

République Algérienne Populaire et Démocratique

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen

Faculté de Technologie

Département de Génie Civil



Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master

Spécialité : Génie Civil

Option : Structure

Présentée par

ZAIM Mounia

KADRI Asma

Sujet de la thèse

Bilan thermique de construction : étude d'un cas et présentation de solutions

Soutenue le 22/06/2019 devant le jury composé de

PRÉSIDENT	M^RG. SELKA	UABB TLEMCEN
EXAMINATEUR	M^RA. LEBEID	UABB TLEMCEN
ENCADREUR	M^R A. MISSOUM	UABB TLEMCEN
ENCADREUR	M^RO. MAACHOU	UABB TLEMCEN

ANNÉE UNIVERSITAIRE :2018-2019

Dédicaces

Le créateur, le tout miséricordieux, le très miséricordieux pour m'avoir assisté dans ma vie Jusqu'ici.

Qu'ALLAH nous pardonne.

Qu'ALLAH nous guide dans le bon chemin.

Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, l'amour, le respect, la reconnaissance, c'est tout simplement que : Je dédie cette thèse de master à :

***A ma très chère mère Amarrai :** Tu représentes pour moi la source de Tendresse et l'exemple de dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager. Tu as fait plus qu'une mère puisse faire pour que ses enfants suivent le bon chemin dans leur vie et leurs études.*

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

***A mon très cher mari Nabil :** Tes sacrifices, ton soutien moral et matériel m'ont permis de réussir mes études. Ce travail soit témoignage de ma reconnaissance et de mon amour sincère et fidèle.*

***A ma très chère petite fille Maria Rétadj :** je t'aime énormément.*

***A mon très chers/e sœurs et frère :** ZAIM Imane ; Bilal et siefallah*

Vous avez toujours été présentes pour moi. Je vous souhaite un avenir plein de joie, de bonheur, de réussite et de sérénité. Je vous exprime à travers ce travail mes sentiments de fraternité et d'amour. Que dieu vous protège et consolide les liens sacrés qui nous unissent.

A mes très chères amies :

*A mon binôme qui est avant tout ma meilleure amie **KADRI ASMA** avec qui j'ai passé une année formidable ou l'on partager des moments de joie et de malheur.*

Je ne peux trouver les mots justes pour vous exprimer mon affection. En témoignage de l'amitié qui nous uni et des souvenirs de tous les moments que nous avons passés ensemble.

*A tous mes camarades et mes amis surtout : **Mme M. Nassima ; Mme B. Amina ; T. Khadidja ; L. Om elkhier ; H. Ikram ; K. hanane** qui m'ont beaucoup aidé, sans oublié les gens de la promotion de structures.*

Mes enseignants de génie civil :

Qui m'ont éclairé sur ce chemin du savoir et qui doivent voir dans ce travail la fierté d'un savoir bien acquis.

A tout qui m'aiment et que j'aime.

ZAIM Mounia

Dédicaces

Grace à « Dieu » qui ma tracé le chemin et m'a donné le pouvoir et le courage de continuer jusqu'à la fin, j'ai pu réaliser ce modeste travail que je dédie :

Je dédie ce modeste travail en signe de respect et de reconnaissance :

A mes parents, qui ne cessent de m'encourager et me soutenir tous les jours. Qu'ils trouvent ici l'expression de ma profonde gratitude

A mes sœurs Amina, Amani et leurs maris et leurs enfants «Rima et mohamed »

A mes frères zwawi ,habibe, hocine et leurs enfants « Alae, malak ,Ayman, Islame et kheira »

A ma tante Halima, la femme de mon oncle soumia, a mes cousines khadidja et aicha

A mon binôme qui est avant tout ma meilleure amie ZAIM Mounia avec qui j'ai passé

Une année formidable ou l'on partager des moments de joie et de malheur.

