	331	498	667

Tableau III.3: rayonnement total de base $I_{t,b}$ de latitude ($35,05^\circ$)

Exemple : (de la même manière pour les autres valeurs)

L'orientation → Nord

Moi → juillet

$$\operatorname{tg} \alpha = (40 - 30) / (47 - 50) = (35.05 - 30) / (x - 50)$$

$$\alpha = \operatorname{arctg} (40 - 30) / (47 - 50) = (35.05 - 30) / (x - 50)$$

$$\alpha = 30.46 = (35.05 - 30) / (x - 50)$$

$$x = ((35.05 - 30) / 30.46) + 50$$

$$x = 50 \text{ w/m}^2$$

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES 

On calculer les apports de chaleur à travers une paroi opaque APO pour les trois mois (aout, juillet et septembre)

❖ Le moi de juillet

Est → $I_{t,b} = 516 \text{ w/m}^2$

Horizontale → $I_{t,b} = 776 \text{ w/m}^2$

Ouest → $I_{t,b} = 516 \text{ w/m}^2$

$I_{t,b}(40)$: le rayonnement total de base pour le mois de Juillet, la latitude 40° Nord et pour l'orientation considérée.

Est → $I_{t,b}(40) = 516 \text{ w/m}^2$

Horizontale → $I_{t,b}(40) = 734 \text{ w/m}^2$

Ouest → $I_{t,b}(40) = 516 \text{ w/m}^2$

α : le facteur d'absorption

Paroi extérieure non peinte → pierre calcaire blanche → $\alpha = 0.60$

$\Delta_{tes(t)} = 0$ (on a pas des murs à l'ombre dans l'orientation Est)

$\Delta_{tem(t)} = ??$

L'orientation → Est

Temps solaire vrai 6h

$M_{surf} = 371.064 \text{ kg/m}^2$ (entre 500 et 300 kg/m^2)

$\Delta_{tem(t)} = 0.29$ (calculs présidente)

$$\text{Donc : } \Delta_{te(t)} = 0 + 0.85 + 0.60/0.9 \times [0.29 - 0] \times 516/516$$

$$\Delta_{te(t)} (\text{Est}) = \mathbf{1.04 \text{ } ^\circ\text{C}}$$

$$\text{APO}_{(\text{EST})} = 1,2 \times 0.84 \times 109.15 \times 1.04$$

$$\mathbf{\text{APO}_{(\text{EST})} = 114.42 \text{ W}}$$

OUEST $\longrightarrow$ Paroi 3 (e = 40 cm)

$$1/K_{\text{été}} = \sum R + 1/h_e + 1/h_i$$

$$\Theta > 60^\circ \text{ et la paroi en contact avec extérieur } \longrightarrow 1/h_i + 1/h_e = 0.14$$

$$\mathbf{K_{\text{été}} = 0.84 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}}$$

$$\mathbf{S_{int} = 29.65 \text{ m}^2}$$

$$\Delta_{te(t)} = \Delta_{tes(t)} + C_{\Delta_{te}} + \alpha / 0.9 \times [\Delta_{tem(t)} - \Delta_{tes(t)}] \times I_{t,b}/I_{t,b}(40)$$

$$\Delta_{tes(t)} = 0 \text{ (on a pas des murs à l'ombre dans l'orientation Ouest)}$$

$$C_{\Delta_{te}} = 0.85 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\alpha = 0.60$$

$$\text{Ouest } \longrightarrow I_{t,b} = 516 \text{ W/m}^2$$

$$\text{Ouest } \longrightarrow I_{t,b}(40) = 516 \text{ W/m}^2$$

$$\Delta_{tem(t)} = ?? \text{ (Ensoleillées 8h)}$$

$$\Delta_{tem(t)} = 0.79 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ (calculs présidente)}$$

$$\Delta_{te(t)} = 0 + 0.85 + 0.60/0.9 \times [0.79 - 0] \times 516/516$$

$$\Delta_{te(t)} = \mathbf{1.38 \text{ } ^\circ\text{C}}$$

$$\text{APO}_{(\text{OUEST})} = 1,2 \times 0.84 \times 29.65 \times 1.38$$

$$\mathbf{\text{APO}_{(\text{OUEST})} = 41.24 \text{ W}}$$

Horizontale $\longrightarrow$ Plancher Haut (e = 0.21 cm)

$$1/K_{\text{été}} = \sum R + 1/h_e + 1/h_i$$

$$\Theta = 0^\circ \text{ et la paroi en contact avec extérieur } \longrightarrow 1/h_i + 1/h_e = 0.12$$

$$\mathbf{K_{\text{été}} = 1.92 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W} \text{ (calculs présidente)}}$$

$$S_{int} = 35.3 \times 16.2$$

$$\mathbf{S_{int} = 462.24 \text{ m}^2}$$

$$\Delta_{te(t)} = \Delta_{tes(t)} + C_{\Delta te} + \alpha / 0,9 \times [\Delta_{tem(t)} - \Delta_{tes(t)}] \times I_{t,b} / I_{t,b}(40)$$

$$\Delta_{tes(t)} = 0 \quad (\text{on a pas des murs à l'ombre dans l'orientation Horizontale})$$

$$C_{\Delta te} = 0.85 \text{ c}^\circ$$

$$\alpha = 0.60$$

$$\text{Horizontale} \longrightarrow I_{t,b} = 776 \text{ w/m}^2$$

$$\text{Horizontale} \longrightarrow I_{t,b}(40) = 734 \text{ w/m}^2$$

$$\Delta_{tem(t)} = ?? \quad (\text{Ensoleillées 14h})$$

$$\Delta_{tem(t)} = 14.63 \text{ c}^\circ \quad (\text{calculs présidente})$$

$$\Delta_{te(t)} = 0 + 0.85 + 0.60/0,9 \times [14.63 - 0] \times 776/734$$

$$\Delta_{te(t)} = \mathbf{11,16 \text{ c}^\circ}$$

$$APO_{(Horiz)} = 1,2 \times 0.519 \times 462,24 \times 11,16$$

$$\mathbf{APO_{(Horiz)} = 3212,77 \text{ w}}$$

Paroi à l'ombre 24/24

On a une seule paroi est toujours à l'ombre

$$\text{NORD} \longrightarrow \text{Paroi 2} \quad (e = 40 \text{ cm})$$

$$1/K_{été} = \sum R + 1/h_e + 1/h_i$$

$$\Theta > 60^\circ \text{ et la paroi en contact avec extérieur} \longrightarrow 1/h_i + 1/h_e = 0.14$$

$$\mathbf{K_{été} = 0.84 \text{ m}^2 \cdot \text{c}^\circ / \text{w}} \quad (\text{calculs président})$$

$$S_{int} = 16.20 \times 3.5$$

$$\mathbf{S_{int} = 117.4 \text{ m}^2}$$

$$\Delta_{te(t)} = \Delta_{tes(t)} + C_{\Delta te}$$

$$C_{\Delta te} = 0.85 \text{ c}^\circ$$

$$\text{Nord} \longrightarrow I_{t,b} = 50 \text{ w/m}^2$$

$$\text{Nord} \longrightarrow I_{t,b}(40) = 47 \text{ w/m}^2$$

$$\Delta_{tes(t)} = ?? \quad (\text{À l'ombre 24h})$$

On a :

$$M_{surf} = 371.064 \quad \text{entre 500 et 300}$$

$$\left. \begin{array}{l} 500 \longrightarrow 2,2 \\ 300 \longrightarrow 2,2 \end{array} \right\} \text{ donc : } \Delta_{tes(t)} = 2,2 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Alors :

$$\Delta_{te(t)} = 2,2 + 0,85$$

$$\Delta_{te(t)} = 3,05 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$APO_{(Nord)} = 1,2 \times 0,84 \times 117,4 \times 3,05$$

$$APO_{(Nord)} = 360,93 \text{ w}$$

$$\text{Donc : } APO(t)_T = 114,42 + 41,24 + 3212,77 + 360,93$$

$$APO(t)_T = 3729,36 \text{ w}$$

❖ Le moi d'Aout

$$\text{Est} \longrightarrow I_{t,b} = 520 \text{ w/m}^2$$

$$\text{Horizontale} \longrightarrow I_{t,b} = 740 \text{ w/m}^2$$

$$\text{Ouest} \longrightarrow I_{t,b} = 520 \text{ w/m}^2$$

$I_{t,b}(40)$: le rayonnement total de base pour le mois de Juillet, la latitude 40° Nord et pour l'orientation considérée.

$$\text{Est} \longrightarrow I_{t,b}(40) = 516 \text{ w/m}^2$$

$$\text{Horizontale} \longrightarrow I_{t,b}(40) = 734 \text{ w/m}^2$$

$$\text{Ouest} \longrightarrow I_{t,b}(40) = 516 \text{ w/m}^2$$

α : le facteur d'absorption

$$\text{Paroi extérieure non peinte} \longrightarrow \text{pierre calcaire blanche} \longrightarrow \alpha = 0.60$$

$$\Delta_{tes(t)} = 0 \text{ (on a pas des murs à l'ombre dans l'orientation Est)}$$

$$\Delta_{tem(t)} = ??$$

Exemple : (de la même manière pour les autres valeurs)

$$\text{L'orientation} \longrightarrow \text{Est}$$

Temps solaire vrai 6h

$$M_{surf} = 371.064 \text{ kg/m}^2 \text{ (entre 500 et 300 kg/m}^2\text{)}$$

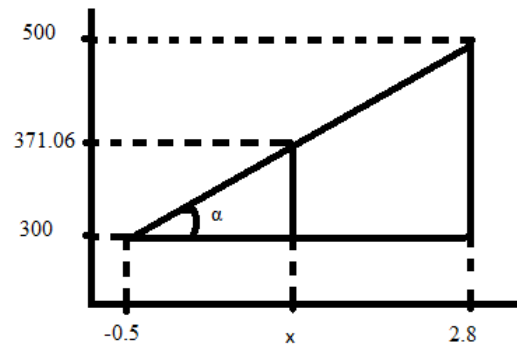


Figure III.3 : la différence de température équivalente à 6h pour l'orientation Est

$$\operatorname{tg} \alpha = (500 - 300) / (2.8 + 0.5) = (371.06 - 300) / (x + 0.5)$$

$$\alpha = \arctg (500 - 300) / (2.8 + 0.5) = (371.06 - 300) / (x + 0.5)$$

$$\alpha = 89.05 = (371.06 - 300) / (x + 0.5)$$

$$x = 0.29 \text{ c}^\circ$$

$$\Delta_{\text{tem}}(t) = 0.29$$

$$\text{Donc : } \Delta_{\text{te}}(t) = 0 + 0.85 + 0.60/0.9 \times [0.29 - 0] \times 520/516$$

$$\Delta_{\text{te}}(t) (\text{Est}) = \mathbf{1.04 \text{ c}^\circ}$$

$$\text{APO}_{(\text{EST})} = 1,2 \times 0.84 \times 109.15 \times 1.04$$

$$\mathbf{\text{APO}_{(\text{EST})} = 114.42 \text{ w}}$$

OUEST $\longrightarrow$ Paroi 3 (e = 40 cm)

$$1/K_{\text{été}} = \sum R + 1/h_e + 1/h_i$$

$$\Theta > 60^\circ \text{ et la paroi en contact avec extérieur } \longrightarrow 1/h_i + 1/h_e = 0.14$$

$$1/K_{\text{été}} = 1.041 + 0.14 = 1.181$$

$$\mathbf{K_{\text{été}} = 0.84 \text{ m}^2 \cdot \text{c}^\circ / \text{w}}$$

$$\text{Sint} = [(9.5 \times 3.5) - (3.6)]$$

$$\mathbf{\text{Sint} = 29,65 \text{ m}^2}$$

$$\Delta_{\text{te}}(t) = \Delta_{\text{tes}}(t) + C_{\Delta_{\text{te}}} + \alpha / 0,9 \times [\Delta_{\text{tem}}(t) - \Delta_{\text{tes}}(t)] \times I_{t,b} / I_{t,b}(40)$$

$$\Delta_{\text{tes}}(t) = 0 \text{ (on a pas des murs à l'ombre dans l'orientation Ouest)}$$

$$C_{\Delta_{\text{te}}} = 0.85 \text{ c}^\circ$$

$$\alpha = 0.60$$

$$\text{Ouest} \longrightarrow I_{t,b} = 520 \text{ w/m}^2$$

$$\text{Ouest} \longrightarrow I_{t,b}(40) = 516 \text{ w/m}^2$$

$$\Delta_{tem(t)} = ?? \text{ (Ensoleillées 8h)}$$

$$\text{tg } \alpha = (500 - 300) / (3.3 - 0) = (371.06 - 300) / (x - 0)$$

$$\alpha = \arctg (500 - 300) / (3.3) = (371.06 - 300) / (x)$$

$$\alpha = 89.05 = (371.06 - 300) / (x)$$

$$x = 0.79 \text{ c}^\circ$$

$$\Delta_{tem(t)} = 0.79 \text{ c}^\circ$$

$$\Delta_{te(t)} = 0 + 0.85 + 0.60/0.9 \times [0.79 - 0] \times 520/516$$

$$\Delta_{te(t)} = 1.38 \text{ c}^\circ$$

$$APO_{(OUEST)} = 1,2 \times 0.84 \times 29,65 \times 1.38$$

$$APO_{(OUEST)} = 41,24 \text{ w}$$

$$\text{Horizontale} \longrightarrow \text{Plancher Haut (e = 0.21 cm)}$$

$$1/K_{\text{été}} = \sum R + 1/h_e + 1/h_i$$

$$\Theta = 0^\circ \text{ et la paroi en contact avec extérieur} \longrightarrow 1/h_i + 1/h_e = 0.12$$

$$1/K_{\text{été}} = 0.399 + 0.12$$

$$1/K_{\text{été}} = 0.519$$

$$K_{\text{été}} = 1.92 \text{ m}^2 \cdot \text{c}^\circ / \text{w}$$

$$S_{int} = [(35,3 \times 16,2) - (26,1 \times 4,2)]$$

$$S_{int} = 462,24 \text{ m}^2$$

$$\Delta_{te(t)} = \Delta_{tes(t)} + C_{\Delta te} + \alpha / 0,9 \times [\Delta_{tem(t)} - \Delta_{tes(t)}] \times I_{t,b} / I_{t,b}(40)$$

$$\Delta_{tes(t)} = 0 \text{ (on a pas des murs à l'ombre dans l'orientation Horizontale)}$$

$$C_{\Delta te} = 0.85 \text{ c}^\circ$$

$$\alpha = 0.60$$

$$\text{Horizontale} \longrightarrow I_{t,b} = 740 \text{ w/m}^2$$

$$\text{Horizontale} \longrightarrow I_{t,b}(40) = 734 \text{ w/m}^2$$

$$\Delta_{tem(t)} = ?? \text{ (Ensoleillées 14h)}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = (400 - 300) / (14.4 - 15) = (332.8 - 300) / (x - 15)$$

$$\alpha = \arctg (400 - 300) / (14.4 - 15) = (371.06 - 300) / (x - 15)$$

$$\alpha = -89.05 = (332.8 - 300) / (x - 15)$$

$$x = 14.63 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta_{\text{tem}(t)} = 14.63 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta_{\text{te}(t)} = 0 + 0.85 + 0.60/0.9 \times [14.63 - 0] \times 740/734$$

$$\Delta_{\text{te}(t)} = \mathbf{10,68 \text{ } ^\circ\text{C}}$$

$$\text{APO}_{(\text{Horiz})} = 1,2 \times 0,519 \times 462,24 \times 10,68$$

$$\mathbf{\text{APO}_{(\text{Horiz})} = 3074,59 \text{ w}}$$

Paroi à l'ombre 24/24

O n'a une seule paroi est toujours à l'ombre

NORD $\longrightarrow$ Paroi 2 (e = 40 cm)

$$1/\text{Kété} = \sum R + 1/h_e + 1/h_i$$

$$\Theta > 60^\circ \text{ et la paroi en contact avec extérieur } \longrightarrow 1/h_i + 1/h_e = 0.14$$

$$1/\text{Kété} = 1.041 + 0.14 = 1.181$$

$$\mathbf{\text{Kété} = 0.84 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{w}}$$

$$\text{Sint} = 16.20 \times 3.5$$

$$\mathbf{\text{Sint} = 117.4 \text{ m}^2}$$

$$\Delta_{\text{te}(t)} = \Delta_{\text{tes}(t)} + C_{\Delta_{\text{te}}}$$

$$C_{\Delta_{\text{te}}} = 0.85 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\text{Nord } \longrightarrow I_{t,b} = 34 \text{ w/m}^2$$

$$\text{Nord } \longrightarrow I_{t,b}(40) = 47 \text{ w/m}^2$$

$$\Delta_{\text{tes}(t)} = ?? \text{ (À l'ombre 24h)}$$

On a :

$$M_{\text{surf}} = 371.064 \text{ entre 500 et 300}$$

$$\left. \begin{array}{l} 500 \longrightarrow 2,2 \\ 300 \longrightarrow 2,2 \end{array} \right\} \text{ donc : } \Delta_{\text{tes}(t)} = 2,2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Alors :

$$\Delta_{te(t)} = 2,2 + 0,85$$

$$\Delta_{te(t)} = 3,05 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$APO_{(Nord)} = 1,2 \times 0,84 \times 117,4 \times 3,05$$

$$APO_{(Nord)} = 360,93 \text{ W}$$

Donc :

$$APO(t)_T = 114,42 + 41,24 + 3074,59 + 360,93$$

$$APO(t)_T = 3591,18 \text{ W}$$

❖ Le mois de septembre

$$\text{Est} \longrightarrow I_{t,b} = 498 \text{ W/m}^2$$

$$\text{Horizontale} \longrightarrow I_{t,b} = 667 \text{ W/m}^2$$

$$\text{Ouest} \longrightarrow I_{t,b} = 498 \text{ W/m}^2$$

$I_{t,b}(40)$: le rayonnement total de base pour le mois de Juillet, la latitude 40° Nord et pour l'orientation considérée.

$$\text{Est} \longrightarrow I_{t,b}(40) = 470 \text{ W/m}^2$$

$$\text{Horizontale} \longrightarrow I_{t,b}(40) = 577 \text{ W/m}^2$$

$$\text{Ouest} \longrightarrow I_{t,b}(40) = 470 \text{ W/m}^2$$

α : le facteur d'absorption

$$\text{Paroi extérieure non peinte} \longrightarrow \text{pierre calcaire blanche} \longrightarrow \alpha = 0.60$$

$$\Delta_{tes(t)} = 0 \text{ (on a pas des murs à l'ombre dans l'orientation Est)}$$

$$\Delta_{tem(t)} = ??$$

$$\text{L'orientation} \longrightarrow \text{Est}$$

Temps solaire vrai 6h

$$M_{surf} = 371.064 \text{ kg/m}^2 \text{ (entre 500 et 300 kg/m}^2\text{)}$$

$$\Delta_{tem(t)} = 0.29 \text{ (calculs présidente)}$$

$$\text{Donc : } \Delta_{te(t)} = 0 + 0.85 + 0.60/0.9 \times [0.29 - 0] \times 498/470$$

$$\Delta_{te(t)}(Est) = 1.05 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$APO_{(EST)} = 1,2 \times 0.84 \times 109.15 \times 1.05$$

$$APO_{(EST)} = 115,52 \text{ W}$$

OUEST $\longrightarrow$ Paroi 3 (e = 40 cm)

$$1/K_{été} = \sum R + 1/h_e + 1/h_i$$

$$\Theta > 60^\circ \text{ et la paroi en contact avec extérieur } \longrightarrow 1/h_i + 1/h_e = 0.14$$

$$K_{été} = 0.84 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$$

$$S_{int} = 29,65 \text{ m}^2$$

$$\Delta_{te(t)} = \Delta_{tes(t)} + C_{\Delta_{te}} + \alpha / 0,9 \times [\Delta_{tem(t)} - \Delta_{tes(t)}] \times I_{t,b} / I_{t,b}(40)$$

$$\Delta_{tes(t)} = 0 \text{ (on a pas des murs à l'ombre dans l'orientation Ouest)}$$

$$C_{\Delta_{te}} = 0.85 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\alpha = 0.60$$

$$\text{Ouest } \longrightarrow I_{t,b} = 498 \text{ W/m}^2$$

$$\text{Ouest } \longrightarrow I_{t,b}(40) = 470 \text{ W/m}^2$$

$$\Delta_{tem(t)} = ?? \text{ (Ensoleillées 8h)}$$

$$\Delta_{tem(t)} = 0.79 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ (calculs présidente)}$$

$$\Delta_{te(t)} = 0 + 0.85 + 0.60/0,9 \times [0.79 - 0] \times 498/470$$

$$\Delta_{te(t)} = 1.40 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$APO_{(OUEST)} = 1,2 \times 0.84 \times 29,65 \times 1.40$$

$$APO_{(OUEST)} = 41,84 \text{ W}$$

Horizontale $\longrightarrow$ Plancher Haut (e = 0.21 cm)

$$1/K_{été} = \sum R + 1/h_e + 1/h_i$$

$$\Theta = 0^\circ \text{ et la paroi en contact avec extérieur } \rightarrow 1/h_i + 1/h_e = 0.12$$

$$K_{été} = 1.92 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W} \text{ (calculs présidente)}$$

$$S_{int} = 35,3 \times 16,2$$

$$S_{int} = 462,24 \text{ m}^2$$

$$\Delta_{te(t)} = \Delta_{tes(t)} + C_{\Delta_{te}} + \alpha / 0,9 \times [\Delta_{tem(t)} - \Delta_{tes(t)}] \times I_{t,b} / I_{t,b}(40)$$