A mes chers amis partout T.khadidja, S.hanane ,K.houria ,B.Rokaya ,L.oumelkhir,B.asma,A.fatna H. ikram, Y. fatima, K. hanane, B.samira A .soufiane , L.ilyes, L. yassine, , H ,mohamed, R, ilyes, D, anes,I.rabie , B.wiam ,D.fethallah

A SABER Azzedine et BERKANI Abdo et à tous ceux qui, de près ou de loin, m'ont soutenu pendant ma formation, par leur assistance.

A tous mes collègues de la promo génie civil structure

KADRI Asma

Remerciements

En premier, je remercie le tout puissant **ALLAH**, notre créateur qui m'a donné la force d'accomplir ce travail.

Nous remercions dans un premier temps nos parents pour leur conseil et soutiens moral durant toutes nos études.

Nous remercions vivement et chaleureusement **Mr MISSOUME Abdelghani et Mr MAACHOU Omar** nous encadreurs de ce mémoire, pour nos avoir soutenus et guidé tout au long de ce mémoire. Nous les remercions particulièrement pour la confiance qu'ils nous ont accordés, pour ses rigueurs scientifiques, pour ses patiences et pour ses conseils judicieux qui ont contribué à la réalisation et à l'accomplissement de ce travail.

Nous voulions ici, au terme de ce travail en profiter pour adresser nos vifs et sincère remerciements à :

L'université Abou BekrBelkaid-Tlemcen et à tous les enseignants du département de génie civilstructure

Nous tenons à exprimer nos remerciements à **Mr A. LEBEID** qui nous a fait l'honneur d'accepter la présidence du jury, tout comme **Mr G. SELKA** d'avoir accepté d'examiner et de juger notre travail.

Mes vifs remerciements vont également A ma famille et mes amis qui m'ont toujours soutenu par leurs prières et encouragements

Et pour nous n'oublions personne, nous souhaitons rendre hommage et exprimer notre profonde gratitude à tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce mémoire et à son aboutissement.

Table des Matières

Dédicaces.....	i
Dédicaces.....	iii
Remerciements	iv
Table des Matières	v
ملخص.....	vii
Résumé	ix
Abstract	xi
Notations.....	xiii
Liste des Tableaux.....	xvii
Liste des Figures.....	xx
Introduction générale.....	1
Chapitre 1.....	4
L'énergie, climat et le confort thermique.....	4
1.1 Introduction.....	4
1.2 Définition de l'énergie.....	4
1.3 Le besoin d'énergie dans le bâtiment	5
1.4 Les types d'énergie renouvelable utilisée dans les bâtiments	7
1.5 Consommation d'énergie.....	10
1.6 Consommation énergétique des logements anciens et récents.....	18
1.7 Classification énergétique des bâtiments (1.4.2)	19
1.8 Le climat.....	19
1.9 Le confort thermique :	22
1.10 Conclusion :	27
Chapitre 2.....	29
Notions sur la thermique de bâtiment.	29
2.1 Introduction.....	29
2.2 Mode de transfert de chaleur.....	29
2.3 DEPERDITIONS THERMIQUES	32
2.4 Les Ponts thermiques	34
2.5 Déperditions thermiques à travers les ouvertures	37
2.6 Conductivité thermique	45
2.7 Résistance thermique R.....	45
2.8 Inertie thermique :	46