$\Delta_{tes(t)} = 0$ (on a pas des murs à l'ombre dans l'orientation Horizontale)

$$C_{\Delta te} = 0.85 \text{ c}^\circ$$

$$\alpha = 0.60$$

$$\text{Horizontale} \longrightarrow I_{t,b} = 667 \text{ w/m}^2$$

$$\text{Horizontale} \longrightarrow I_{t,b}(40) = 577 \text{ w/m}^2$$

$$\Delta_{tem(t)} = ?? \text{ (Ensoleillées 14h)}$$

$$\Delta_{tem(t)} = 14.63 \text{ c}^\circ \text{ (calculs présidente)}$$

$$\Delta_{te(t)} = 0 + 0.85 + 0.60/0.9 \times [14.63 - 0] \times 667/577$$

$$\Delta_{te(t)} = \mathbf{12,12 \text{ c}^\circ}$$

$$APO_{(\text{Horiz})} = 1,2 \times 0.519 \times 462,24 \times 12,12$$

$$\mathbf{APO_{(\text{Horiz})} = 2489,19 \text{ w}}$$

Paroi a l'ombre 24/24

On a une seule paroi est toujours à l'ombre

$$\text{NORD} \longrightarrow \text{Paroi 2 (e = 40 cm)}$$

$$1/K_{\text{été}} = \sum R + 1/h_e + 1/h_i$$

$$\Theta > 60^\circ \text{ et la paroi en contact avec extérieur} \longrightarrow 1/h_i + 1/h_e = 0.14$$

$$\mathbf{K_{\text{été}} = 0.84 \text{ m}^2 \cdot \text{c}^\circ / \text{w} \text{ (calculs président)}}$$

$$S_{\text{int}} = 16.20 \times 3.5 = \mathbf{117.4 \text{ m}^2}$$

$$\Delta_{te(t)} = \Delta_{tes(t)} + C_{\Delta te}$$

$$C_{\Delta te} = 0.85 \text{ c}^\circ$$

$$\text{Nord} \longrightarrow I_{t,b} = 28 \text{ w/m}^2$$

$$\text{Nord} \longrightarrow I_{t,b}(40) = 28 \text{ w/m}^2$$

$$\Delta_{tes(t)} = ?? \text{ (À l'ombre 24h)}$$

$$\text{On a : } M_{\text{surf}} = 371.064 \text{ entre 500 et 300}$$

$$500 \longrightarrow 2,2 \left. \vphantom{\begin{matrix} 500 \\ 300 \end{matrix}} \right\} \text{ donc :}$$

$$300 \longrightarrow 2,2 \left. \vphantom{\begin{matrix} 500 \\ 300 \end{matrix}} \right\} \Delta_{tes(t)} = 2,2 \text{ c}^\circ$$

$$\text{Alors : } \Delta_{te(t)} = 2,2 + 0,85 \text{ et } \Delta_{te(t)} = \mathbf{3,05 \text{ c}^\circ}$$



$$APO_{(Nord)} = 1,2 \times 0,84 \times 117,4 \times 3,05$$

$$APO_{(Nord)} = 360,93 \text{ w}$$

Donc :

$$APO(t)_T = 115,52 + 41,84 + 2489,14 + 360,93$$

$$APO(t)_T = 3007,43 \text{ w}$$

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

$$APO(t) = K_{été} \times S_{int} \times \Delta t_{lnc}(t)$$

$$\Delta t_{lnc} = [(T_{Se}(t) - C_{lnc}) - T_{Sb,i}]$$

Paroi 5 (30 cm)

$$S_{int} = (31,70 \times 3,5) - (5,04 + 7,20)$$

$$S_{int} = 98,71 \text{ m}^2$$

$$1/K_{été} = \sum R + 1/h_e + 1/h_i$$

$$\Theta > 60^\circ \text{ et la paroi en contact avec un local non conditionnée } \longrightarrow 1/h_i + 1/h_e = 0,21$$

$$1/K_{été} = 0,901 + 0,21$$

$$1/K_{été} = 1,11$$

$$K_{été} = 0,90$$

Le climatiseur fonctionne 12 h

On a le cas 3 : les locaux non conditionnés d'un logement (chapitre 3-§ 2.2.2)

$$\text{On a : } T_{bs,e} = 38^\circ\text{C}$$

$$37^\circ < 38^\circ < 41^\circ \text{ (chapitre 3-tab 3.7 – 3.8)}$$

$$T_{bs,e} = 41^\circ\text{C} \longrightarrow 3$$

$$T_{bs,e} = 37^\circ\text{C} \longrightarrow 0$$

$$\text{tg } \alpha = (41 - 37) / (3 - 0) = (38 - 37) / (x - 0)$$

$$\alpha = \arctg (41 - 37) / (3 - 0) = (38 - 37) / (x - 0)$$

$$\alpha = 53,13 = (38 - 37) / (x - 0)$$

$$x = 0,01$$

$$C_{lnc} = 0,01^{\circ}\text{C}$$

$$T_{Se}(t) = 38^{\circ}\text{C}$$

$$T_{Sb,i} = 27^{\circ}\text{C}$$

Alors :

$$\Delta t_{lnc} = [(38 - 0,01) - 27]$$

$$\Delta t_{lnc} = 10,99^{\circ}\text{C}$$

$$APO(t) = 0,90 \times 98,71 \times 10,99$$

$$\boxed{APO(t) = 976,34 \text{ w}}$$

Paroi 4 (40 cm)

$$S_{int} = (4,5 \times 3,5) - (2,52)$$

$$S_{int} = 13,23 \text{ m}^2$$

$$1/K_{été} = \sum R + 1/h_e + 1/h_i$$

$$\Theta > 60^{\circ} \text{ et la paroi en contact avec un local non conditionnée } \longrightarrow 1/h_i + 1/h_e = 0,21$$

$$1/K_{été} = 1,041 + 0,21$$

$$1/K_{été} = 1,251$$

$$K_{été} = 0,79$$

$$C_{lnc} = 0,01^{\circ}\text{C}$$

$$T_{Se}(t) = 38^{\circ}\text{C}$$

$$T_{Sb,i} = 27^{\circ}\text{C}$$

Alors :

$$\Delta t_{lnc} = [(38 - 0,01) - 27] ; \Delta t_{lnc} = 10,99^{\circ}\text{C}$$

$$APO(t) = 0,79 \times 13,23 \times 10,99 = 114,86 \text{ w}$$

$$APO(t)_T = 976,34 + 114,86$$

$$\boxed{APO(t)_T = 1091,2 \text{ w}}$$

Pour le mois d'Aout $APO(t) = 3591,18 + 1091,2$

$$\boxed{APO(t) = 4682,38 \text{ w}}$$

Pour le mois de juillet $APO(t) = 3729,36 + 1091,2$

$$\boxed{APO(t) = 4820,56 \text{ w}}$$

Pour le mois de septembre $APO(t) = 3007,43 + 1091,2$

$$\boxed{APO(t) = 4098,63 \text{ w}}$$

4.2.3.1.2 Les apports à travers les parois vitrées

❖ Les gains à travers les parois vitrées extérieures

$$AV(t) = AVT(t) + AVE(t)$$

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

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

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

$$AVT(t) = 1,2 \times K_{\text{été}} \times S_{\text{ouv}} \times [T_{\text{Se}}(t) - T_{\text{Sb,i}}]$$

$$1/K_{\text{été}} = \sum R + 1/h_e + 1/h_i$$

$$\Theta > 60^\circ \text{ et la paroi en contact avec extérieur } \longrightarrow 1/h_i + 1/h_e = 0.14$$

$$1/K_{\text{été}} = 0.14 + 4.44$$

$$1/K_{\text{été}} = 4.58$$

$$K_{\text{été}} = 0.21 \text{ m}^2 \cdot \text{C}^\circ / \text{w}$$

S_{ouv} : est la surface de l'ouverture dans la paroi opaque

$$S_{\text{ouv}} = 14.4 + 3.6 + 10.8$$

$$S_{\text{ouv}} = 28.8 \text{ m}^2$$

$$T_{\text{Se}}(t) = T_{\text{Sbe}} - [C_{\text{TS}}(t) \times E_b]$$

$$T_{\text{Sbe}} = 38 \text{ C}^\circ$$

$$E_b = 15 \text{ C}^\circ$$

$$C_{\text{TS}}(t) = 21 \% \text{ [Temps de fonctionnement (Climatisation) 12 h]}$$

(DTR 3-4)

(chapitre 2-tableau 2.2)

$$T_{\text{Se}}(t) = 38 - (0.21 \times 15)$$

$$T_{\text{Se}}(t) = 34.85 \text{ C}^\circ$$

$$T_{\text{Sb,i}} = 27 \text{ C}^\circ$$

Les gains dus au gradient de température AVT(t) à travers les parois vitrées extérieures

$$AVT(t) = 1,2 \times 0.21 \times 28.8 \times [34.85 - 27]$$

$$AVT(t) = 56.97 \text{ w}$$

Les gains dus au rayonnement solaire à travers les parois vitrées extérieures AVE(t)

Les gains dus au rayonnement solaire à travers les parois vitrées extérieures AVE(t) est donnée par la formule :

$$AVE(t) = [SV_{ens} \times I_t + (SV - SV_{ens}) \times I_d] \times FS \times N_{PVI}(t)$$

Rq : Dans notre bâtiment on a des ouvertures juste dans les parois Est et Ouest

$$AVE(t) = AVE(t)_{(EST)} + AVE(t)_{(OUEST)}$$

SV : la surface totale vitrée

Paroi (1) Est

❖ Mois d'Aout

$$SV = 14.4 \text{ m}^2$$

SV_{ens} : la surface vitrée ensoleillé

Les ouvertures sont ensoleillées à 100 %

$$SV_{ens} = 14.4 \text{ m}^2$$

$$I_{t,b} = 520 \text{ w/m}^2 \quad (35.05^\circ \longrightarrow \text{moi d'Aout})$$

$$I_b = [C_{cadre} \times C_{limp} \times C_{alt} \times C_{ros}] \times I_{t,b}$$

$$\text{Bois} \longrightarrow C_{cadre} = 1$$

$$\text{Zone industriel} \longrightarrow C_{limp} = 0,8$$

$$L'altitude = 213$$

$$349 \longrightarrow 1,007$$

$$213 \longrightarrow C_{alt}$$

$$C_{alt} = (213 \times 1,007) / 349$$

$$C_{alt} = 0,61$$

$$\text{Zone B et Alt} < 500$$

$$C_{ros} = 1,03$$

$$I_t = [1 \times 0,8 \times 0,61 \times 1,03] \times 520$$

$$I_t = 261 \text{ w/m}^2$$

$$I_{t,d} = 520 \text{ w/m}^2$$

$$I_d = [C_{cadre} \times C_{limp} \times C_{alt} \times C_{ros}] \times I_{t,d}$$

$$I_d = [1 \times 0,8 \times 0,61 \times 1,03] \times 520$$

(DTR 3-4)

chapitre 2 § 1.2.3.1

tableau 2.5

$$I_d = 261 \text{ w/m}^2$$

$$FS = 1 \text{ (un vitrage ordinaire)}$$

$N_{PVI}(t)$: le coefficient d'amortissement relatif aux gains par ensoleillement à travers les parois vitrées à l'heure t considérée

Le climatiseur fonctionne 12 h } (DTR 3-4)
 Parois 1 → ensoleillé 6h } (chapitre 4-tableau 4.5)
 Sans protection }

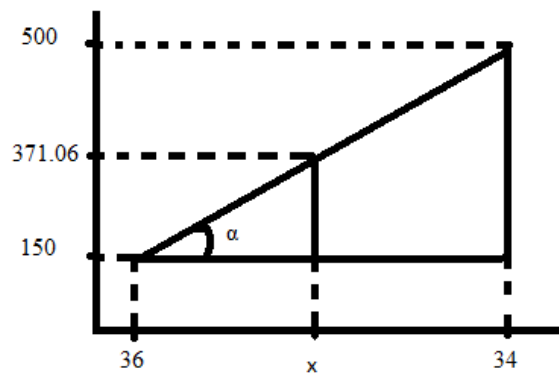


Figure III. 4 : le coefficient d'amortissement relatif aux gains par ensoleillement à travers les parois vitrées à l'heure 6h

$$\text{tg } \alpha = (500 - 150) / (34 - 36) = (371.06 - 150) / (x - 36)$$

$$\alpha = \arctg (500 - 150) / (34 - 36) = (371.06 - 150) / (x - 36)$$

$$\alpha = -89.67 = (371.06 - 150) / (x - 36)$$

$$x = 33,53$$

$$N_{PVI}(t) = 33,53$$

$$AVE(t)_{(EST)} = [14,4 \times 261 + (14,4 - 14,4) \times 261] \times 1 \times 33,53$$

$$AVE(t)_{(EST)} = 126019,15 \text{ w}$$

❖ *Moi de juillet*

$$SV = 14.4 \text{ ms}^2$$

SV_{ens} : la surface vitrée ensoleillé

Les ouvertures sont ensoleillées à 100 %

$$SV_{ens} = 14.4 \text{ m}^2$$

$$I_{t,b} = 516 \text{ w/m}^2 \quad (35.05^\circ \longrightarrow \text{mois de juillet})$$

$$I_b = [C_{cadre} \times C_{limp} \times C_{alt} \times C_{ros}] \times I_{t,b}$$

$$I_t = [1 \times 0,8 \times 0,61 \times 1,03] \times 516$$

$$I_t = 259,36 \text{ w/m}^2$$

$$I_d = 259,36 \text{ w/m}^2$$

$$FS = 1 \text{ (un vitrage ordinaire)}$$

$N_{PVI}(t)$: le coefficient d'amortissement relatif aux gains par ensoleillement à travers les parois vitrées à l'heure t considérée.

Le climatiseur fonctionne 12 h	} (DTR 3-4) (chapitre 4-tableau 4.5)
Parois 1 $\longrightarrow$ ensoleillé 6h	
Sans protection	

$$N_{PVI}(t) = 33,53 \text{ (calcul précédents)}$$

$$AVE(t)_{(EST)} = [14,4 \times 259,36 + (14,4 - 14,4) \times 259,36] \times 1 \times 33,53$$

$$AVE(t)_{(EST)} = 125227,30 \text{ w}$$

❖ Mois de septembre

$$SV = 14.4 \text{ m}^2$$

SV_{ens} : la surface vitrée ensoleillé

Les ouvertures sont ensoleillées à 100 %

$$SV_{ens} = 14.4 \text{ m}^2$$

$$I_{t,b} = 498 \text{ w/m}^2 \quad (35.05^\circ \longrightarrow \text{moi de septembre})$$

$$I_b = [C_{cadre} \times C_{limp} \times C_{alt} \times C_{ros}] \times I_{t,b}$$

$$I_t = [1 \times 0,8 \times 0,61 \times 1,03] \times 498$$

$$I_t = 250,31 \text{ w/m}^2$$

$$I_d = 250,31 \text{ w/m}^2$$

$$FS = 1 \text{ (un vitrage ordinaire)}$$

$N_{PVI}(t)$: le coefficient d'amortissement relatif aux gains par ensoleillement à travers les parois vitrées à l'heure t considérée.

Le climatiseur fonctionne 12 h } (DTR 3-4)
 Parois 1 → ensoleillé 6h } (chapitre 4-tableau 4.5)
 Sans protection }

$$N_{PVI}(t) = 33,53 \text{ (calcul président)}$$

$$AVE(t)_{(EST)} = [14,4 \times 250,31 + (14,4 - 14,4) \times 250,31] \times 1 \times 33,53$$

$$AVE(t)_{(EST)} = 120857,67 \text{ w}$$

Paroi (3) Ouest

❖ Mois d'Aout

$$SV = 3,6 \text{ m}^2$$

SV_{ens} : la surface vitrée ensoleillé

Les ouvertures sont ensoleillées à 100 %

$$SV_{ens} = 3,6 \text{ m}^2$$

$$I_t = 261 \text{ w/m}^2 \quad (35,05^\circ \rightarrow \text{mois d'Août})$$

$$I_d = 261 \text{ w/m}^2$$

$$FS = 1 \text{ (un vitrage ordinaire)}$$

$N_{PVI}(t)$: le coefficient d'amortissement relatif aux gains par ensoleillement à travers les parois vitrées à l'heure t considérée.

Le climatiseur fonctionne 12 h } (DTR 3-4)
 Parois 1 → ensoleillé 8h } (chapitre 4-tableau 4.5)
 Sans protection }

$$\tan \alpha = (500 - 150) / (44 - 38) = (371,06 - 150) / (x - 38)$$

$$\alpha = \arctg (500 - 150) / (44 - 38) = (371,06 - 150) / (x - 38)$$

$$\alpha = 89,01 = (371,06 - 150) / (x - 38)$$

$$x = 40,48$$

$$N_{PVI}(t) = 40,48$$

$$AVE(t)_{(OUEST)} = [3,6 \times 261 + (3,6 - 3,6) \times 261] \times 1 \times 40,48$$

$$AVE(t)_{(OUEST)} = 38035 \text{ w}$$

❖ **Mois de juillet**

$$SV = 3,6 \text{ m}^2$$

SV_{ens} : la surface vitrée ensoleillé

Les ouvertures sont ensoleillées à 100 %

$$SV_{\text{ens}} = 3,6 \text{ m}^2$$

$$I_t = 259,63 \text{ w/m}^2 \quad (35,05^\circ \longrightarrow \text{mois de juillet})$$

$$I_d = 259,63 \text{ w/m}^2$$

$$FS = 1 \text{ (un vitrage ordinaire)}$$

$N_{\text{PVI}}(t)$: le coefficient d'amortissement relatif aux gains par ensoleillement à travers les parois vitrées à l'heure t considérée.

Le climatiseur fonctionne 12 h	} (DTR 3-4) (chapitre 4-tableau 4.5)
Parois 1 $\longrightarrow$ ensoleillé 8h	
Sans protection	

$$N_{\text{PVI}}(t) = 40,48$$

$$AVE(t)_{(\text{OUEST})} = [3,6 \times 259,63 + (3,6 - 3,6) \times 259,63] \times 1 \times 40,48$$

$$AVE(t)_{(\text{OUEST})} = 37835,36 \text{ w}$$

❖ **Mois de septembre**

$$SV = 3,6 \text{ m}^2$$

SV_{ens} : la surface vitrée ensoleillé

Les ouvertures sont ensoleillées à 100 %

$$SV_{\text{ens}} = 3,6 \text{ m}^2$$

$$I_t = 250,31 \text{ w/m}^2 \quad (35,05^\circ \longrightarrow \text{mois de juillet})$$

$$I_d = 250,31 \text{ w/m}^2$$

$$FS = 1 \text{ (un vitrage ordinaire)}$$

$N_{\text{PVI}}(t)$: le coefficient d'amortissement relatif aux gains par ensoleillement à travers les parois vitrées à l'heure t considérée.

Le climatiseur fonctionne 12 h	} (DTR 3-4) (chapitre 4-tableau 4.5)
Parois 1 $\longrightarrow$ ensoleillé 8h , Sans protection	

$$NP_{VI}(t) = 40,48$$

$$AVE(t)_{(OUEST)} = [3,6 \times 250,31 + (3,6 - 3,6) \times 250,31] \times 1 \times 40,48$$

$$AVE(t)_{(OUEST)} = 36477,17 \text{ w}$$

Donc :

Pour le mois d'Aout

$$AVE(t) = 126019,15 + 38035$$

$$AVE(t) = 164054,15 \text{ w}$$

Pour le mois de juillet

$$AVE(t) = 125227,30 + 37835,36$$

$$AVE(t) = 163062,66 \text{ w}$$

Pour le mois de septembre

$$AVE(t) = 120857,67 + 36477,17$$

$$AVE(t) = 157334,84 \text{ w}$$

Les gains à travers les parois vitrées extérieures

$$AV(t) = AVT(t) + AVE(t)$$

Pour le mois d'Aout $AV(t) = 56,97 + 164054,15$

$AV(t) = 164111,12 \text{ w}$

Pour le mois de juillet $AV(t) = 56,97 + 163062,66$

$AV(t) = 163119,63 \text{ w}$

Pour le mois de septembre $AV(t) = 56,97 + 157334,84$

$AV(t) = 157391,81 \text{ w}$

4.2.3.1.3 Les parties sensibles et latentes des apports internes Al_s et Al_l

Dans notre projet on a trois logements nous allons donc faire le calcul pour chaque maison et multiplier par trois.

➤ Les parties sensibles Al_s

$$Al_s = Al_s(\text{occupants}) + Al_s(\text{machines éclectiques}) + Al_s(\text{éclairage}) + Al_s(\text{appareils à gaz})$$

➤ Les parties latentes Al_l

$$Al_l = Al_l(\text{occupants}) + Al_l(\text{machines éclectiques}) + Al_l(\text{éclairage}) + Al_l(\text{appareils à gaz})$$

➤ Gains dus aux occupants

Le calcul doit tenir compte des personnes susceptibles de fréquenter les locaux :

Nous avons un logement et une seule zone thermique (la même température dans les pièces des logements).

Donc :

Le nombre d'occupants par pièce (occ/p) à considérer doit être de 2,5 occ/p pour les quatre premières pièces principales, et de 1 occ/p par pièce principale supplémentaire. (DTR c 3-4)

On a : deux chambres } trois pièces principales
Un salon } $2,5 \times 3 = 7,5 \text{ occ/p}$

Température sèche du local $\longrightarrow T_{Sb,i} = 27 \text{ }^{\circ}\text{C}$ } $A_{ls (\text{occupants})} = 58$ } (DTR c 3-4)
Logement } $A_{li (\text{occupants})} = 73$ } (tableau 5.3)

$$A_{ls (\text{occupants})} = 58 \times 7,5$$

$$A_{ls (\text{occupants})} = 435 \text{ w}$$

$$A_{li (\text{occupants})} = 73 \times 7,5$$

$$A_{li (\text{occupants})} = 547,5 \text{ w}$$

➤ Gains dus aux machines électriques

Une machine électrique utilisée dans un local dégage intégralement l'équivalent calorifique de la puissance électrique moyenne absorbée.

Four micro-onde $\longrightarrow A_{ls} = 1400 \text{ w}$ } (DTR c 3-4)
Télévision $\longrightarrow A_{ls} = 150 \text{ w}$ } (chapitre 5-tableau 5.6)
Machine à laver (5 kg) $\longrightarrow A_{ls} = 6000 \text{ w}$ }
 $\searrow A_{li} = 3000 \text{ w}$ }

Dans les machines électriques utilisées on n'a que les apports sensibles pour le Four micro-onde et Télévision sauf la Machine à laver.

$$A_{ls (\text{machines électriques})} = 1400 + 150 + 6000$$

$$A_{ls (\text{machines électriques})} = 7550 \text{ w}$$

$$A_{li (\text{machines électriques})} = 3000 \text{ w}$$

➤ Gains dus à l'éclairage

Les appareils d'éclairage constituent une source de chaleur sensible.

Les gains dus à l'éclairage sont donnés par la formule suivante :

$$Al = \sum (W_n \times C_{me} \times C_{cr})$$

W_n : est la puissance nominale de l'ampoule

Les lampes utilisées dans le bâtiment des lampes à incandescence $\longrightarrow W_n = 75 \text{ w}$



Figure III.5 : les lampes à incandescence

C_{me} : est un coefficient de majoration

Lampes à incandescence $\longrightarrow C_{me} = 1,2$ (DTR c 3-4) (chapitre 5)

C_{cr} : est le pourcentage de chaleur résiduelle correspondant à la part d'énergie restant dans la salle.

Les installations dont l'éclairage n'est pas raccordé à un système d'extraction d'air

$\longrightarrow C_{cr} = 1$ (DTR c 3-4) (chapitre 5)

On a 7 pièces :

$$Al_s (\text{éclairage}) = 7 \times (75 \times 1,2 \times 1)$$

$$Al_s (\text{éclairage}) = 630 \text{ w}$$

➤ Gains dus aux appareils à gaz

Les appareils à gaz sont une source de chaleur sensible et latente.

Les apports sensibles et latents Al_s et Al_l dus aux appareils à gaz sont donnés par :

$$Al_s = qv_n \times PC_{sup}$$

$$Al_l = qv_n \times m_{vap} \times 2498 \text{ 103}$$

qv_n : est le débit nominal de l'appareil (m^3/s)

60x60 à taille entière consommation et valeurs de puissance															
Gaz Naturel (GN)															
Type de gaz:		G 20		G 20		G 25		G-30		G-30		G-30		G 31	
Pression de gaz:		20 mbar		25 mbar		25 mbar		30 mbar		37 mbar		50 mbar		37 mbar	
		Puissance (kW)	Dépenses (m³/h)	Puissance (kW)	Dépenses (m³/h)	Puissance (kW)	Dépenses (m³/h)	Puissance (kW)	Dépenses (g/h)	Puissance (kW)	Dépenses (g/h)	Puissance (kW)	Dépenses (g/h)	Puissance (kW)	Dépenses (g/h)
Petit bec	Brut	0,90	0,09	0,90	0,09	0,90	0,10	0,90	65	0,95	69	0,90	65	0,90	64
Bec moyen	Brut	1,40	0,13	1,40	0,13	1,40	0,16	1,35	98	1,40	102	1,40	102	1,35	96
Grand bec	Brut	2,60	0,25	2,60	0,25	2,60	0,29	2,40	175	2,65	193	2,65	193	2,40	171
Brûleur inférieur	Brut	2,60	0,25	2,75	0,26	2,60	0,29	2,40	175	2,50	182	2,70	196	2,40	171
Brûleur supérieur	Brut	2,10	0,20	2,00	0,19	2,00	0,22	2,00	145	2,15	156	2,00	145	2,00	143

50x50& 50x60 à taille entière consommation et valeurs de puissance															
Gaz Naturel (GN)															
Type de gaz:		G-20		G-20		G-25		G-30		G-30		G-30		G-31	
Pression de gaz:		20 mbar		25 mbar		25 mbar		30 mbar		37 mbar		50 mbar		37 mbar	
		Puissance (kW)	Dépenses (m³/h)	Puissance (kW)	Dépenses (m³/h)	Puissance (kW)	Dépenses (m³/h)	Puissance (kW)	Dépenses (g/h)	Puissance (kW)	Dépenses (g/h)	Puissance (kW)	Dépenses (g/h)	Puissance (kW)	Dépenses (g/h)
Petit bec	Brüt	0,90	0,09	0,90	0,09	0,90	0,10	0,90	65	0,95	69	0,90	65	0,90	64
Bec moyen	Brüt	1,40	0,13	1,40	0,13	1,40	0,16	1,35	98	1,40	102	1,40	102	1,35	96
Grand bec	Brüt	2,60	0,25	2,60	0,25	2,60	0,29	2,40	175	2,65	193	2,65	193	2,40	171
Brûleur inférieur	Brüt	2,20	0,21	2,40	0,23	2,45	0,27	2,00	145	2,20	160	2,20	160	2,00	143
Brûleur supérieur	Brüt	1,80	0,17	2,00	0,19	1,85	0,20	1,60	116	1,80	131	1,70	124	1,60	114

Résultats de test	A consommation d'énergie de classe	
	(ECgas cavity 6,25) (EEI cavity 104,3)	
	(SECgas cavity 5,99)	
Résultats de test (grille en fonte)	EE _{gas hob}	% 55,9
Résultats de test (grille d'émail)	EE _{gas hob}	% 57,0

Figure III. 6 : la consommation et valeurs de puissance pour la cuisinière

Dans chaque appartement nous avons une cuisinière et un chauffe-eau

❖ Le débit nominal de la cuisinière (m³/s)

$$Q_{vn} = \frac{P}{PCI}$$

Avec P : la puissance de la flamme (absorbé)

PCI : pouvoir calorifique inférieur = 10,83

$$P = \frac{P_n}{r}$$

P_n : la pression de la flamme (nominale)

R : le rendement %

$$P = \frac{2,60}{0,559} = 4,65 \text{ kw}$$

$$Q_{vn} = \frac{4,65}{10,83} = 0,429 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{vn} = \frac{0,429}{3600} = 1,191 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

❖ **Le débit nominal de chauffe-eau (m^3/s)**

$$Q_{vn} = \frac{P}{PCI}$$

Avec P : la puissance de la flamme (absorbé)

PCI : pouvoir calorifique inferieur = 10,83

P = 0,6 kw Suivant les caractéristiques thermiques de chauffe-eau (JUNKERS)

$$Q_{vn} = \frac{0,6}{10,83} = 0,055 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{vn} = \frac{0,055}{3600} = 1,527 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$$

Q_{vn} totale des deux appareils est $(1,191+15,27) \cdot 10^{-4} = 16,461 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$

PC_{sup} : est le pouvoir calorifique supérieur du combustible.

Gaz naturel $\longrightarrow PC_{sup} = 42480 \text{ kg/m}^3$

m_{vap} : la masse d'eau apportée par la combustion du gaz.

Gaz naturel $\longrightarrow m_{vap} = 1,6 \text{ kg/m}^3$

(DTR c 3-4)

(Chapitre 5-tableau 5.12)

$$Al_s = q_{vn} \times PC_{sup}$$

$$Al_s = 16,461 \cdot 10^{-4} \times 42480 = 69,92 \text{ w}$$

$$Al_l = q_{vn} \times m_{vap} \times 2498 \cdot 10^3$$

$$Al_l = 16,461 \cdot 10^{-4} \times 1,6 \times 2498 \cdot 10^3 = 6579,40 \text{ w}$$

4.2.3.1.4 Les apports de chaleur par introduction d'air extérieur

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

Les apports dus aux infiltrations qui interviennent directement dans le bilan de local ces apports sont à associer au débit d'infiltration q_{vinf} .

Les gains sensibles dus aux infiltrations AINFs sont données par la formule suivante :

$$AINFs(t) = 0,320 \times q_{vinf} \times (T_{Se}(t) - T_{Sb,i})$$

q_{vinf} : le débit dus aux infiltrations

Nous n'avons que des fenêtres comme des ouvertures

Le vent perpendiculaire à l'ouvrant

(DTR c 3-4)

(Chapitre 6-tableau 6.5)

$$q_{v\text{inf}} = 14,5 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$$

$$T_{\text{Se}}(t) = 34.85 \text{ c}^\circ$$

$$T_{\text{Sb,i}} = 27 \text{ c}^\circ$$

$$\text{Alors : } A_{\text{INFs}}(t) = 0,320 \times 14,5 \times (34.85 - 27)$$

$$\boxed{A_{\text{INFs}}(t) = 36.42 \text{ w}}$$

Les gains latents dus aux infiltrations A_{INFs} sont données par la formule suivante :

$$A_{\text{INFf}}(t) = 0,797 \times q_{v\text{inf}} \times \text{Max. } [(H_{\text{Sb,e}}(t) - H_{\text{Sb,i}}) ; 0]$$

$q_{v\text{inf}}$: le débit dus aux infiltrations

$$q_{v\text{inf}} = 14,5 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$$

$H_{\text{Sb,e}}(t)$: l'humidité spécifique de base de l'air extérieur

$H_{\text{Sb,i}}$: l'humidité spécifique de base de l'air intérieur

$$\left. \begin{array}{l} \text{Alt} < 500 \text{ m} \\ H_{\text{Sb,e}}(t) = 12,5 \text{ g}_{\text{vap}}/\text{kg}_{\text{as}} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{(DTR c 3-4)} \\ \text{(Chapitre 2-tableau 2.1)} \end{array}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Niveau de confort normal} \\ \text{Séjour de longue durée (logement)} \\ H_{\text{Sb,i}} = 50 \% \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{(DTR c 3-4)} \\ \text{(Chapitre 2-tableau 2.6)} \end{array}$$

$$\text{Max. } [(H_{\text{Sb,e}}(t) - H_{\text{Sb,i}}) ; 0]$$

$$(H_{\text{Sb,e}}(t) - H_{\text{Sb,i}}) = 12,5 - 0.5$$

$$(H_{\text{Sb,e}}(t) - H_{\text{Sb,i}}) = 12$$

$$12 > 0$$

Alors :

$$A_{\text{INFf}}(t) = 0,797 \times 14,5 \times 12$$

$$\boxed{A_{\text{INFf}}(t) = 138.67 \text{ w}}$$

Les parties sensibles A_{ls}

$$A_{\text{ls}} = A_{\text{ls}} (\text{occupants}) + A_{\text{ls}} (\text{machines éclectiques}) + A_{\text{ls}} (\text{éclairage}) + A_{\text{ls}} (\text{appareils à gaz})$$

Calcul des apports calorifiques de bâtiment

$$A_{ls} = 435 + 7550 + 630 + 69,92 = 8684,92 \text{ w}$$

$$A_{ls} = 3 \times (8684,92) = 26054,76 \text{ w}$$

Les parties latentes A_{li}

$$A_{li} = A_{li}(\text{occupants}) + A_{li}(\text{machines éclectiques}) + A_{li}(\text{éclairage}) + A_{li}(\text{appareils à gaz})$$

$$A_{li} = 547,5 + 3000 + 0 + 6579,40 = 10126,9 \text{ w}$$

$$A_{li} = 3 \times (10126,9) = 30380,7 \text{ w}$$

Les apports calorifiques sensibles A_s :

$$A_s = A_{PO} + A_V + A_{Is} + A_{INFs}$$

Pour le mois d'Aout

$$A_s = 4682,38 + 164111,12 + 69,92 + 36,42$$

$$A_s = 164290,26 \text{ w}$$

Pour le mois de juillet

$$A_s = 4820,56 + 163062,66 + 69,92 + 36,42$$

$$A_s = 163241,8 \text{ w}$$

Pour le mois de septembre

$$A_s = 4098,63 + 157334,84 + 69,92 + 36,42$$

$$A_s = 157513,98 \text{ w}$$

➤ **Les apports calorifiques latents A_l :**

$$A_l = A_{Il} + A_{INF1}$$

$$A_l = 10126,9 + 138,67$$

$$A_l = 10265,57 \text{ w}$$

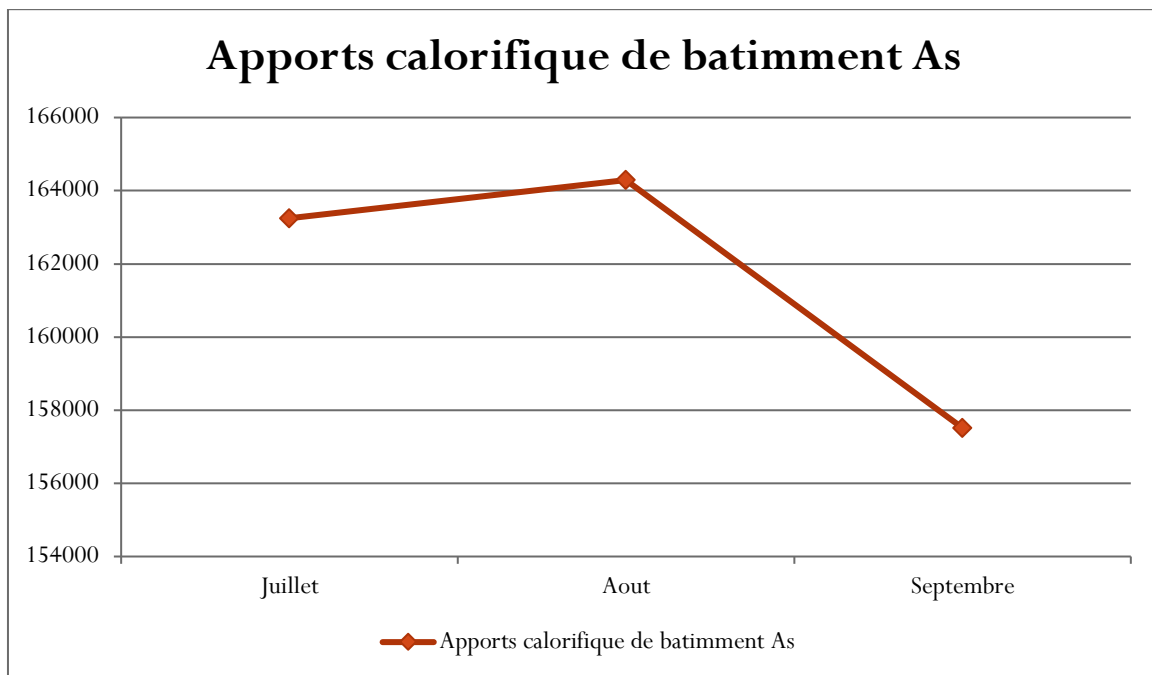


Figure III. 7 : Apports calorifique pour les trois mois

4.2.4 Vérification réglementaire

La somme des apports calorifiques par les parois vitrées et les parois opaques aériennes doit vérifier au mois de Juillet à 15 h TSV, pour une température sèche intérieure de 27°C, la relation ci-après:

4.2.4.1 $APO (15 h) + AV (15 h) \leq 1,05 \times Aréf (15 h)$

Les termes de la formule précédente ne tiennent pas compte des parois en contact avec le sol, et des parois séparant deux locaux conditionnés.

APO : désigne les apports calorifiques à travers les parois opaques aériennes (w)

AV : désigne les apports calorifiques à travers les parois vitrées (w)

Aréf : désigne les apports calorifiques de référence (w)

4.2.4.2 Les apports calorifiques à travers les parois opaques aériennes APO

$$APO(t) = 1,2 \times Kété \times Sint \times \Delta te(t)$$

$$APO(t)_T = APO_{(EST)} + APO_{(Horizontale)} + APO_{(OUEST)} + APO_{(NORD)}$$

$$APO_{(EST)} = 1,2 \times Kété \times Sint \times \Delta te_{(EST)}$$

EST → Paroi 1 (e = 40 cm)

$$Kété = 0.84 \text{ m}^2 \cdot \text{C}^\circ / \text{w}$$

$$Sint = 109.15 \text{ m}^2$$

Les parois ensoleillées

Le mois de juillet 15 h TSV

$$T_{bsi} = 27 \text{ c}^{\circ}$$

Lever du soleil de 6 h jusqu'à 20 h

Les parois ensoleillées sont :

6h à 12h Paroi 1 (EST) $\longrightarrow$ paroi ensoleillée (6 h)

12h à 20h Paroi 3 et 7 (OUEST) $\longrightarrow$ parois ensoleillées (8 h)

6h à 20h Paroi planchée haut (Horizontale) $\longrightarrow$ paroi ensoleillée (14 h)

La masse surfacique m_{surf}

Pour les Murs (EST, OUEST, NORD)

La masse surfacique m_{surf} du mur totale

$$M_{surf} = 33 + 175 + 0.064 + 130 + 33$$

$$M_{surf} = 371.064 \text{ kg/m}^2 \text{ (calcul présidente)}$$

Pour les planchers Haut

La masse surfacique m_{surf} du plancher Haut totale

$$M_{surf} = 299.8 + 33$$

$$M_{surf} = 332.8 \text{ kg/m}^2 \text{ (calcul présidente)}$$

La valeur $C_{\Delta te}$

$$\Delta T_{Smax} = 11 \text{ c}^{\circ}$$

$$E_b = 15 \text{ c}^{\circ} \longrightarrow \text{(DTR c3-4) (chapitre 2- tableau 2.1)}$$

$$\left. \begin{array}{l} \Delta T_{Smax} = 11 \text{ c}^{\circ} \\ E_b = 15 \text{ c}^{\circ} \end{array} \right\} (12+10)/2 = 11 \text{ c}^{\circ} \longrightarrow (-0.1+1.8)/2 = 0.85$$

$$C_{\Delta te} = 0.85 \text{ c}^{\circ}$$

Le mois de juillet 15 h TSV

$$\text{Est} \longrightarrow I_{t,b} = 516 \text{ w/m}^2$$

$$\text{Horizontale} \longrightarrow I_{t,b} = 776 \text{ w/m}^2$$

Ouest $\longrightarrow I_{t,b} = 516 \text{ w/m}^2$

$I_{t,b}(40)$: le rayonnement total de base pour le mois de Juillet, la latitude 40° Nord et pour l'orientation considérée.

Est $\longrightarrow I_{t,b}(40) = 516 \text{ w/m}^2$

Horizontale $\longrightarrow I_{t,b}(40) = 734 \text{ w/m}^2$

Ouest $\longrightarrow I_{t,b}(40) = 516 \text{ w/m}^2$

α : le facteur d'absorption

Paroi extérieure non peinte $\longrightarrow$ pierre calcaire blanche $\longrightarrow \alpha = 0.60$

$\Delta_{tes(t)} = 0$ (on a pas des murs à l'ombre dans l'orientation Est)

$\Delta_{tem(t)} = ??$

Exemple : (de la même manière pour les autres valeurs)

L'orientation $\longrightarrow$ Est

Temps solaire vrai 6h

$M_{surf} = 371.064 \text{ kg/m}^2$ (entre 500 et 300 kg/m^2)

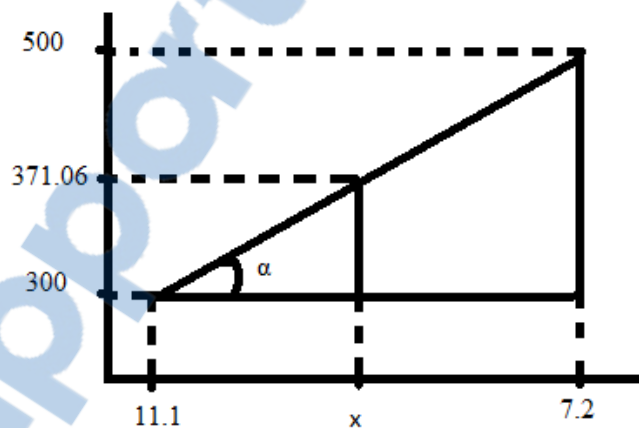


Figure III.8 : la différence de température équivalente à 6h pour l'orientation Est

$$\tan \alpha = (500 - 300) / (7,2 - 11,1) = (371.06 - 300) / (x - 11,1)$$

$$\alpha = \arctan (500 - 300) / (7,2 - 11,1) = (371.06 - 300) / (x - 11,1)$$

$$\alpha = -88,88 = (371.06 - 300) / (x - 11,1)$$

$$x = 10,3 \text{ c}^\circ$$

$$\Delta_{tem(t)} = 10,3 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Donc :

$$\Delta_{te(t)} = 0 + 0,85 + 0,60/0,9 \times [10,3 - 0] \times 516/516$$

$$\Delta_{te(t)} \text{ (Est)} = 7,71 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$APO_{(EST)} = 1,2 \times 0,84 \times 109,15 \times 7,71$$

$$APO_{(EST)} = 848,27 \text{ W}$$

OUEST $\longrightarrow$ Paroi 3 et 7 (e = 40 cm)

$$K_{été} = 0.84 \text{ m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{W}$$

$$S_{int} = 110.2 \text{ m}^2$$

$$C_{\Delta te} = 0.85 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\alpha = 0.60$$

$$\text{Ouest} \longrightarrow I_{t,b} = 516 \text{ W/m}^2$$

$$\text{Ouest} \longrightarrow I_{t,b}(40) = 516 \text{ W/m}^2$$

$$\Delta_{tem(t)} = ?? \text{ (Ensoleillées 8h)}$$

$$\text{tg } \alpha = (500 - 300) / (5,5 - 10,6) = (371.06 - 300) / (x - 10,6)$$

$$\alpha = \arctg (500 - 300) / (5,5 - 10,6) = (371.06 - 300) / (x - 10,6)$$

$$\alpha = -88,53 = (371,06 - 300) / (x - 10,6)$$

$$x = 9,79 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta_{tem(t)} = 9,79 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta_{te(t)} = 0 + 0,85 + 0,60/0,9 \times [9,79 - 0] \times 516/516$$

$$\Delta_{te(t)} = 7,37 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$APO_{(OUEST)} = 1,2 \times 0,84 \times 110,2 \times 7,37$$

$$APO_{(OUEST)} = 818.67 \text{ W}$$

Horizontale $\longrightarrow$ Plancher Haut (e = 0.21 cm)

$$K_{été} = 1.92 \text{ m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{W}$$

$$S_{int} = 571.86 \text{ m}^2$$

$$C_{\Delta te} = 0.85 \text{ c}^\circ$$

$$\alpha = 0.60$$

$$\text{Horizontale} \longrightarrow I_{t,b} = 776 \text{ w/m}^2$$

$$\text{Horizontale} \longrightarrow I_{t,b}(40) = 734 \text{ w/m}^2$$

$$\Delta_{tem(t)} = ?? \text{ (Ensoleillées 14h)}$$

$$\text{tg } \alpha = (400 - 300) / (15,6 - 17,2) = (332,8 - 300) / (x - 17,2)$$

$$\alpha = \arctg (400 - 300) / (15,6 - 17,2) = (371,06 - 300) / (x - 17,2)$$

$$\alpha = -89,08 = (332,8 - 300) / (x - 17,2)$$

$$x = 16,83 \text{ c}^\circ$$

$$\Delta_{tem(t)} = 16,83 \text{ c}^\circ$$

$$\Delta_{te(t)} = 0 + 0.85 + 0.60/0,9 \times [16,83 - 0] \times 776/734$$

$$\Delta_{te(t)} = 12,71 \text{ c}^\circ$$

$$APO_{(Horiz)} = 1,2 \times 0,519 \times 571,86 \times 12,71$$

$$APO_{(Horiz)} = 4526,72 \text{ w}$$

Paroi à l'ombre 24/24

O n a une seule paroi est toujours à l'ombre

$$\text{NORD} \longrightarrow \text{Paroi 2 (e = 40 cm)}$$

$$K_{été} = 0.84 \text{ m}^2 \cdot \text{c}^\circ / \text{w}$$

$$S_{int} = 117.4 \text{ m}^2$$

$$\Delta_{te(t)} = \Delta_{tes(t)} + C_{\Delta te}$$

$$C_{\Delta te} = 0.85 \text{ c}^\circ$$

$$\text{Nord} \longrightarrow I_{t,b} = 50 \text{ w/m}^2$$

$$\text{Nord} \longrightarrow I_{t,b}(40) = 47 \text{ w/m}^2$$

$$\Delta_{tes(t)} = ?? \text{ (À l'ombre 24h)}$$

$$\text{tg } \alpha = (500 - 300) / (1,7 - 4,4) = (371,06 - 300) / (x - 4,4)$$

$$\alpha = \arctg (500 - 300) / (1,7 - 4,4) = (371,06 - 300) / (x - 4,4)$$



$$\alpha = -89,22 = (371,06 - 300) / (x - 4,4)$$

$$x = 3,6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta_{\text{tes}(t)} = 3,6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$APO_{(\text{Nord})} = 1,2 \times 0,84 \times 117,4 \times 3,6$$

$$APO_{(\text{Nord})} = 426,02 \text{ w}$$

Alors :

$$APO(t)_T = 848,27 + 818,67 + 4526,72 + 426,02$$

$$APO(t)_T = 6619,68 \text{ w}$$

4.2.4.3 Les apports à travers les parois vitrées

➤ Les gains à travers les parois vitrées extérieures

$$AV(t) = AVT(t) + AVE(t)$$

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

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

➤ Les gains dus au gradient de température AVT(t) à travers les parois vitrées extérieures sont donnés par :

$$AVT(t) = 1,2 \times K_{\text{été}} \times S_{\text{ouv}} \times [T_{\text{Se}}(t) - T_{\text{Sb,i}}]$$

$$K_{\text{été}} = 0,21 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{w}$$

$$S_{\text{ouv}} = 28,8 \text{ m}^2$$

Les mêmes calculs précédents

$$AVT(t) = 56,97 \text{ w}$$

➤ Les gains dus au rayonnement solaire à travers les parois vitrées extérieures AVE(t)