2.9 Conclusion	46
Chapitre 3.....	47
Calcul réglementaire des déperditions thermiques.et les apports calorifiques.....	47
3.1 Introduction.....	47
3.2 Déperditions calorifiques « Fascicule 1 » DTR C3-2	47
3.3 Apports calorifiques « Fascicule 1 » DTR C3-4.....	52
3.4 Conclusion	58
Chapitre 4.....	59
Présentation du logiciel et du projet.....	59
4.1 Partie I : Présentation du logiciel.	59
4.2 Présentation du projet.	75
4.3 Réglementation et outil de calcul utilisé :.....	93
Chapitre 5.....	95
Résultat du logiciel.....	95
5.1 Introduction.....	95
5.2 Les étapes de calcul d'un bilan thermique des bâtiments.....	95
5.3 Calcul de la résistance thermique et le coefficient K de maison moderne.....	113
5.4 CONCLUSION.....	123
Chapitre 6.....	125
Discussion et présentation des solutions.....	125
6.1 Introduction.....	125
6.2 Les résultats de logiciel pour les deux cas étudiés :.....	126
6.3 Les sources de déperdition de chaleur	133
6.4 Les solutions pour une isolation optimale.....	134
6.5 Les deux méthodes d'isolation.....	135
6.6 Les différents types d'isolants thermiques en Algérie.....	136
6.7 Les solutions proposées pour la rénovation de notre maison ancienne.....	139
6.8 Les résultats :	142
6.9 Comparaison des résultats des types d'isolations	148
6.10 Comparaison entre maison isolé et non isolé :	149
6.11 Conclusion	150
Conclusion.....	153
Annexes A	155
Bibliographie.....	161

ملخص

في الجزائر لا تتمتع المباني بكفاءة عالية في استخدام الطاقة و بالتالي فهي تظل قطاعا" كبيرا في استهلاك الطاقة خاصة و ان الإسكان لا يخضع لأنظمة تقييدية في هذا المجال و من اجل تحديد الخسائر و المساهمات و الحاجة السنوية لتدفئة المنزل إستخدمنا برنامج حساب CT BAT الذي هو وصف الإسكان و معداته مع تقدير الإستهلاك السنوي للطاقة (كيلوواط ساعة/متر مربع سنويا) و التحقق من توافق الإسكان مع DTR.C3-2 وDTR.C3-4تؤخذ باعتبار التدفئة و التبريد و تركيبات الحائط و التوجيه و النوافذ و عدد السكان و المناخ المحلي و العزل يتم أيضا حسابه. يمكن لنصائح و الحلول الخاصة بتقليل إستهلاك الطاقة و توصيات العمل توفير الطاقة و تحسين أداء البناء و ضمان الراحة الحرارية في المنزل.

كلمات البحث:

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

Résumé

En Algérie, les constructions sont très peu économes en énergie et par conséquent, elles restent un grand secteur de consommation de l'énergie, d'autant plus, les logements ne sont pas régis par une réglementation contraignante en la matière. Afin de quantifier les déperditions, les apports et le besoin annuel de chauffage d'une habitation, nous avons utilisé un logiciel de calcul « CT BATT » qui est un descriptif du logement et de ses équipements, avec une estimation de la consommation annuelle d'énergie (en kWh/m² par an) et vérifier la conformité de logement avec le DTR C3.2 et DTR C3.4. Sont pris en compte : le chauffage, le refroidissement, les compositions des parois et son orientation, les fenêtres, Le nombre d'occupants, le climat local et l'isolation sont aussi comptabilisés. Des conseils et des solutions prodigués pour réduire la consommation énergétiques et recommandations de travaux permettent d'économiser de l'énergie et améliorer la performance de la construction et assurer le confort thermique de l'habitat..

Mots clés : Economie – Consommation – Chauffage – Climatisation – CT BAT – isolation – déperditions – DTR C3.2 – DRT C3.4.

Abstract

In Algeria, the constructions are very efficient in energy and therefore, they remain a large sector of energy consumption, even more, housing are not governed by binding legislation on the subject. No incentive for solar water heater and solar panel exists, including in the South.

To quantify the heat losses and contributions and annual need for heating of a dwelling, we've designed a calculation software «CT BAT » that is a description of housing and facilities, with an estimate of the annual energy consumption (in kWh/m² per year) and check housing compliance with the DTR C3.2 and the DTR C3.4 . Are taken into account: heating, cooling and wall compositions and its orientation, windows and doors, the number of occupants, the local climate and isolation are also recorded.

Recommendations of work and advice and solutions to reduce energy consumption and recommendations of work allow saving energy and improving the performance of the construction with an order of magnitude of the cost of works or equipment.