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

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

Rq : Dans notre bâtiment on a des ouvertures juste dans les parois Est et Ouest

$$AVE(t) = AVE(t)_{(\text{EST})} + AVE(t)_{(\text{OUEST})}$$

Paroi (1) Est

$$SV = 14.4 \text{ m}^2$$

SV_{ens} : la surface vitrée ensoleillé

Les ouvertures sont ensoleillées à 100 %

$$SV_{\text{ens}} = 14.4 \text{ m}^2$$

$$I_{t,b} = 520 \text{ w/m}^2 \quad (35.05^\circ \longrightarrow \text{mois de juillet})$$

$$I_b = [C_{\text{cadre}} \times C_{\text{limp}} \times C_{\text{alt}} \times C_{\text{ros}}] \times I_{t,b}$$

$$\text{Bois} \longrightarrow C_{\text{cadre}} = 1$$

$$\text{Zone industriel} \longrightarrow C_{\text{limp}} = 0,8$$

$$L'altitude = 213$$

$$349 \longrightarrow 1,007$$

$$213 \longrightarrow C_{\text{alt}}$$

$$C_{\text{alt}} = (213 \times 1,007) / 349$$

$$C_{\text{alt}} = 0,61$$

$$\text{Zone B et Alt} < 500$$

$$C_{\text{ros}} = 1,03$$

$$I_t = [1 \times 0,8 \times 0,61 \times 1,03] \times 516$$

$$I_t = 259,36 \text{ w/m}^2$$

$$I_{t,d} = 520 \text{ w/m}^2$$

$$I_d = [C_{\text{cadre}} \times C_{\text{limp}} \times C_{\text{alt}} \times C_{\text{ros}}] \times I_{t,d}$$

$$I_d = [1 \times 0,8 \times 0,61 \times 1,03] \times 516$$

$$I_d = 259,36 \text{ w/m}^2$$

$$FS = 1 \text{ (un vitrage ordinaire)}$$

$NP_{VI}(t)$: le coefficient d'amortissement relatif aux gains par ensoleillement à travers les parois vitrées à l'heure t considérée.

Le climatiseur fonctionne 12 h

Parois 1 $\longrightarrow$ ensoleillé 6h

(DTR 3-4)

(chapitre 4-tableau 4.5)

Sans protection

$$N_{PVI}(t) = 33,53 \text{ (on a déjà calculer)}$$

$$AVE(t)_{(EST)} = [14,4 \times 259,36 + (14,4 - 14,4) \times 259,36] \times 1 \times 33,53$$

$$AVE(t)_{(EST)} = 125227,30 \text{ w}$$

Paroi (3 et 7) Ouest

$$SV = 3,6 + 10,8$$

$$SV = 14,4 \text{ m}^2$$

SV_{ens} : la surface vitrée ensoleillé

Les ouvertures sont ensoleillées à 100 %

$$SV_{ens} = 14,4 \text{ m}^2$$

$$I_t = 259,36 \text{ w/m}^2 \quad (35,05^\circ \longrightarrow \text{moi de juillet})$$

$$I_d = 259,36 \text{ w/m}^2$$

$$FS = 1 \text{ (un vitrage ordinaire)}$$

$N_{PVI}(t)$: le coefficient d'amortissement relatif aux gains par ensoleillement à travers les parois vitrées à l'heure t considérée.

Le climatiseur fonctionne 12 h	} (DTR 3-4) (chapitre 4-tableau 4.5)
Parois 1 → ensoleillé 8h	
Sans protection	

$$N_{PVI}(t) = 40,48$$

$$AVE(t)_{(OUEST)} = [14,4 \times 259,36 + (14,4 - 14,4) \times 259,36] \times 1 \times 40,48$$

$$AVE(t)_{(OUEST)} = 151184,05 \text{ w}$$

Donc :

$$AVE(t) = 125227,30 + 151184,05$$

$$AVE(t) = 276411,35 \text{ w}$$

Les gains à travers les parois vitrées extérieures

$$AV(t) = AVT(t) + AVE(t)$$

$$AV(t) = 56,97 + 276411,35$$

$$AV(t) = 276468,25 \text{ w}$$

✓ **Les apports calorifiques de référence Aréf sont donnés par :**

$$\text{Aréf} = \text{Aréf,PH} + \text{Aréf,PV} + \text{Aréf,PVI}$$

✓ **Apports de référence des parois opaques horizontales**

$$\text{Aréf,PH} = \Sigma (a \times \text{Sint} \times \Delta\text{TSréf,PH})$$

La valeur **a** :

On a un plancher bas au contact avec un local non conditionnée

Donc :

$$a = 2,70 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \quad (\text{chapitre 1 -§ 3.3.2}).$$

$$\Delta\text{TSréf,PH} = 5 ^\circ\text{C} \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{Paroi en contact avec un local non conditionné (chapitre 1-tab 1.4)} \\ \text{Zone B et alt} < 500 \end{array} \right.$$

$$\text{Sint} = 571.86 \text{ m}^2$$

$$\text{Aréf,PH} = (2,70 \times 571.86 \times 5)$$

$$\text{Aréf,PH} = 7720,11 \text{ w}$$

On a un plancher haut au contact avec l'extérieur

-Zone climatique **B**

-Logement en immeuble collectif

Donc :

$$a = 0,90 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \quad (\text{chapitre 1- tableau 1.3}).$$

$$\Delta\text{TSréf,PH} = 14,54 ^\circ\text{C} \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{Paroi en contact avec l'extérieur (chapitre 1-tab 1.4)} \\ \text{Zone B et alt} < 500 \end{array} \right.$$

$$\text{Sint} = 571.86 \text{ m}^2$$

$$\text{Aréf,PH} = (0,90 \times 571.86 \times 14,54)$$

$$\text{Aréf,PH} = 7783,35 \text{ w}$$

$$\text{Aréf,PH} = 7720,11 + 7783,35$$

$$\text{Aréf,PH} = 15503,46 \text{ w}$$

✓ **Apports de référence des parois opaques verticales**

$$Aréf,PV = \sum (c \times Sint \times \Delta TS_{réf,PV})$$

Zone climatique B

Latitude 35,05°

Altitude 213 < 500

Dans les tableaux (DTR c3-4) chapitre 1 tab 1.6 on a que les latitudes 20°,30°et 40°

30° < 35,05° < 40° donc les valeurs $\Delta TS_{réf,PV}$ sont les mêmes

Donc :

Latitude	Paroi en contact avec l'extérieur			Paroi en contact avec un l.n.c
	Extérieur orientation			
	N	E	O	
30°	5,81	7,04	9,9	5
40°	5,81	7,04	9,9	5
35,05	5,81	7,04	9,9	5

Tableau III. 4: Valeurs de $\Delta TS_{réf}$ pour les parois verticales de latitude (35.05°)

Paroi 1 (Est) (au contact avec l'extérieur)

$$Sint = 109,15 \text{ m}^2$$

$$C = 1,2 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \text{ (Logement en immeuble collectif) (chapitre 1-tab 1.5)}$$

$$\Delta TS_{réf} = 7,04 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Aréf,PV_{(Est)} = 109,15 \times 1,2 \times 7,04$$

$$Aréf,PV_{(Est)} = 922,09 \text{ w}$$

Paroi 2 (Nord) (au contact avec l'extérieur)

$$Sint = 56,70 \text{ m}^2$$

$$C = 1,2 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \text{ (Logement en immeuble collectif) (chapitre 1-tab 1.5)}$$

$$\Delta TS_{réf} = 5,81 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Aréf,PV_{(Nord)} = 56,70 \times 1,2 \times 5,81$$

$$Aréf,PV_{(Nord)} = 395,31 \text{ w}$$

Paroi 3 (Ouest) (au contact avec l'extérieur)

$$S_{int} = 29,65 \text{ m}^2$$

$$C = 1,2 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \text{ (Logement en immeuble collectif) (chapitre 1-tab 1.5)}$$

$$\Delta T_{Sr\acute{e}f} = 9,9 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Ar\acute{e}f, PV_{(Ouest)} = 29,65 \times 1,2 \times 9,9$$

$$Ar\acute{e}f, PV_{(Ouest)} = 352,24 \text{ w}$$

Paroi 4 et 5 (au contact avec un local non conditionnée)

$$S_{int} = 13,23 + 98,71$$

$$S_{int} = 111,94 \text{ m}^2$$

$$C = 1,2 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \text{ (Logement en immeuble collectif) (chapitre 1-tab 1.5)}$$

$$\Delta T_{Sr\acute{e}f} = 5 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Ar\acute{e}f, PV = 111,94 \times 1,2 \times 5$$

$$Ar\acute{e}f, PV = 671,64 \text{ w}$$

$$(Ar\acute{e}f, PV)_T = 922,09 + 395,31 + 352,24 + 671,64$$

$$(Ar\acute{e}f, PV)_T = 2341,28 \text{ w}$$

✓ **Apports de référence des parois vitrées**

$$Ar\acute{e}f, PVI = AVEr\acute{e}f + AVTr\acute{e}f$$

Les apports de référence dus à l'ensoleillement à travers une paroi vitrée AVEr_{éf} sont donnés par :

$$AVEr\acute{e}f = [SV_{ens} \times I_t + (SV - SV_{ens.}) \times I_d] \text{ } FS_{r\acute{e}f} \times N_{PVI, r\acute{e}f}$$

Paroi 1 (Est)

$$SV_{ens} = 14,40 \text{ m}^2$$

$$SV = 14,40 \text{ m}^2$$

$$I_t = [1 \times 0,8 \times 0,61 \times 1,03] \times 516$$

$$I_t = 259,36 \text{ w/m}^2$$

$$I_{t,d} = 516 \text{ w/m}^2$$

$$I_d = [1 \times 0,8 \times 0,61 \times 1,03] \times 516$$

$$I_d = 259,36 \text{ w/m}^2$$

$$FS_{\text{réf}} = 0,15 \text{ (locaux à usage d'habitation et d'hébergement) (chapitre 1-§ 3.5.2.1)}$$

$$N_{\text{PVI, réf}} = 0,31 \text{ (locaux à usage d'habitation et d'hébergement) (chapitre 1-tab 1.7)}$$

Donc :

$$AVE_{\text{réf}} = [14,40 \times 259,36 + (14,40 - 14,40) \times 259,36] \times 0,15 \times 0,31$$

$$AVE_{\text{réf}} = 173,66 \text{ w}$$

Paroi 3 (Ouest)

$$SV_{\text{ens}} = 3,60 \text{ m}^2$$

$$SV = 3,60 \text{ m}^2$$

$$I_t = [1 \times 0,8 \times 0,61 \times 1,03] \times 516$$

$$I_t = 259,36 \text{ w/m}^2$$

$$I_{t,d} = 516 \text{ w/m}^2$$

$$I_d = [1 \times 0,8 \times 0,61 \times 1,03] \times 516$$

$$I_d = 259,36 \text{ w/m}^2$$

$$FS_{\text{réf}} = 0,15 \text{ (locaux à usage d'habitation et d'hébergement) (chapitre 1-§ 3.5.2.1)}$$

$$N_{\text{PVI, réf}} = 0,31 \text{ (locaux à usage d'habitation et d'hébergement) (chapitre 1-tab 1.7)}$$

Donc :

$$AVE_{\text{réf}} = [3,60 \times 259,36 + (3,60 - 3,60) \times 259,36] \times 0,15 \times 0,31$$

$$AVE_{\text{réf}} = 43,41 \text{ w}$$

$$(AVE_{\text{réf}})_T = 173,66 + 43,41$$

$$(AVE_{\text{réf}})_T = 217,07 \text{ w}$$

Les apports de référence dus au gradient de température à travers une paroi vitrée AVTréf sont donnés par :

$$AVT_{\text{réf}} = e' \times S_{\text{ouv}} \times \Delta T_{S_{\text{réf}}, \text{PVI}}$$

$$e' = 4,2 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \text{ (les locaux à usage d'habitation et d'hébergement) (chapitre 1-§ 3.5.2.2)}$$

Paroi 1 (Est)

$$S_{\text{souv}} = 14,40 \text{ m}^2$$

$$\Delta T_{\text{Sréf, PVI}} \left\{ \begin{array}{l} \text{zone climatique B} \quad \text{alt} < 500 \text{ m} \\ \text{Paroi en contact avec l'extérieur} \end{array} \right.$$

$$\Delta T_{\text{Sréf, PVI}} = 11^\circ\text{C} \quad (\text{chapitre 1-tab 1.8})$$

$$AVT_{\text{réf}} = 4,2 \times 14,40 \times 11$$

$$AVT_{\text{réf}} = 665,28 \text{ w}$$

Paroi 3 (Ouest)

$$S_{\text{souv}} = 3,60 \text{ m}^2$$

$$\Delta T_{\text{Sréf, PVI}} \left\{ \begin{array}{l} \text{zone climatique B} \quad \text{alt} < 500 \text{ m} \\ \text{Paroi en contact avec l'extérieur} \end{array} \right.$$

$$\Delta T_{\text{Sréf, PVI}} = 11^\circ\text{C}$$

$$AVT_{\text{réf}} = 4,2 \times 3,60 \times 11$$

$$AVT_{\text{réf}} = 166,32 \text{ w}$$

$$AVT_{\text{réf}} = 665,28 + 166,32$$

$$\boxed{AVT_{\text{réf}} = 831,6 \text{ w}}$$

Alors :

$$Ar_{\text{éf, PVI}} = AVE_{\text{réf}} + AVT_{\text{réf}}$$

$$Ar_{\text{éf, PVI}} = AVE_{\text{réf}} + AVT_{\text{réf}}$$

Les apports de référence $Ar_{\text{éf, PVI}}$ pour une paroi vitrée en contact avec un local non conditionné sont donnés par :

$$Ar_{\text{éf, PVI}} = 4,5 \times S_{\text{souv}} \times \Delta T_{\text{Sréf, PVI}}$$

Paroi 5 (contact avec un local non conditionné)

$$S_{\text{souv}} = 7,20 \text{ m}^2$$

$$\Delta T_{\text{Sréf, PVI}} \left\{ \begin{array}{l} \text{zone climatique B} \quad \text{alt} < 500 \text{ m} \\ \text{Paroi en contact avec local non conditionné} \end{array} \right.$$

$$\Delta T_{\text{Sréf, PVI}} = 5^\circ\text{C}$$

$$Ar_{\text{éf, PVI}} = 4,5 \times 7,20 \times 5$$

$$\boxed{Ar_{\text{éf, PVI}} = 162 \text{ w}}$$

Donc :

$$(AVT_{\text{réf}})_T = 831,6 + 162$$

$$(AVT_{\text{réf}})_T = 993,6 \text{ w}$$

Alors :

$$\text{Aréf, PVI} = AVE_{\text{réf}} + AVT_{\text{réf}}$$

$$\text{Aréf, PVI} = 217,07 + 993,6$$

$$\text{Aréf, PVI} = 1210,67 \text{ w}$$

Alors :

Les apports calorifiques de référence Aréf sont :

$$\text{Aréf} = \text{Aréf, PH} + \text{Aréf, PV} + \text{Aréf, PVI}$$

$$\text{Aréf} = 15503,46 + 2341,28 + 1210,67$$

$$\text{Aréf} = 19055,41 \text{ w}$$

Donc :

$$\text{APO (15 h)} + \text{AV (15 h)} \leq 1,05 \times \text{Aréf (15 h)}$$

Appl num:

$$6619,68 + 276468,25 \leq 1,05 \times 19055,41$$

$$283087,93 > 20008,18$$

$$283\ 087,93 > 20\ 008,18$$

→ **Le bâtiment n'est pas confort dans l'été**

Conclusion

Dans cette partie de travail, nous avons remarqué et trouvé les apports calorifiques élevés, cela est dû à une mauvaise isolation thermique. Donc, après les calculs selon le DRT c3-4, nous avons vérifié selon la vérification réglementaire que l'apport calorifique est supérieur à l'apport calorifique de référence, donc notre bâtiment ne vérifie pas la réglementation en été, Cela signifie que il n'est pas confortable.

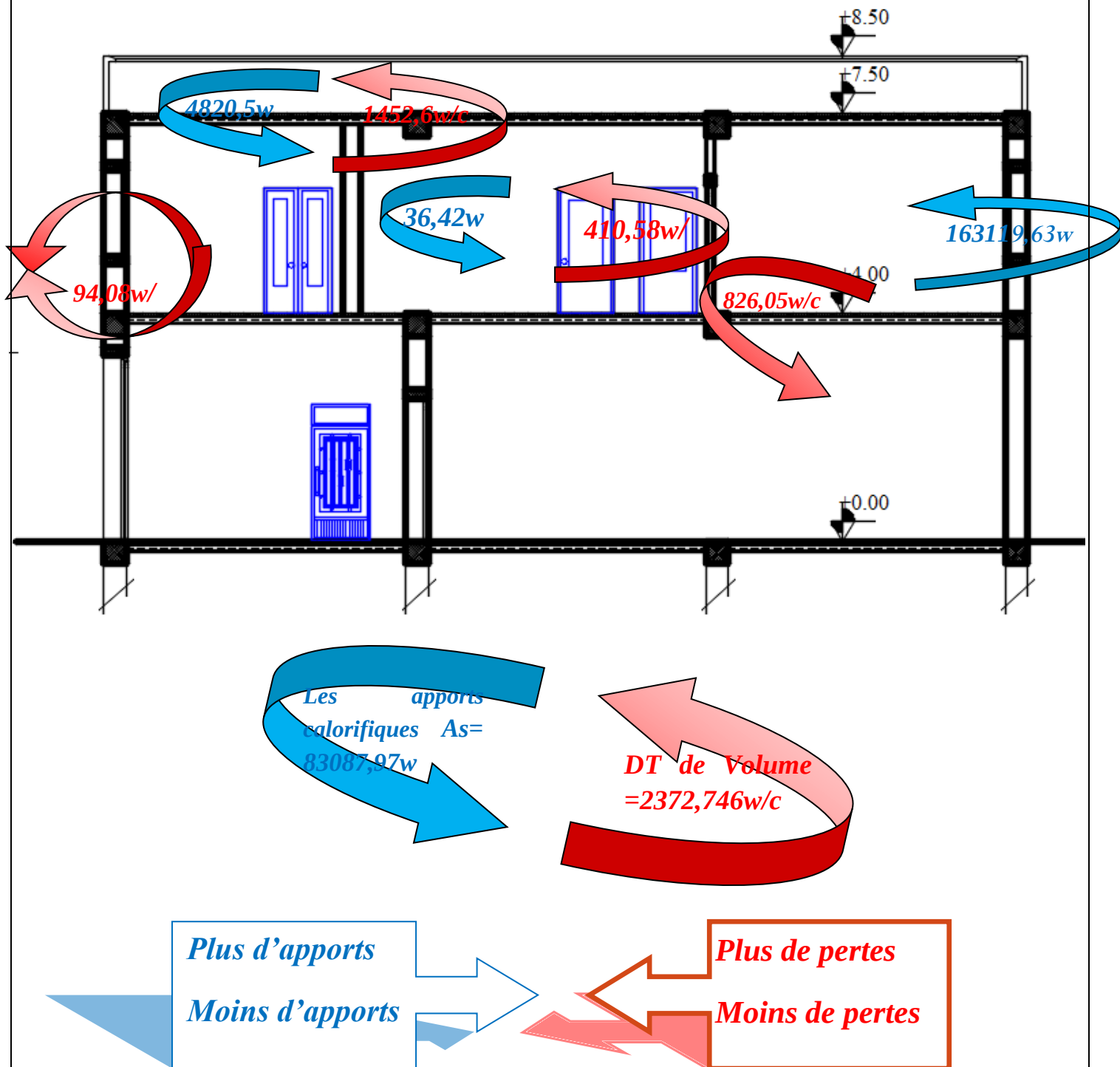


Figure III.9 : Schéma représente les valeurs des déperditions et les apports dans une coupe transversale

D'après une comparaison des données on synthétise les points suivants :

Les déperditions

$$D_T = 2372,746 > D_{ref} = 2193,174$$

Déperdition du volume : 2783,33 w

Déperdition de base totale : 52883,27 w

La puissance de chauffage installé : 53875,914 w

Les apports :

Apport calculé Apport de référence

$$283087,93w > 20008,18w$$

Avec les apports de chaleur à travers une paroi opaque APO pour les trois mois :

(Juillet 4747,76w), (Aout 4609,58w) et (Septembre 4025,83w) qui sont moins de la valeur théoriques de 15h de 6619,68, sachant que Les gains à travers les parois vitrées théoriques de 15h sont très élevé par rapport aux valeurs des trois mois (Juillet 163119,63w), (Aout 164111,12w) et (Septembre 157391,81w).

- ⇒ On remarque que plus on a des pertes dans la maison, plus on doit avoir une quantité d'apports calorifique, parce que pour avoir un très bon confort il faut augmenter la valeur des apports de référence.
- ⇒ Après avoir fait une comparaison entre les différentes déperditions qui sont déjà calculé on a remarqué que la valeur de déperdition totale est 2372,746, qui dépasse la valeur de déperdition de référence de plus de 8%, par rapport aux valeurs calculés 2193,174w, et une augmentation des apports à travers les parois vitrés parce qu'on a des surface importante entre 157391,81w et 164111,12w
- ⇒ D'après les résultats obtenus de la valeur de déperdition U_{bat} qui égale à 61262,878w elle s'approche de la valeur de déperdition de base 52883,27w et cette différence causé par la conductivité et la résistance des matériaux.
- ⇒ A cet effet notre structure qui est déjà pris en étude n'est pas confort, et pour améliorer cette situation on est obligé de rattraper ces pertes par puissance de chauffage et climatisation pour obtenir un bâtiment à haute performance.

Chapitre IV

La présentation des résultats obtenus par le logiciel pour l'étude

5.1 Introduction

Dans le cadre de ses activités de recherche, le CDER a développé une application appelée RETA - Régulation Thermique Algérienne.

Cette application est un logiciel libre d'accès internet (enregistrement requis) qui se présente sous la forme d'une interface graphique accessible via l'adresse web ([<http://reta.cder.dz/>]). Elle représente l'une des premières applications sur la réglementation thermique algérienne. Pour principal objectif de vérifier la conformité des projets de construction de bâtiment aux normes algériennes décrites dans les DTR C3-2 et C3-4.

La réglementation thermique algérienne s'appuie sur deux documents techniques qui instituent l'obligation pour les bâtiments neufs de vérifier ce qui suit :

Calcul réglementaire des déperditions calorifiques.

Calcul réglementaire des apports calorifiques.

5.2 Présentation du projet

5.2.1 Les données techniques de l'enveloppe

Localisation	Altitude	Latitude	Zone thermique hiver	Zone thermique été
Remchi	213	35,05	B	B

Tableau VI .1: Les données techniques de l'enveloppe

5.2.2 Les données techniques du bâtiment 1^{er} étage

Volume Brut	Volume Net	Usage		
2001.51 m ³	1747.97 m ³	Habitation	Logements collectifs	Confort Normal

Tableau VI .2: Les données techniques de l'enveloppe de 1^{er} étage

5.2.3 Les données des températures de l'enveloppe

Temps de fonctionnement (Climatisation)	Temps interne Hiver	Temps interne Eté
12 H	21°	27°

Tableau VI .3: Les données des températures de l'enveloppe

5.2.4 L'orientation

Le bâtiment étudié se trouvant à la commune de remchi. L'axe de façade principale orientée vers l'Ouest.

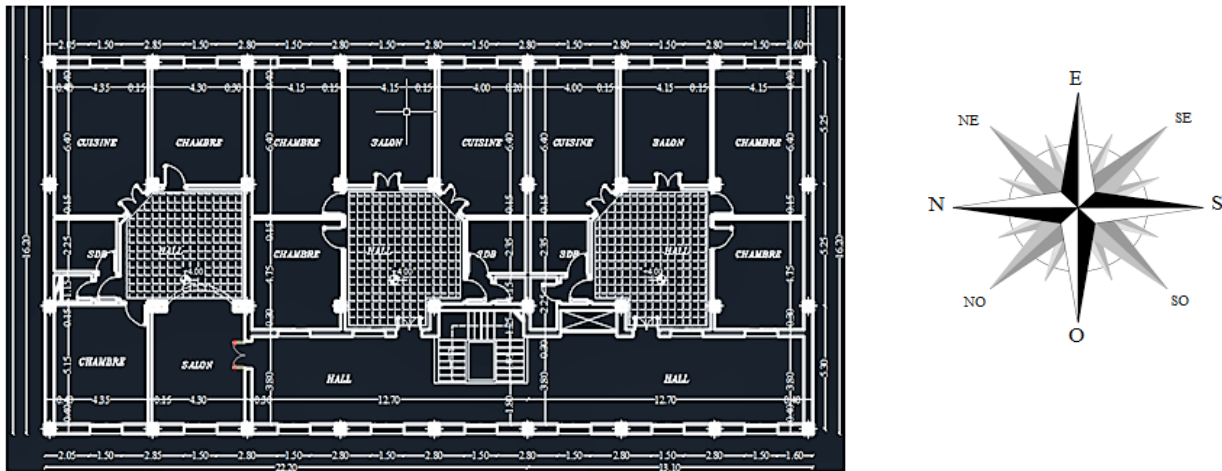


Figure VI.1: L'orientation de bâtiment

5.3 Présentation des différents éléments constructifs du logement :

Éléments constructifs de l'enveloppe Les matériaux de constructions constituant l'enveloppe du bâtiment sont dans les tableaux suivants :

5.3.1 Les murs

Composition (de l'extérieur vers l'intérieur)

Matériaux	Epaisseur [m]
Mortier de ciment	0,015
Brique creuse	0,2
Lame d'air pour mur de 5 mm	0,05
Brique creuse	0,15
Mortier de ciment	0,015

Tableau VI.4: la composition des murs de l'enveloppe

5.3.2 Les données thermiques de composition de mur

Matériaux	Conductivité λ [W/ (m. °C)]
Mortier de ciment	1,4
Brique creuse	0,51
Lame d'air pour mur de 5 mm	0,312
Brique creuse	0,5
Mortier de ciment	1,4

Tableau VI .5: les matériaux et son conductivité

5.3.3 Plancher bas

Composition (de l'extérieur vers l'intérieur) de Plancher bas :

Matériaux	Epaisseur [m]
Béton (DF)	0,05
Lourdis	0,16
Enduit in	0,015
Revêtement (granito)	0,04

Tableau VI .6: la composition de plancher bas

Les données thermiques de composition de plancher bas :

Matériaux	Conductivité λ [W/ (m. °C)]
Béton (DF)	1,75
Lourdis	1,14
Enduit in	1,4
Revêtement (granito)	2,1

Tableau VI .7: les matériaux et son conductivité (plancher bas)

5.3.4 Plancher haut

Composition (de l'extérieur vers l'intérieur) de Plancher haut :

Matériaux	Epaisseur [m]
Béton (DF)	0,05
Lourdis	0,16
Enduit in	0,015

Tableau VI .8: la composition de plancher haut

Les données thermiques de composition de plancher haut :

Matériaux	Conductivité λ [W/ (m. °C)]
Béton (DF)	1,75
Lourdis	1,14
Enduit in	1,4

Tableau VI .9: les matériaux et son conductivité (plancher haut)

5.4 Réglementation et outil de calcul utilisé :

Dans notre projet on a utilisé le Document Technique Réglementaire (DTR C3-2) pour calculer les déperditions calorifiques et dimensionnement de chauffage, et le (DTRC3-4) pour le calcul des apports calorifiques et le dimensionnement de climatisation. Pour faire le bilan thermique de notre bâtiment on a utilisé le logiciel RETA, cette application a pour principal objet de vérifier la conformité des constructions aux normes algériennes décrites dans ses deux DTR.

5.5 Les étapes de calcul d'un bilan thermique des bâtiments

1. Calcul de la résistance thermique et le coefficient K
2. Déperdition thermique et les apports calorifiques de chaque mur
3. Afficher les profils de température en été et en hiver
4. Déperdition thermique et les apports calorifiques totaux de paroi

5. Vérification de déperdition calorifique total / déperdition de référence

6. Dimensionner le chauffage et la climatisation

5.6 Résultat de calcul d'un bilan thermique des bâtiments par Réta

Fiche technique du projet

projet pfe

Donnée techniques

Localisation	Altitude	Latitude	Zone Thermique Hiver	Zone Thermique Eté
	213,00 m	35,05 °	A	A

Conditions externes

Temp. externe en hiver	Temp. externe en été	Humidité spécifique	Ecart diurne
3,00°	34,00 °	14,50	9,00

Toitures

Nom	Surface	DT	DTréf	APO	APOréf
plancher haut	462,24 m2	1 708,10 W/°C	416,02 W/°C	24 586,77 W	5 570,45 W
Total	462,24 m2	1 708,10 W/°C	416,02 W/°C	24 586,77 W	5 570,45 W

Murs

Nom	Surface	DT	DTréf	APO	APOréf
façade Est	109,15 m2	121,21 W/°C	130,98 W/°C	899,02 W	771,47 W
façade Nord	56,70 m2	62,97 W/°C	68,04 W/°C	265,53 W	317,07 W
façade Ouest	29,65 m2	32,93 W/°C	35,58 W/°C	372,16 W	311,33 W
façade Sud In	13,23 m2	15,49 W/°C	15,88 W/°C	87,01 W	63,50 W
façade Ouest In	98,71 m2	115,59 W/°C	118,45 W/°C	649,22 W	473,81 W
façade Sud	42,00 m2	40,12 W/°C	50,40 W/°C	224,88 W	201,60 W
Total	349,44 m2	388,31 W/°C	419,33 W/°C	2 497,83 W	2 138,78 W

Fenêtres

Nom	Surface	DT	DTréf	AVT	AVE	AV	AVréf
fen Est	14,40 m ²	76,80 W/°C	54,72 W/°C	534,73 W	186,42 W	721,15 W	451,32 W
fen Ouest	3,60 m ²	19,20 W/°C	13,68 W/°C	133,68 W	687,98 W	821,66 W	209,04 W
fen Ouest In	7,20 m ²	0,00 W/°C	27,36 W/°C	223,60 W	0,00 W	223,60 W	129,60 W
Total	25,20 m ²	96,00 W/°C	95,76 W/°C	892,02 W	874,40 W	1 766,41 W	789,96 W

Portes

Nom	Surface	DT	DTréf	APO	APOréf
port Sud In	2,52 m ²	5,44 W/°C	7,56 W/°C	30,09 W	12,10 W
port Ouest In	5,04 m ²	10,89 W/°C	15,12 W/°C	60,18 W	24,19 W

Planchers

Nom	Surface	DT	DTréf	APO	APOréf
plancher bas	462,24 m ²	294,41 W/°C	924,48 W/°C	19 882,98 W	4 992,19 W
Total	462,24 m ²	294,41 W/°C	924,48 W/°C	19 882,98 W	4 992,19 W

Mur : façade Est

Données techniques

Surface	Orientation	Contact	Coéf. en Hiver	Coéf. en Eté
109,15 m ²	E	Exterieur	1,20 W/m ² .°C	1,20 W/m ² .°C

Composition (de l'extérieur vers l'intérieur) :

Matériau	Conductivité	Epaisseur	Résistance
Mortier de ciment	1,40 W/m.°C	0,02 m	0,01 m ² .°C/W
Brique creuse	0,48 W/m.°C	0,20 m	0,42 m ² .°C/W
Lame d'air pour mur de 24 à 50 mm	0,00 W/m.°C	0,05 m	0,16 m ² .°C/W
Brique creuse	0,48 W/m.°C	0,15 m	0,31 m ² .°C/W
Mortier de ciment	1,40 W/m.°C	0,02 m	0,01 m ² .°C/W
Total		0,43 m	0,91 m ² .°C/W

Coéfficients :

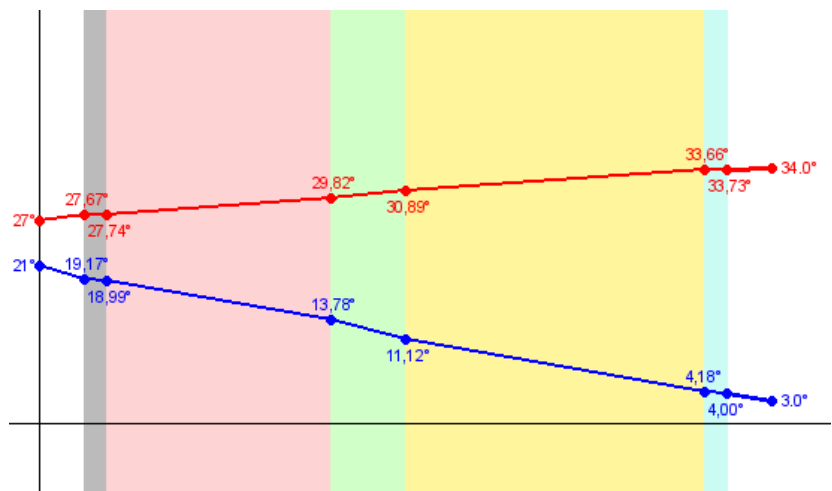
Résistances sup. Hiver	Coéf. K Hiver	Résistances sup. Eté	Coéf. K Eté	Facteur d'absorption alpha
0,17 W/m ² .°C	0,93 W/m ² .°C	0,14 W/m ² .°C	0,95 W/m ² .°C	1,00

Tranferts thermiques :

DT	DTréf	APO	APOréf
121,21 W/°C	130,98 W/°C	899,02 W	771,47 W

Profile de température :

De l'intérieur vers l'extérieur



Couche	Température Hiver	Température Été
Température intérieure	21,00 °C	27,00 °C
Température de surface intérieure	19,17 °C	27,67 °C
1- Mortier de ciment	18,99 °C	27,74 °C
2- Brique creuse	13,78 °C	29,82 °C
3- Lame d'air pour mur de 24 à 50 mm	11,12 °C	30,89 °C
4- Brique creuse	4,18 °C	33,66 °C
5- Mortier de ciment	4,00 °C	33,73 °C
Température de surface extérieure	4,00 °C	33,73 °C
Température extérieure	3,00 °C	34,00 °C

La présentation des résultats obtenus par le logiciel pour l'étude
Mur : façade Nord

Données techniques

Surface	Orientation	Contact	Coéf. a Hiver	Coéf. a Eté
56,70 m ²	N	Exterieur	1,20 W/m ² .°C	1,20 W/m ² .°C

Composition (de l'extérieur vers l'intérieur) :

Matériau	Conductivité	Epaisseur	Résistance
Mortier de ciment	1,40 W/m.°C	0,02 m	0,01 m ² .°C/W
Brique creuse	0,48 W/m.°C	0,20 m	0,42 m ² .°C/W
Lame d'air pour mur de 24 à 50 mm	0,00 W/m.°C	0,05 m	0,16 m ² .°C/W
Brique creuse	0,48 W/m.°C	0,15 m	0,31 m ² .°C/W
Mortier de ciment	1,40 W/m.°C	0,02 m	0,01 m ² .°C/W
Total		0,43 m	0,91 m ² .°C/W

Coéfficients :

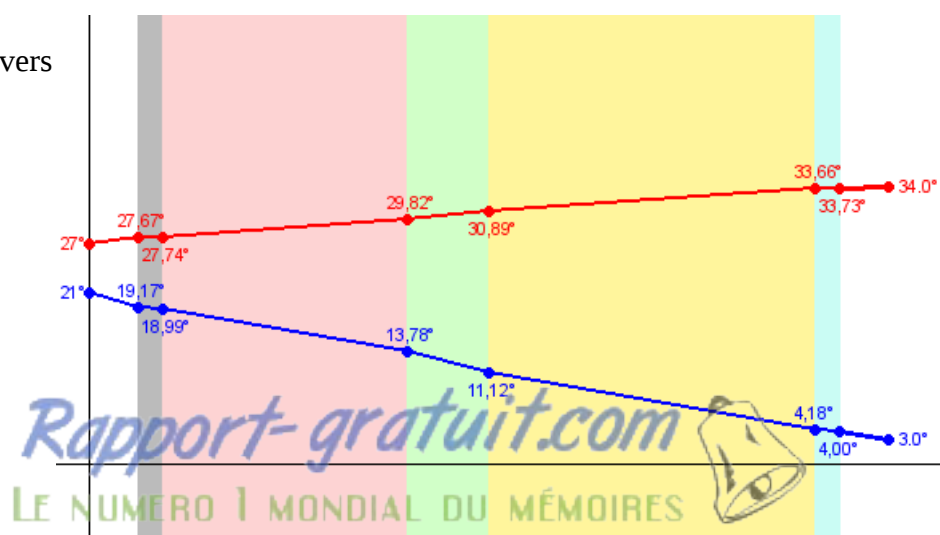
Résistances sup. Hiver	Coéf. K Hiver	Résistances sup. Eté	Coéf. K Eté
0,17 W/m ² .°C	0,93 W/m ² .°C	0,14 W/m ² .°C	0,95 W/m ² .°C

Tranferts thermiques :

DT	DTréf	APO	APOréf
62,97 W/°C	68,04 W/°C	265,53 W	317,07 W

Profile de température :

De l'intérieur vers l'extérieur



Couche	Température Hiver	Température Eté
Température intérieure	21,00 °C	27,00 °C
Température de surface intérieure	19,17 °C	27,67 °C
1- Mortier de ciment	18,99 °C	27,74 °C
2- Brique creuse	13,78 °C	29,82 °C
3- Lamelle d'air pour mur de 24 à 50 mm	11,12 °C	30,89 °C
4- Brique creuse	4,18 °C	33,66 °C
5- Mortier de ciment	4,00 °C	33,73 °C
Température de surface extérieure	4,00 °C	33,73 °C
Température extérieure	3,00 °C	34,00 °C

Mur : façade Ouest

Données techniques

Surface	Orientation	Contact	Coéf. a Hiver	Coéf. a Eté
29,65 m²	O	Exterieur	1,20 W/m².°C	1,20 W/m².°C

Composition (de l'extérieur vers l'intérieur) :

Matériau	Conductivité	Epaisseur	Résistance
Mortier de ciment	1,40 W/m.°C	0,02 m	0,01 m².°C/W
Brique creuse	0,48 W/m.°C	0,20 m	0,42 m².°C/W
Lamelle d'air pour mur de 24 à 50 mm	0,00 W/m.°C	0,05 m	0,16 m².°C/W
Brique creuse	0,48 W/m.°C	0,15 m	0,31 m².°C/W
Mortier de ciment	1,40 W/m.°C	0,02 m	0,01 m².°C/W
Total		0,43 m	0,91 m².°C/W

Coéfficients :

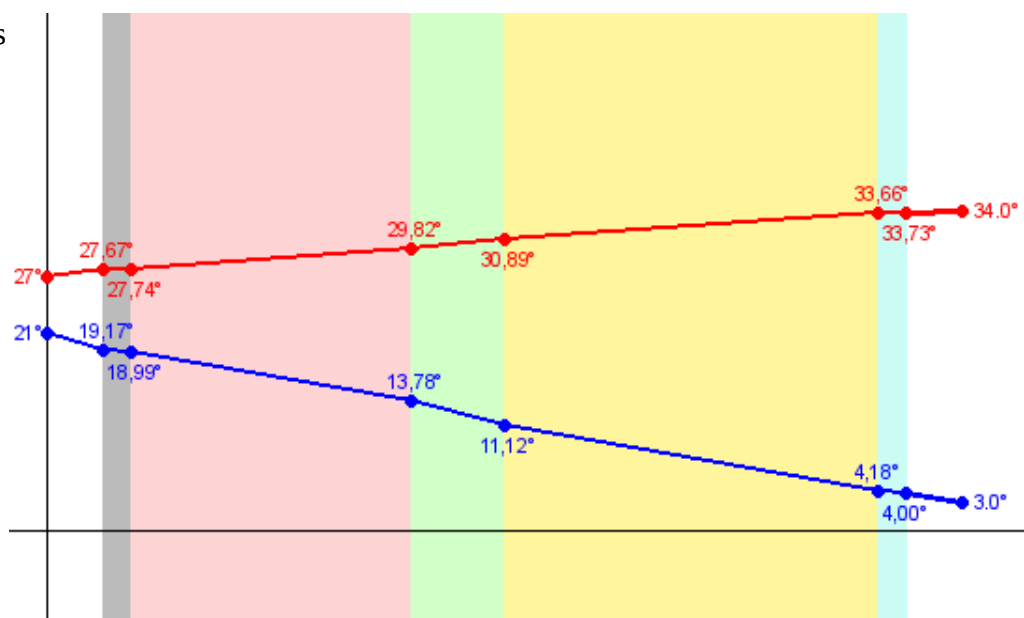
Résistances sup. Hiver	Coéf. K Hiver	Résistances sup. Eté	Coéf. K Eté	Facteur d'absorption alpha
0,17 W/m².°C	0,93 W/m².°C	0,14 W/m².°C	0,95 W/m².°C	1,00