Keywords:

Economy – Consumption – Heating - Air conditioning- CT BAT – insulation–heat losses –DTR C3.2 – DRT 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

-**C_r** : est un ratio estimé des pertes calorifiques dues au réseau de tuyauteries éventuel.

-**C_{in}** : représente un coefficient de surpuissance.

-**Di** : représente les déperditions totales du volume « i » ($W/°C$)

-**D_s** : Déperditions surfaciques ($w / °C$)

-**D_T** : Déperditions totale (w)

-**D_R** : Déperditions thermiques par renouvellement d'air ($w / °C$)

-**(D_T)_i** : Les déperditions par transmission du volume i ($W/°C$)

-**(D_R)_i** : Les déperditions par renouvellement d'air du volume i ($W/°C$)

-**(D_s)_i** : Les déperditions surfaciques à travers les parties courantes des parois en contact avec l'extérieur ($W/°C$)

-**(Di)_i** : Les déperditions à travers les liaisons ($W/°C$)

- (D_{sol})_i**: Les déperditions à travers les parois en contact avec le sol (W/°C)
- (D_{Inc})_i** : Les déperditions à travers les parois en contact avec les locaux non chauffés(W/°C)
- (D_{RV})_i**:Les déperditions dues au fonctionnement normal des dispositifs de ventilation (W/°C)
- (D_{RS})_i**: Les déperditions supplémentaires dues au vent (W/°C)
- D_{réf}** : Les déperditions de référence(W/°C)
- (D_B)_i** : Les déperditions de base de chaque volume thermique **i**(W)
- Di**: Les déperditions totales du volume thermique **i** (W/°C)
- D_{ii}**: 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
- ECh** : 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)
- L** : la longueur intérieure de chaque liaison

- N_{pvt} : 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 (m^3/h)

- Q_v : Débit volumique (m^3/s)

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

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

- Q_{vref} : 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)

- $S_{v_{ens}}$: 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_{sb_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 ($^\circ C$)

-**Tau** : est le coefficient de réduction de température, il est soit calculé ou déterminé forfaitairement.

-**U** : Coefficient de Transmission (m^2C/w)

-**Ug** : Coefficient de transmission thermique du vitrage ($W.m^{-2}.K^{-1}$)

-**Vh** : Volume habitable du local (m^3)

- **λ** : conductivité thermique ($W/m.^{\circ}C$)

Liste des Tableaux

Tableau 1.1: Consommation énergétique finale national par secteur [8].	12
Tableau 1.2: la consommation électrique annuelle à Tlemcen [9].	14
Tableau 1.3: Consommation d'énergie électrique à Tlemcen (2017 et 2018) [9]	Erreur ! Signet non défini.
Tableau 1.4: La consommation annuelle du gaz naturel dans le secteur résidentiel à Tlemcen [9].	16
Tableau 1.5 : Tableau climatique de Tlemcen.	22
Tableau 4.1: Les données techniques de l'enveloppe de la maison.	78
Tableau 4.2: Les données techniques de l'enveloppe de RDC.	78
Tableau 4.3 : Les données des températures du l'enveloppe de RDC.	78
Tableau 4.4: comparatif des données de deux l'enveloppe.	80
Tableau 4.5 : Composition (de l'extérieur vers l'intérieur) de RDC.	81
Tableau 4.6: les matériaux et son conductivité (mur).	81
Tableau 4.7: Composition (de l'extérieur vers l'intérieur) de Plancher bas.	82
Tableau 4.8: les matériaux et son conductivité (planchés bas).	82
Tableau 4.9 : Composition (de l'extérieur vers l'intérieur) de Plancher haut.	82
Tableau 4.10 : les matériaux et son conductivité (planchés bas).	83
Tableau 4.11: Caractéristiques géométriques.	84
Tableau 4.12: Les données techniques de l'enveloppe de la maison moderne.	88
Tableau 4.13: Les données techniques de l'enveloppe de la maison.	88
Tableau 4.14 : Les données des températures du l'enveloppe de la maison moderne.	88
Tableau 4.15: Composition de mur (de l'extérieur vers l'intérieur)	90
Tableau 4.16: les matériaux et son conductivité (mur nord).	90
Tableau 4.17: Composition de Plancher bas (de l'extérieur vers l'intérieur).	91
Tableau 4.18 : les matériaux et son conductivité (plancher bas). Plancher haut	91
Tableau 4.19 : Composition de Plancher bas (de l'extérieur vers l'intérieur).	92
Tableau 4.20 : les matériaux et son conductivité (plancher haut).	92
Tableau 4.21: comparatif des données de deux l'enveloppe.	93
Tableau 5.1 : compositions de l'extérieure vers l'intérieur des murs.	96
Tableau 5.2: Les coefficients des murs.	96
Tableau 5.3: Les coefficients de mur nord.	96
Tableau 5.4: compositions de l'extérieure vers l'intérieur des planchés.	97
Tableau 5.5: Les coefficients des planchés.	97
Tableau 5.6: Composition e coefficients k du la porte nord.	97
Tableau 5.7: La composition de fenêtre nord.	98
Tableau 5.8: Le Coefficient K de fenêtre nord.	98
Tableau 5.9: Les apports thermiques par ensoleillement.	98
Tableau 5.10: La composition de fenêtre est.	99
Tableau 5.11: Le Coefficient K de fenêtre est.	99
Tableau 5.12: Les apports thermiques par ensoleillement.	99
Tableau 5.13 : Les surfaces, déperditions et les apportes des murs.	100
Tableau 5.14: Les surfaces, déperditions et les apportes des fenêtres.	100
Tableau 5.15: La surface, déperditions et les apportes de la porte.	100