Transferts thermiques :

DT	DTréf	APO	APOréf
32,93 W/°C	35,58 W/°C	372,16 W	311,33 W

Profile de température :

De l'intérieur vers
l'extérieur



Couche	Température Hiver	Température Eté
Température intérieure	21,00 °C	27,00 °C
Température de surface intérieure	19,17 °C	27,67 °C
1- Mortier de ciment	18,99 °C	27,74 °C
2- Brique creuse	13,78 °C	29,82 °C
3- Lamelle d'air pour mur de 24 à 50 mm	11,12 °C	30,89 °C
4- Brique creuse	4,18 °C	33,66 °C
5- Mortier de ciment	4,00 °C	33,73 °C
Température de surface extérieure	4,00 °C	33,73 °C
Température extérieure	3,00 °C	34,00 °C

Mur : façade Sud In

Données techniques

Surface	Orientation	Contact	Coéf. a Hiver	Coéf. a Eté
13,23 m ²	S	Local non chauffe et non climatisé	1,20 W/m ² .°C	1,20 W/m ² .°C

La présentation des résultats obtenus par le logiciel pour l'étude

Composition (de l'extérieur vers l'intérieur) :

Matériau	Conductivité	Epaisseur	Résistance
Mortier de ciment	1,40 W/m.°C	0,02 m	0,01 m².°C/W
Brique creuse	0,48 W/m.°C	0,15 m	0,31 m².°C/W
Lame d'air pour mur de 24 à 50 mm	0,00 W/m.°C	0,05 m	0,16 m².°C/W
Brique creuse	0,48 W/m.°C	0,10 m	0,21 m².°C/W
Mortier de ciment	1,40 W/m.°C	0,02 m	0,01 m².°C/W
Total		0,33 m	0,70 m².°C/W

Coéfficients :

Résistances sup. Hiver	Coéf. K Hiver	Résistances sup. Eté	Coéf. K Eté
0,22 W/m².°C	1,08 W/m².°C	0,21 W/m².°C	1,10 W/m².°C

Tranferts thermiques :

Réduction Tau	DT	DTréf	Réduction Clnc	APO	APOréf
0,90	15,49 W/°C	15,88 W/°C	1,00 W/m².°C	87,01 W	63,50 W

Mur : façade Ouest In

Données techniques

Surface	Orientation	Contact	Coéf. a Hiver	Coéf. a Eté
98,71 m²	O	Local non chauffe et non climatisé	1,20 W/m².°C	1,20 W/m².°C

Composition (de l'extérieur vers l'intérieur) :

Matériau	Conductivité	Epaisseur	Résistance
Mortier de ciment	1,40 W/m.°C	0,02 m	0,01 m².°C/W
Brique creuse	0,48 W/m.°C	0,15 m	0,31 m².°C/W
Lame d'air pour mur de 24 à 50 mm	0,00 W/m.°C	0,05 m	0,16 m².°C/W
Brique creuse	0,48 W/m.°C	0,10 m	0,21 m².°C/W
Mortier de ciment	1,40 W/m.°C	0,02 m	0,01 m².°C/W
Total		0,33 m	0,70 m².°C/W

Coefficients :

Résistances sup. Hiver	Coéf. K Hiver	Résistances sup. Eté	Coéf. K Eté
0,22 W/m ² .°C	1,08 W/m ² .°C	0,21 W/m ² .°C	1,10 W/m ² .°C

Tranferts thermiques :

Réduction Tau	DT	DTréf	Réduction Clnc	APO	APOréf
0,90	115,59 W/°C	118,45 W/°C	1,00 W/m ² .°C	649,22 W	473,81 W

Plancher : plancher bas

Données techniques

Surface	Orientation	Contact	Coéf. a Hiver	Coéf. a Eté
462,24 m ²	Horizontal	Local non chauffé et non climatisé	2,00 W/m ² .°C	2,70 W/m ² .°C

Composition (de l'extérieur vers l'intérieur) :

Matériau	Conductivité	Epaisseur	Résistance
Mortier de ciment	1,40 W/m.°C	0,02 m	0,01 m ² .°C/W
Blocs creux en béton de granulats lourds	1,10 W/m.°C	0,16 m	0,15 m ² .°C/W
Béton plein	1,75 W/m.°C	0,05 m	0,03 m ² .°C/W
Mortier de ciment	1,40 W/m.°C	0,03 m	0,02 m ² .°C/W
Carreaux de mosaïque de marbre dit « granito »	2,10 W/m.°C	0,04 m	0,02 m ² .°C/W
Total		0,30 m	0,23 m ² .°C/W

Coefficients :

Résistances sup. Hiver	Coéf. K Hiver	Résistances sup. Eté	Coéf. K Eté
0,34 W/m ² .°C	1,77 W/m ² .°C	0,17 W/m ² .°C	2,53 W/m ² .°C

Tranferts thermiques :

Réduction Tau	DT	DTréf	Réduction Clnc	APO	APOréf
0,30	294,41 W/°C	924,48 W/°C	-10,00 W/m ² .°C	19 882,98 W	4 992,19 W

La présentation des résultats obtenus par le logiciel pour l'étude
Mur : façade Sud

Données techniques

Surface	Orientation	Contact	Coéf. a Hiver	Coéf. a Eté
42,00 m ²	S	Local non chauffé et non climatisé	1,20 W/m ² .°C	1,20 W/m ² .°C

Composition (de l'extérieur vers l'intérieur) :

Matériau	Conductivité	Epaisseur	Résistance
Mortier de ciment	1,40 W/m.°C	0,02 m	0,01 m ² .°C/W
Brique creuse	0,48 W/m.°C	0,20 m	0,42 m ² .°C/W
Lame d'air pour mur de 24 à 50 mm	0,00 W/m.°C	0,05 m	0,16 m ² .°C/W
Brique creuse	0,48 W/m.°C	0,15 m	0,31 m ² .°C/W
Mortier de ciment	1,40 W/m.°C	0,02 m	0,01 m ² .°C/W
Total		0,43 m	0,91 m ² .°C/W

Coéfficients :

Résistances sup. Hiver	Coéf. K Hiver	Résistances sup. Eté	Coéf. K Eté
0,22 W/m ² .°C	0,88 W/m ² .°C	0,21 W/m ² .°C	0,89 W/m ² .°C

Tranferts thermiques :

Réduction Tau	DT	DTréf	Réduction Clnc	APO	APOréf
0,90	40,12 W/°C	50,40 W/°C	1,00 W/m ² .°C	224,88 W	201,60 W

Toiture : plancher haut

Données techniques

Surface	Orientation	Contact	Coéf. a Hiver	Coéf. a Eté
462,24 m ²	Horizontal	Exterieur	0,90 W/m ² .°C	0,90 W/m ² .°C

Composition (de l'extérieur vers l'intérieur) :

Matériau	Conductivité	Epaisseur	Résistance
Béton plein	1,75 W/m.°C	0,05 m	0,03 m ² .°C/W
Blocs creux en béton de granulats lourds	1,10 W/m.°C	0,16 m	0,15 m ² .°C/W
Mortier de ciment	1,40 W/m.°C	0,02 m	0,01 m ² .°C/W
Total		0,23 m	0,18 m ² .°C/W

Coéfficients :

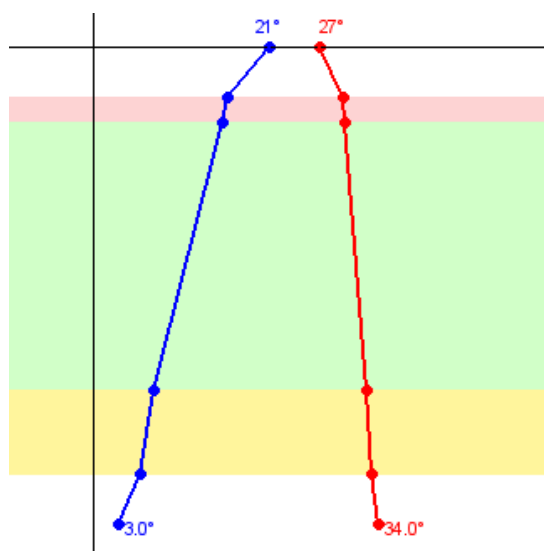
Résistances sup. Hiver	Coéf. K Hiver	Résistances sup. Eté	Coéf. K Eté	Facteur d'absorption alpha
0,14 W/m ² .°C	3,08 W/m ² .°C	0,20 W/m ² .°C	2,60 W/m ² .°C	1,00

Tranferts thermiques :

DT	DTréf	APO	APOréf
1 708,10 W/°C	416,02 W/°C	24 586,77 W	5 570,45 W

Profile de température :

De l'intérieur vers l'extérieur



Couche	Température Hiver	Température Eté
Température intérieure	21,00 °C	27,00 °C
Température de surface intérieure	16,01 °C	29,91 °C
1- Mortier de ciment	15,42 °C	30,11 °C
2- Blocs creux en béton de granulats lourds	7,36 °C	32,75 °C
3- Béton plein	5,77 °C	33,27 °C
Température de surface extérieure	5,77 °C	33,27 °C
Température extérieure	3,00 °C	34,00 °C

Fenêtre : fen Est

Données techniques

Surface	Surface vitrée	Orientation	Contact
14,40 m ²	14,40 m ²	E	Exterieur

Composition

Composition	Kvn Hiver	Kvn Eté	Rv	Rrid	Rocc
Bois / Vitrage simple / -	5,00 W/m².°C	4,97 W/m².°C	0,03 (m².°C)/W	0,00 (m².°C)/W	0,00 (m².°C)/W

Coéfficients K :

Résistance totale	Coéf. K Hiver	Résistances sup. Hiver	Résistances sup. Eté	Coéf. K Eté
0,03 (m².°C)/W	4,44 W/m².°C	0,17 (m².°C)/W	0,14 (m².°C)/W	4,42 W/m².°C

Tranferts thermiques :

DT	Coéf. e	DTréf	AVT	Coéf. e'	AVTréf
76,80 W/m.°C	3,80 W/m².°C	54,72 W/m.°C	534,73 W	4,20 W/m².°C	423,36 W

Apports thermiques par ensoleillement:

Orientation	Surface vitrée	Surface ensoleillée	Facteur solaire	AVE	AVEréf
E	14,40 m²	0,00 m²	1,00	186,42 W	27,96 W

Infiltration d'air :

Hauteur Moyenne	Qs	QVOinf
1,00 m	0,00 m³/h	Vent Perpendiculaire : 208,80 m³/h Vent oblique : 125,28 m³/h

Fenêtre : fen Ouest

Données techniques

Surface	Surface vitrée	Orientation	Contact
3,60 m²	3,60 m²	O	Exterieur

Composition

Composition	Kvn Hiver	Kvn Eté	Rv	Rrid	Rocc
Bois / Vitrage simple / -	5,00 W/m².°C	4,97 W/m².°C	0,03 (m².°C)/W	0,00 (m².°C)/W	0,00 (m².°C)/W

Coefficients K :

Résistance totale	Coéf. K Hiver	Résistances sup. Hiver	Résistances sup. Eté	Coéf. K Eté
0,03 (m ² .°C)/W	4,44 W/m ² .°C	0,17 (m ² .°C)/W	0,14 (m ² .°C)/W	4,42 W/m ² .°C

Tranferts thermiques :

DT	Coéf. e	DTréf	AVT	Coéf. e'	AVTréf
19,20 W/m.°C	3,80 W/m ² .°C	13,68 W/m.°C	133,68 W	4,20 W/m ² .°C	105,84 W

Apports thermiques par ensoleillement:

Orientation	Surface vitrée	Surface ensoleillée	Facteur solaire	AVE	AVEréf
O	3,60 m ²	3,60 m ²	1,00	687,98 W	103,20 W

Infiltration d'air :

Hauteur Moyenne	Qs	QVOinf
1,00 m	0,00 m ³ /h	Vent Perpendiculaire : 52,20 m ³ /h Vent oblique : 31,32 m ³ /h

Porte : port Sud In

Données techniques

Surface	Composition	Orientation	Contact	Coéf. d Hiver	Coéf. d Eté
2,52 m ²	Porte en bois - Opaque	S	Local non chauffe et non climatise	3,00 W/m ² .°C	1,20 W/m ² .°C

Composition et coefficients K :

Kvn Hiver	Kvn Eté	Coéf. K Hiver	Résistances sup. Hiver	Résistances sup. Eté	Coéf. K Eté
2,00 W/m ² .°C	1,99 W/m ² .°C	2,00 W/m ² .°C	0,22 W/m ² .°C	0,21 W/m ² .°C	1,99 W/m ² .°C

Tranferts thermiques :

Réduction Tau	DT	DTréf	Réduction Clnc	APO	APOréf
0,90	5,44 W/°C	7,56 W/°C	1,00 W/m².°C	30,09 W	12,10 W

Infiltration d'air :

Hauteur Moyenne	Qs	QVOinf
0,00 m	0,00 m3/h	Vent Perpendiculaire : 0,00 m3/h Vent oblique : 0,00 m3/h

Porte : port Ouest In

Données techniques

Surface	Composition	Orientation	Contact	Coéf. d Hiver	Coéf. d Eté
5,04 m²	Porte en bois - Opaque	O	Local non chauffe et non climatise	3,00 W/m².°C	1,20 W/m².°C

Composition et coefficients K :

Kvn Hiver	Kvn Eté	Coéf. K Hiver	Résistances sup. Hiver	Résistances sup. Eté	Coéf. K Eté
2,00 W/m².°C	1,99 W/m².°C	2,00 W/m².°C	0,22 W/m².°C	0,21 W/m².°C	1,99 W/m².°C

Tranferts thermiques :

Réduction Tau	DT	DTréf	Réduction Clnc	APO	APOréf
0,90	10,89 W/°C	15,12 W/°C	1,00 W/m².°C	60,18 W	24,19 W

Infiltration d'air :

Hauteur Moyenne	Qs	QVOinf
0,00 m	0,00 m3/h	Vent Perpendiculaire : 0,00 m3/h Vent oblique : 0,00 m3/h

Fenêtre : fen Ouest In

Données techniques

Surface	Surface vitrée	Orientation	Contact
7,20 m²	5,04 m²	O	Local non chauffé et non climatisé

Composition

Composition	Kvn Hiver	Kvn Eté	Rv	Rrid	Rocc
Bois / Vitrage simple / -	5,00 W/m ² .°C	4,99 W/m ² .°C	0,03 (m ² .°C)/W	0,00 (m ² .°C)/W	0,00 (m ² .°C)/W

Coéfficients K :

Résistance totale	Coéf. K Hiver	Résistances sup. Hiver	Résistances sup. Eté	Coéf. K Eté
0,03 (m ² .°C)/W	4,44 W/m ² .°C	0,22 (m ² .°C)/W	0,21 (m ² .°C)/W	4,44 W/m ² .°C

Tranferts thermiques :

Réduction Tau	DT	Coéf. e	DTréf	Réduction Clnc	AVT	Coéf. e'	AVTréf
0,00	0,00 W/m.°C	3,80 W/m ² .°C	27,36 W/m.°C	W/m ² .°C	223,60 W	4,50 W/m ² .°C	129,60 W

Apports thermiques par ensoleillement:

Orientation	Surface vitrée	Surface ensoleillée	Facteur solaire	AVE	AVEréf
O	5,04 m ²	0,00 m ²	1,00	0,00 W	0,00 W

Infiltration d'air :

Hauteur Moyenne	Qs	QVOinf
0,00 m	0,00 m ³ /h	Vent Perpendiculaire : 0,00 m ³ /h Vent oblique : 0,00 m ³ /h

Synthèse des enveloppes

Nom de l'enveloppe	Usage	Conformité Hiver C-3.2	Conformité Eté C-3.4
projet pfe	habitation	Non conforme	Non conforme

Synthèse des échanges thermiques en hiver

DT	Dréf	Vérification C-3.2
2 503,15 W/°C	1 878,26 W/°C	1,33 Non conforme

Synthèse des échanges thermiques en été

APO non Aériennes	APO Aériennes	APOréf	AV	AVréf	Vérification C-3.4	
0,00 W	47 057,84 W	12 737,71 W	1 766,41 W	789,96 W	3,61	Non conforme

Renouveaulement et infiltration d'air en hiver

QS	QV	DR	QVinf
105,84 m3/h	973,35 m3/h	366,92 W/°C	208,80 m3/h - Orientation: E

Renouveaulement et infiltration d'air en été

QVan	ARENs	AINFs	ARENI	AINFI	Renouvellement d'air total
973,35 m3/h	2180,30 W	467,71 W	845,58 W	181,39 W	3674,99 W

Puissance de chauffage

Cin : Coefficient de surpuissance	Cr : Coefficient des pertes calorifiques dues au réseau de tuyauteries éventuel	Puissance de chauffage
0,20	0,20	62,3 kW

Puissance de climatisation

Nombre d'occupants	Puissance d'eclairage	Autres puissances dégagées	Puissance de Climatisation
7,50	1 890,00	7 550,00	56,3 kW

5.7 Comparaison des résultats entre le DTR et RETA

A partir de ce rapport, on a trouvé qu'il y a un rapprochement des résultats et l'autre différent entre le calcul manuel et logiciel (RETA).

Les déperditions totales

(DT= 2372,74 w/°c) et RETA (DT= 2503,15 w/°c), la même chose pour les déperditions de références (Dréf= 2088,73 w/°c) et RETA (Dréf= 1878,26 w/°c).

Les apports à travers les parois opaques

(APO= 4533.85 w) et RETA (APO= 47057,84 w), pour les apports de références des parois opaque (APOréf=6619,68 w) et RETA (APOréf=12737,71 w).

Les apports à travers les parois vitrées

(AV= 161502,87 w) et RETA (AV= 1766,41 w), pour les apports de références des parois vitrées (AVréf= 276468,25 w) et RETA (AVréf= 789,96 w).

Le débit supplémentaire par infiltration dues au vent

(Qs=234,25 m³/h) et RETA (Qs= 105,84 m³/h).

Le débit spécifique de ventilation

(Qv= 973,35 m³/h) et RETA (Qv= 973,35 m³/h)

Les Déperdition par renouvellement d'air d'un volume

(DR= 410,58 w/°c) et RETA (DR= 366,92 w/°c)

Les apports de chaleur par introduction d'air extérieur

Les gains sensibles dus aux infiltrations

(AINFs= 36,42 w) et RETA (AINFs= 467,71 w)

Les gains latents dus aux infiltrations

(AINFl= 138,67 w) et RETA (AINFl= 181,39 w)

La puissance de chauffage installé

(Q= 53875,91 w = 53,8 kw) et RETA (Q= 62 kw) et méthode Ubat (Q= 61,2 kw)

Remarque

Quand nous avons calculé le bilan thermique à partir le DTR c 3-2 et c 3-4 (chapitre 1 et 2), on a constaté que notre projet appartient à la zone climatique B, inverser quand nous avons utilisé logiciel RETA qui nous a compté avec la zone climatique A. Donc quand il y a une différence dans les zones climatique il y aura des résultats différents.

The screenshot shows the 'Modifier projet' (Edit project) window with two tabs: 'Données techniques' (Technical data) and 'Description'. The 'Description' tab is active. It contains several input fields and dropdown menus for project configuration. The 'Altitude (m)' field is set to 213. The 'Latitude en °' field is set to 35.05. The 'Site d'implantation' (Installation site) dropdown is set to 'Zones urbaines ; zones indus'. The 'Classe de rugosité' (Roughness class) is 'Classe IV' and the 'Coef. de limpidité de l'atmosphère' (Atmospheric clarity coefficient) is 0.870. The 'Wilaya' (Region) dropdown is set to '13 – Tiemcen'. The 'Groupes de communes' (Commune groups) section shows a list of groups, with 'Groupe 2: Beni Khellad, Beni Khellaf, Remchi, Sebbaa Chioukh, El Fehoul, Honaine, Bensekrane, Beni Ouarsous, Da' highlighted. The 'Zones Climatiques' (Climate zones) section shows 'Été : A' and 'Hiver : A' selected. The 'Activer Windows' (Activate Windows) watermark is visible in the bottom right corner. The 'Modifier' (Edit) and 'Annuler' (Cancel) buttons are at the bottom right.

Figure VI .2: la zone climatique de projet

5.8 Conclusion

Le calcul d'un bilan thermique permet de connaître avec précision la quantité d'énergie qu'il faudra pour chauffer et refroidir une pièce, la précision de ce calcul est essentielle non seulement pour le coût de l'installation, mais aussi pour son fonctionnement.

Les éléments prise en compte dans ce calcul sont nombreux, il faudra connaître la nature, l'exposition, la surface des murs et des parois vitrées, ces éléments étant multipliés par des coefficients variables en fonction de l'altitude, du rayonnement solaire, de la situation géographique, d'autres éléments doivent être prise en compte tels que le renouvellement de l'air naturel ou mécanique, les différents ponts thermiques ainsi que les contributions qui vont pondérer le calcul, par exemple l'éclairage, l'occupation humaine, Etc.

Chapitre V

Bilan thermique de chambre froide

6.1 Introduction [31]

Notre projet contient deux parties, la première partie est des logements et la seconde partie des chambres froides et notre objectif est de calculer un bilan thermique de cette dernière.

Les chambres froides sont utilisées pour conserver les produits alimentaires dans de bonnes conditions de qualité en vue d'une consommation ultérieure.

Les chambres froides évitent :

Les pertes de couleurs du produit.

Les pertes de qualité du produit.

Les pertes de valeur.

Les pertes de poids des produits entreposés.

Les calculs d'une chambre froide doivent satisfaire à trois conditions suivant le produit à traiter :

La température

L'hygrométrie

La ventilation

6.2 Bilan thermique de la chambre froide

Le bilan thermique de la chambre froide nous permet de déterminer la capacité de refroidissement de la machine. Cette dernière représente la quantité de froid nécessaire, d'une part, pour la congélation ou le refroidissement des denrées alimentaires, d'autre part, pour compenser les apports de chaleur externes et internes. [32]

6.2.1 Les charges thermiques externes [33]

Elles sont constituées essentiellement de :

Les charges dues aux apports de chaleur par transmission à travers l'enveloppe de la chambre froide (parois verticales, plancher bas et plancher haut).

Les charges dues au renouvellement d'air.

Les charges dues à l'ouverture des portes.

6.2.2 Les charges thermiques internes [33]

Se divisent en deux catégories:

Les charges thermiques internes indépendantes des produits entreposés comprennent

Les charges dues à l'éclairage.

Les charges dues au personnel.

Les charges dues à des machines diverses.

Les charges dues au matériel roulant.

Les charges thermiques internes dépendantes des produits entreposés comprennent :

Les charges dues aux produits entrants.

Les charges dues à la respiration des produits (fruits et légumes).

Les charges dues à la fermentation des produits (fromages).

Les charges dues aux moteurs des ventilateurs des évaporateurs.

Les charges thermiques dues aux résistances de dégivrage.

6.3 Les chambres froides positives ou chambre de réfrigération

Les chambres froides positives permettent de maintenir artificiellement les produits en dessous de la température ambiante, à la température optimale pour leur conservation ; et ce au-dessus de son point de congélation. La durée de conservation est toujours limitée. Elle dépend de la nature du produit et de la température à laquelle il est stocké dans la chambre froide. Les calculs de température sont effectués pour une chambre froide positive de :

En local de préparation froide, 10 à 12 °C

En local de réserve sèche, 16 à 20 °C

En chambre de réfrigération, 0 à 8°C

En chambre de fruits et légumes, 7 à 15°C

En local poubelle, 9 à 11°C

6.4 Les chambres froides négatives [33]

6.4.1 La congélation

Dans les chambres froides négatives, la température d'un aliment est abaissée à un niveau tel que la majeure partie de son eau de constitution se transforme en cristaux de glace de taille variable ; c'est ce qu'on appelle la congélation.

6.4.2 La surgélation

La congélation peut être suivie d'une surgélation ou d'une congélation rapide. La surgélation des denrées alimentaires consiste à les soumettre à l'action du froid à basse température, de manière à provoquer rapidement la cristallisation de l'eau contenue dans la

denrée et à abaisser sa température à une valeur suffisamment basse pour que la proportion d'eau non congelée soit très faible. Les conditions qui motivent la congélation sont les suivantes :

Produits dans un très bon état de fraîcheur et d'hygiène.

Délai avant congélation réduite

Congélation rapide jusqu'à -18°C

Stockage et distribution à une température supérieure à -18°C

Vente de denrées au consommateur à l'état congelé

6.5 Bilan frigorifique de chaque chambre froide

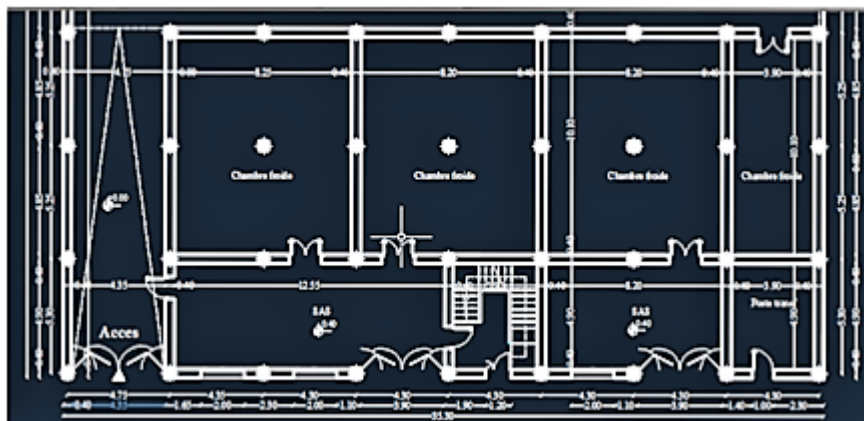


Figure V.1 : Plan de RDC de bâtiment (les chambres froides)

❖ Les murs

Composition (de l'extérieur vers l'intérieur)

Matériaux	Epaisseur [m]
Mortier de ciment	0,015
Brique creuse	0,2
Lame d'air pour mur de 5 mm	0,05
Brique creuse	0,15
Mortier de ciment	0,015
Panneaux sandwich	0,06

Tableau V.1 : la composition des murs des chambres froides

❖ Les données thermiques de composition de mur

Matériaux	Conductivité λ [W/ (m. °C)]
Mortier de ciment	1,4
Brique creuse	0,51
Lame d'air pour mur de 5 mm	0,312
Brique creuse	0,5
Mortier de ciment	1,4
Panneaux sandwich	0,43

Tableau V.2 : les matériaux et son conductivité

❖ Plancher haut (plafond)

Composition (de l'extérieur vers l'intérieur) de Plfond :

Matériaux	Epaisseur [m]
Béton (DF)	0,05
Lourdis	0,16
Enduit in	0,015
Revêtement (granito)	0,04
Mortier ciment (granito)	0,03

Tableau V.3 : la composition de plancher plafond

❖ Les données thermiques de composition de plafond :

Matériaux	Conductivité λ [W/ (m. °C)]
Béton (DF)	1,75
Lourdis	1,14
Enduit in	1,4
Revêtement (granito)	2,1
Mortier ciment (granito)	1,4

Tableau V.4 : les matériaux et son conductivité (plafond)

❖ Plancher bas (sol)

Composition (de l'extérieur vers l'intérieur) de sol

Matériaux	Epaisseur [m]
Revêtement (granito)	0,04
Mortier ciment (granito)	0,03
Béton (DF)	0,1
Pierres calcaires (pierres dures)	0,15

Tableau V.5 : la composition de sol

Les données thermiques de composition de sol

Matériaux	Conductivité λ [W/ (m. °C)]
Revêtement (granito)	2,1
Mortier ciment (granito)	1,4
Béton (DF)	1,75
Pierres calcaires (pierres dures)	2,4

Tableau V.6 : les matériaux et son conductivité (sol)



6.5.1.1 Chambre 1 (T= 5°C) (pommes de terre)

Apports par les parois Q1

$$QS = K \times S \times \Delta\theta$$

$$K = \frac{1}{RT}$$

$$RT = \frac{1}{h_e} + \sum \frac{e}{\lambda} + \frac{1}{h_i}$$

Exemple :

Mur 1

$$\Delta\theta = 29 - 5 = 24 \text{ °C} = 297 \text{ K}$$

$$S = 8,25 \times 3,6 = 29,7 \text{ m}^2$$

$$\frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i} = 0,14 \text{ (paroi en contact avec l'extérieur) (DTR c3-4)}$$

$$\sum \frac{e}{\lambda} = \frac{0,015}{1,4} + \frac{0,2}{0,51} + \frac{0,05}{0,312} + \frac{0,15}{0,5} + \frac{0,015}{1,4} + \frac{0,06}{0,43}$$

$$\sum \frac{e}{\lambda} = 1,01 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$RT = 0,14 + 1,01 = 1,15 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$K = \frac{1}{1,15} = 0,86 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$QS = 0,86 \times 29,7 \times 297 = 7409,55 \text{ W}$$

Plancher haut (Plafond)

$$\Delta\theta = 21 - 5 = 16 \text{ °C} = 289 \text{ K}$$

$$S = 8,25 \times 10,10 = 83,32 \text{ m}^2$$

$$\frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i} = 0,17 \text{ (paroi en contact avec un local non chauffée) (DTR c3-4)}$$

$$\sum \frac{e}{\lambda} = \frac{0,05}{1,75} + \frac{0,16}{1,14} + \frac{0,015}{1,4} + \frac{0,04}{2,1} + \frac{0,03}{1,4} = 0,22 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$RT = 0,17 + 0,22 = 0,39 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$K = \frac{1}{0,39} = 2,56 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$QS = 2,56 \times 83,32 \times 289 = 61643,46 \text{ W}$$

Plancher bas (sol)

$$\Delta\theta = 15 - 5 = 10^{\circ}\text{C} = 283 \text{ K}$$

$$S = 8,25 \times 10,10 = 83,32 \text{ m}^2$$

$$R_T = \sum \frac{e}{\lambda} + \frac{1}{h_i}$$

$$\frac{1}{h_i} = 0,08 \text{ (paroi en contact avec un local non conditionné) (DTR c3-4)}$$

$$\sum \frac{e}{\lambda} = \frac{0,04}{2,1} + \frac{0,03}{1,4} + \frac{0,1}{1,75} + \frac{0,15}{2,4} = 0,16 \text{ m}^2.\text{K/W}$$

$$R_T = 0,08 + 0,16 = 0,24 \text{ m}^2.\text{K/W}$$

$$K = \frac{1}{0,24} = 4,16 \text{ W/m}^2.\text{K}$$

$$Q_S = 4,16 \times 83,32 \times 283 = 98090,96 \text{ W}$$

$$Q_L = K_l \times L \times \Delta\theta$$

Entre deux murs

$$K_l = 0,6 \times K \times e \text{ (liaison entre deux mur extérieures) (DTR c 3-2 .Tab 4.2)}$$

$$K_l = 0,6 \times 0,86 \times 0,40 = 0,20 \text{ W/m.K}$$

$$\Delta\theta = 29 - 5 = 24^{\circ}\text{C} = 297 \text{ K}$$

$$L = 3,6 \times 4 = 14,4 \text{ m}^2$$

$$Q_L = 0,20 \times 14,4 \times 297 = 855,36 \text{ W}$$

Entre mur et plancher haut (plafond)

$$K_l = \frac{0,4 \times e}{R + 0,15} = \frac{0,4 \times 0,295}{0,22 + 0,15} = 0,31$$

$$Q_L = 0,31 \times 36,7 \times 297 = 3378,96 \text{ W}$$

Entre mur et plancher bas (sol)

$$K_l = \frac{0,4 \times e}{R + 0,15} = \frac{0,4 \times 0,32}{0,16 + 0,15} = 0,41$$

$$\Delta\theta = 15 - 5 = 10^{\circ}\text{C} = 283 \text{ K}$$

$$Q_L = 0,41 \times 36,7 \times 283 = 4258,30 \text{ W}$$

$$(Q_L)_T = 855,36 + 3378,96 + 4258,30 = 8492,62 \text{ W}$$

	Coefficient de transmission surfacique K (w/m².k)	Surface (m²)	Coefficient de transmission linéique K (w/m.k)	Longueur (m)	Ecart de température (k)	Puissance transmise (w)
Mur 1	0,86	29,7			297	7585,97
Mur 2	0,86	36,36			297	9287,07
Mur 3	0,86	29,7			297	7585,97
Mur 4	1,22	36,36			279	12376,21
Plafond	2,56	83,32			289	61643,46
Sol	4,16	83,32			283	98090,96
Linéique						8492,62

Tableau V.7 : les apports par les parois (chambre 1)

$$Q_1 = 7585,97 + 9287,07 + 7585,97 + 12376,21 + 61643,46 + 98090,96 + 8492,62$$

$$Q_1 = 205062,26 \text{ w}$$

$$Q_1 = 205062,26 \times 86,4$$

$$Q_1 = 17717379,26 \text{ kj/24h}$$

Apports par le service Q2

Apports par les personnes

$$Q_P = P \times n \times t \times 3,6$$

Température de la chambre froide (°C)	Puissance dégagée par une personne (w)
10	210
5	240
0	270
-5	300
-10	330
-15	360
-20	390
-25	420

Tableau V.8 : Puissance dégagée par une personne

$$T = 5\text{ °C} \longrightarrow P = 240\text{ w}$$

$$N = 4 \text{ (nombres des personnes)}$$

Calcul les heurs sur la chambre froide

On suppose un délai de 6 mois Refroidissement des produits sur la chambre froide

$$\text{Le chargement avec 4 personnes} \longrightarrow 6\text{ h}$$

$$\text{Le déchargement avec 4 personnes} \longrightarrow 6\text{ h}$$

$$6\text{ mois} = (6 \times 30) + 3 = 183\text{ jours}$$

$$\text{Chaque visite de 20 min} = \frac{h}{3}$$

$$\text{A 6 mois } \frac{h}{3} \times 183 = 61\text{ h}$$

Donc : le nombre des heurs par jour

$$61 + 6 + 6 = 73\text{ h}$$

$$\frac{73}{183} = 0,4\text{ h/jour (temps de présence dans la chambre)}$$

$$QP = 240 \times 0,4 \times 4 \times 3,6$$

$$QP = 1382,4\text{w}$$

$$QP = 1382,4 \times 86,4$$

$$\boxed{QP = 119439,36\text{ kj/24h}}$$

Apports par l'éclairage

$$Q_e = P \times t \times 3,6$$

$$Q_e = 75 \times 12 \times 3,6$$

$$Q_e = 3240\text{ w}$$

$$\boxed{Q_e = 279936\text{ kj/24h}}$$

Apports par le renouvellement d'air

$$Q_a = N \times V \times (h_e - h_i) \times \rho$$

N : nombre de renouvellement d'air par jour

V : volume de chambre froide (m³)

h_e : enthalpie de l'air extérieur (kj/kg)

h_i : enthalpie de l'air intérieur (kJ/kg)

ρ : masse volumique de l'air extérieur = 1,2 (kg/m³)

Volume de la chambre	Renouvellement d'air journalier		Volume de la chambre	Renouvellement d'air journalier		Volume de la chambre	Renouvellement d'air journalier		Volume de la chambre	Renouvellement d'air journalier	
	-	N +		-	N +		-	N +		-	N +
2,5	52	70	20	16,5	22	100	6,8	9	600	2,5	3,2
3	47	63	25	14,5	19,5	150	5,4	7	800	2,1	2,8
4	40	53	30	13	17,5	200	4,6	6	1000	1,9	2,4
5	35	47	40	11,5	15	250	4,1	5,3	1500	1,5	1,95
7,5	28	38	50	10	13	300	3,7	4,8	2000	1,3	1,65
10	24	32	60	9	12	400	3,1	4,1	2500	1,1	1,45
15	19	26	80	7,7	10	500	2,8	3,6	3000	1,05	1,3

Tableau V.9: nombre de renouvellement d'air par jour

Volume de chambre froide

$$V = 8,25 \times 10,10 \times 3,6 = 299,97 \text{ m}^3$$

On a : $299,97 \approx 300 \rightarrow N = 4,8$ (chambre froide positif)



Figure V.2 : l'humidité relative à l'intérieur de la chambre froide ϕ (% rH)

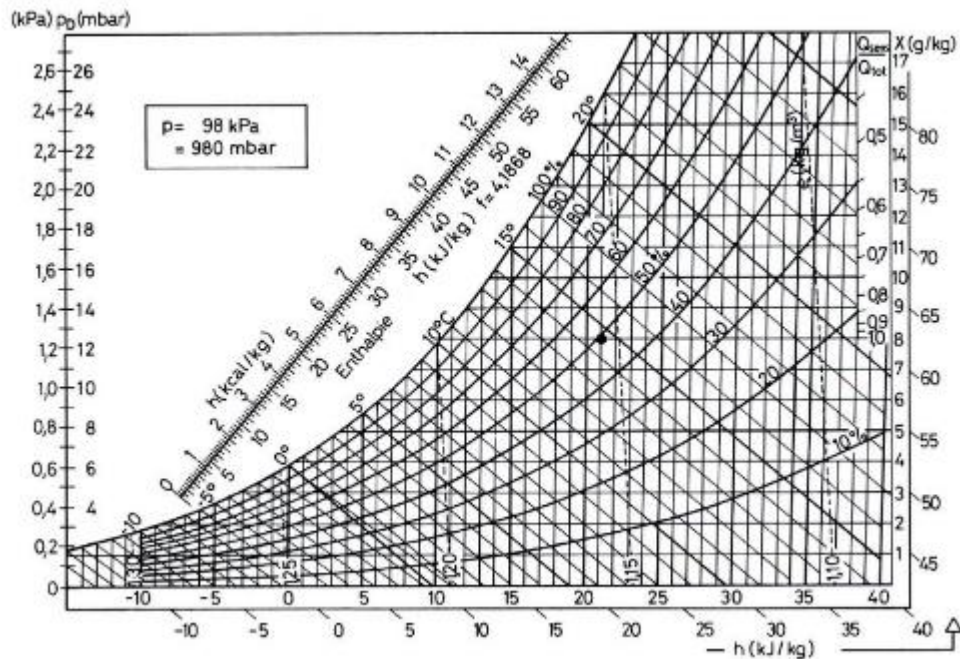


Figure V.3 : diagramme psychrométrique

$T = 5^{\circ}\text{C} \longrightarrow \varphi = 50\%$

$h_i = 12 \text{ kJ/kg}$



Figure V.4 : la température extérieure et son humidité

$h_e = 52 \%$ (d'après le diagramme psychrométrique)

Alors :

$$Q_a = 4,8 \times 299,97 \times (52 - 12) \times 1,2 = 69113,08 \text{ w}$$

$$Q_a = 5971370,11 \text{ kj/24h}$$

Apports par l'équipement Q_4

Apports par la ventilation Q_v

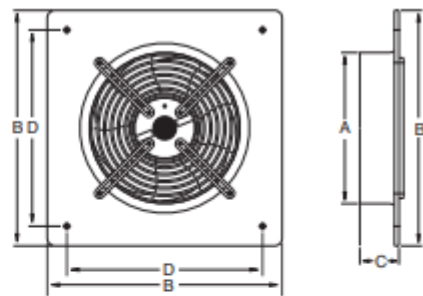
$$Q_v = P \times t \times 3,6$$

P : puissance de ventilation

t : temps de ventilation par jours

DIMENSIONS (mm) :

Modèle	BA	B	C	D
HELIC-MU 200 M2	212	318	55	260
HELIC-MU 250 M2	260	370	90	320
HELIC-MU 300 M2	326	430	90	380
HELIC-MU 350 M4	360	485	90	433
HELIC-MU 400 M4	410	538	110	490
HELIC-MU 450 M4	458	576	105	525
HELIC-MU 500 M4	515	655	115	615
HELIC-MU 550 M4	575	725	115	670
HELIC-MU 630 M4	650	805	125	750



DONNÉES TECHNIQUES :

Code	Modèle	Diamètre (mm)	Puissance (W)	Moteur (rpm)	Débit (m³/h)	Niveau sonore (dBA)
VE 10 360	HELIC-MU 200 M2	200	55	2300	850	63
VE 10 361	HELIC-MU 250 M2	250	90	2480	1600	67
VE 10 362	HELIC-MU 300 M2	300	145	2580	2400	73
VE 10 363	HELIC-MU 350 M4	350	140	1400	3100	64
VE 10 364	HELIC-MU 400 M4	400	140	1430	3400	69
VE 10 365	HELIC-MU 450 M4	450	250	1420	4800	73
VE 10 366	HELIC-MU 500 M4	500	420	1300	6000	72
VE 10 367	HELIC-MU 550 M4	550	550	1300	7560	75
VE 10 368	HELIC-MU 630 M4	630	720	1360	10080	78

Figure V.5: les données techniques des ventilateurs [35]

$$\text{Diamètre} = 200 \text{ mm} \longrightarrow P = 55 \text{ w}$$

$$Q_v = 55 \times 5 \times 3,6 = 990 \text{ w}$$

$$Q_v = 85536 \text{ kj/24h}$$

Apport total Q_T

$$Q_T = Q_1 + Q_p + Q_e + Q_a + Q_v$$

$$Q_T = 17717379,26 + 119439,36 + 279936 + 5971370,11 + 85536$$

$$Q_T = 24173660,73 \text{ kj/24h}$$

La puissance frigorifique à installer sera déterminée à partir de QT sans majoration est pour un temps de fonctionnement de 16 à 18 heures.

$$PF = \frac{QT}{(t \times 3600)}$$

PF : puissance frigorifique (kw)

QT : apport total journalier (kj/24h)

t : temps de fonctionnement du groupe frigorifique (h)

Le groupe frigorifique et fonctionne 16h

$$PF = \frac{24173660,73}{(16 \times 3600)}$$

$$PF = 419,68 \text{ kw}$$

6.5.1.2 Chambre 2 (T= 11°C) (bananes)

Apports par les parois Q1

	Coefficient de transmission surfacique K (w/m².k)	Surface (m²)	Coefficient de transmission linéique K (w/m.k)	Longueur (m)	Ecart de température (k)	Puissance transmise (w)
Mur 1	0,86	29,52			291	7387,67
Mur 2	0,86	36,36			267	8348,98
Mur 3	0,86	29,52			291	7387,67
Mur 4	1,22	36,36			267,7	11874,95
Plafond	2,56	82,82			283	60001,43
Sol	4,16	82,82			277	95435,14
Linéique						8205,65

Tableau V.10 : les apports par les parois (chambre 2)

$$QL = Kl \times L \times \Delta\theta$$

Entre deux murs

$$Kl = 0,6 \times K \times e \text{ (liaison entre deux mur extérieures) (DTR c 3-2 .Tab 4.2)}$$

$$Kl = 0,6 \times 0,86 \times 0,40 = 0,20 \text{ w/m.k}$$

$$\Delta\theta = 29 - 11 = 18^\circ\text{C} = 291 \text{ k}$$

$$L = 3,6 \times 4 = 14,4 \text{ m}^2$$

$$Q_L = 0,20 \times 14,4 \times 291 = 838,08 \text{ w}$$

Entre mur et plancher haut (plafond)

$$Kl = \frac{0,4 \times e}{R + 0,15} = \frac{0,4 \times 0,295}{0,22 + 0,15} = 0,31$$

$$\Delta\theta = 21 - 11 = 10^\circ\text{C} = 283 \text{ k}$$

$$Q_L = 0,31 \times 36,6 \times 283 = 3210,91 \text{ w}$$

Entre mur et plancher bas (sol)

$$Kl = \frac{0,4 \times e}{R + 0,15} = \frac{0,4 \times 0,32}{0,16 + 0,15} = 0,41$$

$$\Delta\theta = 15 - 11 = 4^\circ\text{C} = 277 \text{ k}$$

$$Q_L = 0,41 \times 36,6 \times 277 = 4156,66 \text{ w}$$

$$(Q_L)_T = 838,08 + 3210,91 + 4156,66 = 8205,65 \text{ w}$$

$$Q_1 = (Q_S)_T + (Q_L)_T$$

$$Q_1 = 7387,67 + 8348,98 + 7387,67 + 11874,95 + 60001,43 + 95435,14 + 8205,65$$

$$Q_1 = 198641,49 \text{ w}$$

$$\boxed{Q_1 = 17162624,74 \text{ kj/24h}}$$

Apports par le service Q2

Apports par les personnes

$$Q_P = P \times n \times t \times 3,6$$

$$T = 10^\circ\text{C} \longrightarrow P = 210 \text{ w}$$

$$N = 4 \text{ (nombre des personnes)}$$

$$Q_P = 210 \times 0,4 \times 4 \times 3,6$$

$$Q_P = 1209,6 \text{ w}$$

$$Q_P = 1209,6 \times 86,4$$

$$\boxed{Q_P = 104509,44 \text{ kj/24h}}$$

Apports par l'éclairage

$$Q_e = P \times t \times 3,6$$

$$\boxed{Q_e = 279936 \text{ kj/24h}} \longrightarrow \text{calcul présidentss}$$