Tableau 5.16: La surface, déperditions et les apportes de plancher.....	101
Tableau 5.17: Profil de température de l'intérieure vers l'extérieure.....	102
Tableau 5.18 : Les données du échanges thermiques en hiver.....	102
Tableau 5.19: Renouvellement et infiltration d'air en hiver.....	103
Tableau 5.20: Vérification réglementaires hiver.....	103
Tableau 5.21: La Puissance de chauffage.....	103
Tableau 5.22: Les données du échanges thermiques en été.....	104
Tableau 5.23: Renouvellement et infiltration d'air en été.....	104
Tableau 5.24: Vérification réglementaire en été.....	104
Tableau 5.25: La Puissance de climatisation.....	105
Tableau 5.26: Les compositions de l'extérieure vers l'intérieure.....	105
Tableau 5.27: Les coefficients du mur.....	106
Tableau 5.28: Les surfaces, déperditions et les apportes des murs.....	106
Tableau 5.29: Les surfaces, déperditions et les apportes des fenêtres.....	107
Tableau 5.30: La surface, déperditions et les apportes de plancher.....	107
Tableau 5.31: Profil de température de l'intérieure vers l'extérieure.....	109
Tableau 5.32: Synthèse des échanges thermiques en hiver.....	110
Tableau 5.33: Renouvellement et infiltration d'air en hiver.....	110
Tableau 5.34: Vérifications réglementaires en hiver.....	110
Tableau 5.35: La Puissance de chauffage.....	111
Tableau 5.36: Synthèse des échanges thermiques en été.....	111
Tableau 5.37: Renouvellement et infiltration d'air en été.....	111
Tableau 5.38: Vérification réglementaire en été.....	112
Tableau 5.39: La Puissance de climatisation.....	112
Tableau 5.40: La somme de déperditions du la maison ancien (R+1).....	112
Tableau 5.41: Bilan thermique de la maison ancien.....	113
Tableau 5.42: Les compositions de l'extérieure vers l'intérieure des murs.....	114
Tableau 5.43: Les coefficients du mur.....	114
Tableau 5.44: Les compositions de l'extérieure vers l'intérieure du plancher haut.....	115
Tableau 5.45: Les coefficients du plancher haut.....	115
Tableau 5.46: Les composition de la fenêtre.....	115
Tableau 5.47: Coefficient K.....	116
Tableau 5.48: Les données du apports thermiques par ensoleillement.....	116
Tableau 5.49: Les surfaces, déperditions et les apportes des murs.....	116
Tableau 5.50: Les surfaces, déperditions et les apportes des fenêtres.....	117
Tableau 5.51: La surface, déperditions et les apportes de la porte.....	117
Tableau 5.52 : La surface, déperditions et les apportes des planchers.....	117
Tableau 5.53: Profil de température de l'intérieure vers l'extérieure.....	119
Tableau 5.54: Les données Profil de température de l'intérieure vers l'extérieure.....	120
Tableau 5.55 : Synthèse des échanges thermiques en hiver.....	120
Tableau 5.56: Renouvellement et infiltration d'air en hiver.....	121
Tableau 5.57: Vérification réglementaire en hiver.....	121
Tableau 5.58: La Puissance de chauffage.....	122
Tableau 5.59: Les données techniques de l'enveloppe de la maison.....	122
Tableau 5.60: Renouvellement et infiltration d'air en été.....	122

Tableau 5.61: Vérification réglementaire en été.....	123
Tableau 5.62: La Puissance de climatisation.....	123
Tableau 6.1: résultats de logiciel pour la maison ancien	130
Tableau 6.2: résultats de logiciel pour la maison moderne.....	131
Tableau 6.3: condition et Le seuil de température $T_{\text{seuil hiver}}$	132
Tableau 6.4: les déperditions et les apports de maison ancien après isolations.....	143
Tableau 6.5: bilan thermique de maison ancien après l'isolation	143
Tableau 6.6: synthèses des enveloppes	144
Tableau 6.7: les déperditions et les apports de maison ancien après isolations.....	144
Tableau 6.8: bilan thermique de maison ancien après l'isolation	145
Tableau 6.9: synthèses des enveloppes.....	145
Tableau 6.10: les déperditions et les apports de maison ancien après isolations par ITE	146
Tableau 6.11: bilan thermique de maison ancien après l'isolation par ITE	146
Tableau 6.12: synthèses des enveloppes	147
Tableau 6.13: comparaison des résultats avant et après rénovation	148

Liste des Figures

Figure 1.1 : Organisation des contenus sur le thème de l'énergie [1]	5
Figure 1.2: Demande de l'énergie finale dans le cas du chauffage domestique [3].	6
Figure 1.3: Le Solaire Photovoltaïque [4]	8
Figure 1.4: solaire thermique [4]	9
Figure 1.5: Schéma d'une installation-type de géothermie [4].....	10
Figure 1.6: Consommation finale d'énergie par secteur dans le monde en 2015[6]	11
Figure 1.7: Evolution de la consommation nationale par secteur en Ktep [8]......	13
Figure 1.8: Répartition de consommation finale par secteur [9]	14
Figure 1.9: Evolution de la consommation électrique à Tlemcen dans le secteur résidentiel [9]	15
Figure 1.10: Consommation de l'électricité à Tlemcen dans le secteur résidentiel [9]	16
Figure 1.11: Consommation gazière à Tlemcen dans le secteur résidentiel (2013-2018) [9]17	
Figure 1.12: Schéma montrant la consommation d'énergie selon la date de construction et les choix écologiques [10].....	18
Figure 1.13: Classification du climat en Algérie [12].....	21
Figure 1.14: Plage de confort thermique [4].....	24
Figure 1.15: Les variables principales du confort global [7].....	25
Figure 1.16: Gains thermiques internes d'un espace.....	26
Figure 2.1: Transfert de chaleur par conduction [26].	29
Figure 2.2: Transfert de chaleur par convection [26]......	30
Figure 2.3: <i>Transfert de chaleur par rayonnement</i> [26].	31
Figure 2.4: le flux de chaleur dissipé à travers une paroi[29]	31
Figure 2.5: Répartition en % des déperditions pour une maison et un immeuble [20]	33
Figure 2.6: Apports d'énergie dans les bâtiments [21]	34
Figure 2.7: Pont thermique d'un plancher[12]	35
Figure 2.8: Ponts thermiques de liaisons[23].....	36
Figure 2.9: Ponts thermiques intégrés[23]	36
Figure 2.10: Facteur d'émission ξ des vitrages [23]	38
Figure 2.11 : Facteur solaire g des vitrages [23]	39
Figure 2.12: Transmission lumineuse T_l des vitrages [23].....	39
Figure 2.13 : Coefficient de transmission thermique de vitrage [23]	40
Figure 2.14: Exemple de U_g pour différents types de vitrages [23]..... Erreur ! Signet non défini.	
Figure 2.15: Coefficient d'une fenêtre à double vitrage [23].....	42
Figure 2.16: Coefficient d'une fenêtre + fermeture extérieure [23]	42
Figure 2.17: Principaux coefficients qui permettent de caractériser les performances thermiques d'une paroi vitrée et sa fermeture [23].....	42
Figure 2.18: Principe de la ventilation naturelle[24].	43
Figure 2.19: Répartition en % des infiltrations d'air dans une maison individuelle [ADEME]	44
Figure 2.20: Conductivités thermiques de quelques matériaux [12].....	45
Figure 4.1: Structuration et représentation interne des données de l'application CT BAT. [12]	60
Figure 4.2: écran d'accueil. [32]	61
Figure 4.3: écran projet [32].....	62