Apports par le renouvellement d'air

$$Q_a = N \times V \times (h_e - h_i) \times \rho$$

Volume de chambre froide

$$V = 8,20 \times 10,10 \times 3,6 = 298,15 \text{ m}^3$$

On a : $298,15 \approx 300 \longrightarrow N = 4,8$ (chambre froide positif)

$$T = 11^\circ\text{C} \longrightarrow \varphi = 47\%$$

$$h_i = 20 \text{ kJ/kg}$$

$$h_e = 52 \%$$

Alors :

$$Q_a = 4,8 \times 298,15 \times (52 - 20) \times 1,2 = 54955 \text{ w}$$

$$\boxed{Q_a = 4748112 \text{ kJ/24h}}$$

Apports par l'équipement Q_4

Apports par la ventilation Q_v

$$Q_v = P \times t \times 3,6$$

$$Q_v = 55 \times 5 \times 3,6 = 990 \text{ w}$$

$$\boxed{Q_v = 85536 \text{ kJ/24h}} \longrightarrow \text{calcul président}$$

Apport total Q_T

$$Q_T = Q_1 + Q_p + Q_e + Q_a + Q_v$$

$$Q_T = 17162624,74 + 104509,44 + 279936 + 4748112 + 85536$$

$$\boxed{Q_T = 22380718,18 \text{ kJ/24h}}$$

La puissance frigorifique à installer sera déterminer à partir de Q_T sans majoration est pour un temps de fonctionnement de 16 à 18 heures.

$$PF = \frac{Q_T}{(t \times 3600)}$$

PF : puissance frigorifique (kw)

Q_T : apport total journalier (kJ/24h)

t : temps de fonctionnement du groupe frigorifique (h)

Le groupe frigorifique et fonctionne 16h

$$PF = \frac{22380718,18}{(16 \times 3600)}$$

$$PF = 388,55 \text{ kw}$$

6.5.1.3 Chambre 3 (T= 5,7°C) (pommes)

Apports par les parois Q1

$$QS = K \times S \times \Delta\theta$$

Apports par les parois Q1

	Coefficient de transmission surfacique K (w/m².k)	Surface (m²)	Coefficient de transmission linéique K (w/m.k)	Longueur (m)	Ecart de température (k)	Puissance transmise (w)
Mur 1	0,86	29,52			296,3	7522,22
Mur 2	0,86	36,36			278,3	8702,32
Mur 3	0,86	29,52			296,3	7522,22
Mur 4	1,22	36,36			273,7	12141,11
Plafond	2,56	82,82			288,3	61125,13
Sol	4,16	82,82			273,7	94298,18
Linéique						8360,58

Tableau V.11 : les apports par les parois (chambre 3)

$$QL = Kl \times L \times \Delta\theta$$

Entre deux murs

$$Kl = 0,6 \times K \times e \text{ (liaison entre deux mur extérieures) (DTR c 3-2 .Tab 4.2)}$$

$$Kl = 0,6 \times 0,86 \times 0,40 = 0,20 \text{ w/m.k}$$

$$\Delta\theta = 29 - 5,7 = 23,3^\circ\text{C} = 296,3 \text{ k}$$

$$L = 3,6 \times 4 = 14,4 \text{ m}^2$$

$$QL = 0,20 \times 14,4 \times 296,3 = 853,34 \text{ w}$$

Entre mur et plancher haut (plafond)

$$Kl = \frac{0,4 \times e}{R + 0,15} = \frac{0,4 \times 0,295}{0,22 + 0,15} = 0,31$$

$$\Delta\theta = 21 - 5,7 = 15,3^\circ\text{C} = 288,3 \text{ k}$$

$$Q_L = 0,31 \times 36,6 \times 288,3 = 3271,05 \text{ w}$$

Entre mur et plancher bas (sol)

$$K_l = \frac{0,4 \times e}{R + 0,15} = \frac{0,4 \times 0,32}{0,16 + 0,15} = 0,41$$

$$\Delta \theta = 15 - 5,7 = 9,3^\circ \text{C} = 282,3 \text{ K}$$

$$Q_L = 0,41 \times 36,6 \times 282,3 = 4236,19 \text{ w}$$

$$(Q_L)_T = 853,34 + 3271,05 + 4236,19 = 8360,58 \text{ w}$$

$$Q_1 = (Q_S)_T + (Q_L)_T$$

$$Q_1 = 7522,22 + 8702,32 + 7522,22 + 12141,11 + 61125,13 + 94298,18 + 8360,58$$

$$Q_1 = 199671,76 \text{ w}$$

$$\boxed{Q_1 = 17251640,06 \text{ kJ/24h}}$$

Apports par le service Q2

Apports par les personnes

$$Q_P = P \times n \times t \times 3,6$$

$$T = 5,7^\circ \text{C} \longrightarrow P = 240 \text{ w}$$

$$N = 4 \text{ (nombres des personnes)}$$

$$Q_P = 240 \times 0,4 \times 4 \times 3,6$$

$$Q_P = 1382,4 \text{ w}$$

$$Q_P = 1382,4 \times 86,4$$

$$\boxed{Q_P = 119439,36 \text{ kJ/24h}}$$

Apports par l'éclairage

$$Q_e = P \times t \times 3,6$$

$$\boxed{Q_e = 279936 \text{ kJ/24h}} \longrightarrow \text{calcul président}$$

Apports par le renouvellement d'air

$$Q_a = N \times V \times (h_e - h_i) \times \rho$$

Volume de chambre froide

$$V = 8,20 \times 10,10 \times 3,6 = 298,15 \text{ m}^3$$

On a : $298,15 \approx 300 \longrightarrow N = 4,8$ (chambre froide positif)

$T = 5,7^\circ\text{C} \longrightarrow \varphi = 50\%$

$h_i = 13 \text{ kJ/kg}$

$h_e = 52 \%$

Alors :

$Q_a = 4,8 \times 298,15 \times (52 - 13) \times 1,2 = 66976,41 \text{ w}$

$Q_a = 5786762,34 \text{ kJ/24h}$

Apports par l'équipement Q_4

Apports par la ventilation Q_v

$Q_v = P \times t \times 3,6$

$Q_v = 55 \times 5 \times 3,6 = 990 \text{ w}$

$Q_v = 85536 \text{ kJ/24h}$
--

 $\longrightarrow$ calcul président

Apport total Q_T

$Q_T = Q_1 + Q_p + Q_e + Q_a + Q_v$

$Q_T = 17251640,06 + 119439,36 + 279936 + 5786762,34 + 85536$

$Q_T = 23522213,76 \text{ kJ/24h}$
--

La puissance frigorifique à installer sera déterminer à partir de Q_T sans majoration est pour un temps de fonctionnement de 16 à 18 heures.

$$PF = \frac{Q_T}{(t \times 3600)}$$

PF : puissance frigorifique (kw)

Q_T : apport total journalier (kJ/24h)

t : temps de fonctionnement du groupe frigorifique (h)

Le groupe frigorifique et fonctionne 16h

$$PF = \frac{23522213,76}{(16 \times 3600)}$$

$PF = 408,39 \text{ kw}$
--

6.5.1.4 Chambre 4 (T= 5°C) (pommes de terre)

Apports par les parois Q1

$$Q_S = K \times S \times \Delta\theta$$

Apports par les parois Q1

	Coefficient de transmission surfacique K (w/m².k)	Surface (m²)	Coefficient de transmission linéique K (w/m.k)	Longueur (m)	Ecart de température (k)	Puissance transmise (w)
Mur 1	0,86	14 ,04			297	3586,09
Mur 2	0,86	36,36			297	9287,07
Mur 3	0,86	14,04			297	3586,09
Mur 4	1,22	36,36			279	12376,21
Plafond	2,56	39,39			289	29142,29
Sol	4,16	39,39			283	46373,05
Linéique						6612,12

Tableau V.12 : les apports par les parois (chambre 4)

$$Q_L = K_l \times L \times \Delta\theta$$

Entre deux murs

 $K_l = 0,6 \times K \times e$ (liaison entre deux mur extérieures) (DTR c 3-2 .Tab 4.2)

$$K_l = 0,6 \times 0,86 \times 0,40 = 0,20 \text{ w/m.k}$$

$$\Delta\theta = 29 - 5 = 24^\circ\text{C} = 297 \text{ k}$$

$$L = 3,6 \times 4 = 14,4 \text{ m}^2$$

$$Q_L = 0,20 \times 14,4 \times 297 = 855,36 \text{ w}$$

Entre mur et plancher haut (plafond)

$$K_l = \frac{0,4 \times e}{R + 0,15} = \frac{0,4 \times 0,295}{0,22 + 0,15} = 0,31$$

$$\Delta\theta = 21 - 5 = 16^\circ\text{C} = 289 \text{ k}$$

$$Q_L = 0,31 \times 28 \times 289 = 2508,52 \text{ w}$$

Entre mur et plancher bas (sol)

$$Kl = \frac{0,4 \times e}{R + 0,15} = \frac{0,4 \times 0,32}{0,16 + 0,15} = 0,41$$

$$\Delta\theta = 15 - 5 = 10^\circ\text{C} = 283 \text{ K}$$

$$Q_L = 0,41 \times 28 \times 283 = 3248,84 \text{ W}$$

$$(Q_L)_T = 855,36 + 2508,52 + 3248,84 = 6612,12 \text{ W}$$

$$Q_1 = (Q_S)_T + (Q_L)_T$$

$$Q_1 = 3586,09 + 9287,07 + 3586,09 + 12376,21 + 29142,29 + 46373,05 + 6612,12$$

$$Q_1 = 110962,92 \text{ W}$$

$$\boxed{Q_1 = 9587195,28 \text{ kJ/24h}}$$

Apports par le service Q2

Apports par les personnes

$$Q_P = P \times n \times t \times 3,6$$

$$T = 5^\circ\text{C} \longrightarrow P = 240 \text{ W}$$

$$N = 4 \text{ (nombres des personnes)}$$

$$Q_P = 240 \times 0,4 \times 4 \times 3,6$$

$$Q_P = 1382,4 \text{ W}$$

$$Q_P = 1382,4 \times 86,4$$

$$\boxed{Q_P = 119439,36 \text{ kJ/24h}}$$

Apports par l'éclairage

$$Q_e = P \times t \times 3,6$$

$$\boxed{Q_e = 279936 \text{ kJ/24h}} \longrightarrow \text{calcul président}$$

Apports par le renouvellement d'air

$$Q_a = N \times V \times (h_e - h_i) \times \rho$$

Volume de chambre froide

$$V = 3,9 \times 10,10 \times 3,6 = 141,80 \text{ m}^3$$

$$\text{On a : } 298,15 \approx 300 \longrightarrow N = 4,8 \text{ (chambre froide positif)}$$

$$T = 5^\circ\text{C} \longrightarrow \varphi = 50\%$$

$$h_i = 12 \text{ kJ/kg}$$

$$h_e = 52 \%$$

Alors :

$$Q_a = 4,8 \times 141,80 \times (52 - 12) \times 1,2 = 32671,64 \text{ w}$$

$$\boxed{Q_a = 2822829,83 \text{ kJ/24h}}$$

Apports par la ventilation Q_v

$$Q_v = P \times t \times 3,6$$

$$Q_v = 55 \times 5 \times 3,6 = 990 \text{ w}$$

$$\boxed{Q_v = 85536 \text{ kJ/24h}} \longrightarrow \text{calcul président}$$

Apport total Q_T

$$Q_T = Q_1 + Q_p + Q_e + Q_a + Q_v$$

$$Q_T = 9587195,28 + 119439,36 + 279936 + 2822829,83 + 85536$$

$$\boxed{Q_T = 12894936,47 \text{ kJ/24h}}$$

La puissance frigorifique à installer sera déterminer à partir de Q_T sans majoration est pour un temps de fonctionnement de 16 à 18 heures.

$$PF = \frac{Q_T}{(t \times 3600)}$$

PF : puissance frigorifique (kw)

Q_T : apport total journalier (kJ/24h)

t : temps de fonctionnement du groupe frigorifique (h)

Le groupe frigorifique et fonctionne 16h

$$PF = \frac{12894936,47}{(16 \times 3600)}$$

$$\boxed{PF = 223,87 \text{ kw}}$$

Chambre 1 ($T = 5^\circ\text{C}$) (pommes de terre) $\longrightarrow 419,68 \text{ kw}$

Chambre 2 ($T = 11^\circ\text{C}$) (bananes) $\longrightarrow 388,55 \text{ kw}$

Chambre 3 ($T = 5,7^\circ\text{C}$) (pommes) $\longrightarrow 408,39 \text{ kw}$

Chambre 4 ($T = 5^\circ\text{C}$) (pommes de terre) $\longrightarrow 223,87 \text{ kw}$

6.6 Conclusion

L'étude thermique a permis de mettre en évidence l'ensemble des charges thermiques susceptibles d'être prises en compte dans les calculs thermiques de la chambre froide. Ces charges étant très difficiles à déterminer correctement, il sera nécessaire, lors de la phase de conception, de faire des hypothèses afin de simplifier les calculs.

Conclusion Générale

7.1 Conclusion Générale

En Algérie, une grande partie des logements ne répond pas aux exigences de confort thermique et l'économie d'énergie. Ceci s'explique par l'absence de la réglementation spécifique, d'autre part, par le manque de savoir-faire et de connaissance du sujet par les propriétaires.

L'enjeu aujourd'hui est à la fois de préserver et d'améliorer le confort des citoyens et de réduire les déperditions et la consommation d'énergie par rapport notamment au chauffage et à la climatisation en respectant la réglementation en vigueur.

L'amélioration des techniques en matière de construction et de matériaux d'isolation permet aujourd'hui de produire des bâtiments qui allient à la fois des qualités esthétiques et thermiques, tout en offrant un cadre de vie plus confortable et en consommant très peu d'énergie.

Par la suite, Le calcul d'un bilan thermique permet de connaître avec précision la quantité d'énergie qu'il faudra pour chauffer et refroidir une pièce, la précision de ce calcul est essentielle non seulement pour le coût de l'installation, mais aussi pour son fonctionnement. Les modestes recherches que nous avons menées sont réalisées à l'aide du logiciel RETA qui vérifie la conformité des constructions avec la norme DTR C3.2 pour le calcul des déperditions de chaleur et la norme DTR C3.4 pour le calcul des apports de chaleur.

Les éléments entrant dans ce calcul sont nombreux, il faudra connaître la nature, l'exposition, la surface des murs, des parois vitrées, des plafonds, des sols, ces éléments étant multipliés par des coefficients variables en fonction de l'altitude, du rayonnement solaire, de la situation géographique. D'autres éléments doivent être pris en compte tels que le renouvellement de l'air naturel ou mécanique, les différents ponts thermiques ainsi que les contributions qui vont pondérer le calcul, par exemple l'éclairage, l'occupation humaine, les appareils ménagers, etc.

Les déperditions de chaleur ou les pertes de chaleur qui se produisent dans une maison sont donc le plus souvent dues à une mauvaise isolation thermique, par conséquent l'isolation thermique est l'un des points clés pour agir à atteindre l'objectif de réduire les déperditions calorifiques.

Son impact sur la consommation d'énergie sera beaucoup plus important que celui de la performance des équipements de chauffage. Il est donc essentiel d'en trouver les causes et de les traiter.

Donc, la connaissance et la maîtrise de ces transferts permet également d'orienter la conception du bâtiment dans un cadre réglementaire tout en visant un compromis entre coût énergétique et confort.

Les résultats obtenue par le logiciel RETA ne se ressemblent pas à nos calculs, à cause de plusieurs raisons dans la réalisation et les différents coefficients utilisés dans l'étude du bilan thermique par exemple :

- On a pris les résultats réels de la résistance thermique et la conductivité suivant la fiche technique de la brique.

- On remarque la différence des zones (A et B) entre le RETA et le DTR.

En effet, nous avons prouvé qu'un choix de matériaux de construction à faible conductivité thermique peut réduire considérablement les besoins énergétiques des bâtiments pour le chauffage en hiver et la climatisation en été.

Le travail présenté a pour objectif de faire une étude sur les résultats trouvés qui montre que l'isolation thermique joue un rôle essentiel dans la réduction de la consommation d'énergie et dans la création d'un espace de vie sain et plus confortable dans le bâtiment. De plus, une bonne isolation thermique conduit à choisir des équipements de climatisation moins puissants et donc plus économiques.

Bibliographie

- [1] L'efficacité énergétique - 2020 Energy
- [2] Smart grids-cre. L'efficacité énergétique.une approche plurielle. www.smartgrids-cre.fr (consulter Mars 2020).
- [3] Blandine Antoine. Connaissance des énergies. L'énergie sous toutes ses formes.2001
- [4] Les énergies renouvelables - Master IS-PRNT.
- [5] Les 5 fiches ER - Energies Renouvelables.
- [6] Bilan Énergétique National du secteur - Ministère de l'Énergie- Bilan Énergétique National 2018 (édition 2019).
- [7] Chiffres clés de l'énergie Édition 2019 –Données et études.
- [8] Outils solaires- Consommation d'énergie des logements.
- [9] Yves JANNOT « transfert thermique ».2012
- [10] HADDAD ABDELKRIM, « Transfert thermique », ALGER 2001.
- [11] REME, « Guide maghrébin des matériaux d'isolation thermique de bâtiment », édition 2010.
- [12] YVES J., « Théorie et pratique de la métrologie thermique » Ecole des mines Nancy, Edition 2008.
- [13] HAKKOUM Soumia, Etude des caractéristiques thermiques et mécaniques des briques en terre cuite traditionnelles dans les régions de la wilaya de Ouargla, Mémoire de Magister, Université de Ouargla, 2015.
- [14] SAINT G., « Introduction à la thermique de bâtiment », Edition 2012.
- [15] ALAIN M. et ARLETTE Z., « Habitat traditionnel dans le monde éléments pour une approche» Etablissement humains et environnement socio-culturel UNESCO Aout1983.
- [16] M'SELLEM H. et ALKAMA D., « Le confort thermique entre perception et évaluation par les techniques d'analyse bioclimatique - Cas des lieux de travail dans les milieux arides à climat chaud et sec », Revue des Energies Renouvelables, 2009.
- [17] BENTCHIKOU M. « Contribution A L'étude Et A L'élaboration De Matériaux Composites Pour L'isolation Thermique Cas de béton de fibres de papiers recyclés » thèse de doctorat Ecole Nationale Polytechnique Alger, Mai 2008
- [18] MFOURA., « Simulation des paramètres du confort thermique d'hiver en Algérie » thèse de doctorat, université Mentouri Constantine, 2008.

- [19] M. MAZARI, Etude et évaluation du confort thermique des bâtiments à caractère public Cas du département d'Architecture de Tamda (Tizi Ouzou), Mémoire de Magistère, Université Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou, 2012.
- [20] guide pratique pour la construction et la rénovation durables des petits bâtiments, matériaux d'isolation thermique : choisir des matériaux sains, avec un écobilan favorable, juillet 2010.
- [21] HOLLAERT Laurie, Analyse de la rentabilité financière et des avantages liés à l'isolation thermique : étude de cas adaptés au modèle belge, Mémoire de Master, Université libre de Bruxelles 2014.
- [22] COULOMB Philippe, HERMANN Guillaume, SARLIN Sophie, L'isolation thermique dans la conception et la réalisation des locaux de travail.
- [23] Guide technique « Guide des matériaux isolants », énergi.eie43.fr.
- [24] "Guide des matériaux isolants," Espace info : Energie C.A.U.E. de la Haute-Loire, 16 rue Jean Solvain, 43000 Le Puy En Velay. www.eie43.fr.
- [25] M Foura Smir « simulation des paramètres du confort thermique d'hiver en Algérie », mémoire de doctorat université de Mentouri constantine 2007-2008.
- [26] Sidi Mohamed Karim & all, 'Réglementation thermique algérienne des bâtiments : Contribution à la définition de nouveaux coefficients réglementaires', Revue française de génie civil (Rev. fr. génie civ.) ISSN 1279-5119 – Source : 2002, vol. 6, n°4, pp. 661-681.(Consulter Avril 2020).
- [27] Sacura.cher.com/materiaux/classement/poid_surf.htm (Consulter Mai 2020).
- [28] www.meteofrance.fr › publications › Masse volumique (Consulter Mai 2020).
- [29] www.academia.edu/36391006/Chapitre_II_Pr_dimensionnement_et_descente_de_charge
- [30] <https://www.junkers.ma/fileadmin/pdfs/Gaz/1%20-%20notice>
- [31] Othman Jaber. Chambre froide. Autre. 2013. dumas-01222212.
- [32] AINSEUR Riad et HAMMACHI Amir «Étude et dimensionnement d'une chambre froide - CEVITAL ELKSEUR Bejaia» thèse de master, université Abderrahmane mira Bejaia, 2018-2019
- [33] Cours général-le froid-CFmnLog «TECHNIQUE DU FROID COURS DE BASE », Edition : juillet07 YSH04054
- [34] VFT47-medias-filles-bilan thermique pour chambre froide pdf
- [35] Catalogue Ventilateurs MUNDOFAN - Salvador Escod