Figure 4.4: Écran de créer un projet. [32].....	63
Figure 4.5: Écran enveloppe chargée. [32]	64
Figure 4.6: Écran liste des parois [32]	65
Figure 4.7: Écran panneau synthèse et manipulation des données d'une paroi [32]	66
Figure 4.8: Écran onglet composition d'une paroi vitrée [32]	67
Figure 4.9 : Écran protection de la paroi vitrée en hiver [32]	68
Figure 4.10 : Écran protection été pour un vitrage simple [32].....	69
Figure 4.11: protection été pour un vitrage double. [32].....	69
Figure 4.12: Écran protection été pour une fenêtre double. [32].....	70
Figure 4.13: Écran définition de la composition d'une porte. [32]	71
Figure 4.14: Écran onglet de composition d'une porte avec synthèse complète des calculs. [32]	71
Figure 4.15: Écran définition des données de renouvellement d'air pour une enveloppe à usage d'habitation. [32]	72
Figure 4.16: Écran chauffage de l'enveloppe. [32]	73
Figure 4.17: Écran synthèse des calculs et vérification réglementaire du projet. [32]	74
Figure 4.18: Plan de situation	75
Figure 4.19: Plan de RDC construit avec pierre naturelle en 1949.....	76
Figure 4.20: Plan de 1 ^{er} étage construit avec parpaing en 1964.....	77
Figure 4.21: Vue de façade de la Maison ancien.....	77
Figure 4.22: coupe d'un mur en pierre sèche.....	79
Figure 4.23 : Plan de situation.....	84
Figure 4.24: Plan de façade principale de maison moderne.....	85
Figure 4.25: Plan de Rez de Chaussée.....	86
Figure 4.26: Plan d'étage.....	87
Figure 4.27: Coupe transversal d'un mur double parois en brique creuse.....	89
Figure 5.1: profil de température.....	101
Figure 5.2: profil de température.....	108
Figure 5.3: profil de température.....	118
Figure 5.4 : profil de température.....	119
Figure 6.1: profil de température de l'extérieur vers l'intérieure de mur nord de la maison moderne.....	126
Figure 6.2: profil de température de l'extérieur vers l'intérieure de mur nord de la maison ancien	128
Figure 6.3: les déperditions thermiques d'une habitation.....	133
Figure 6.4: isolation intérieure et extérieure [12]	136
Figure 6.5: Exemples de matériaux d'isolation thermique [12]	139
Figure 6.6: fenêtres à Double vitrage	140
Figure 6.7: Amélioration de la construction avec laine de verre par l'intérieure.....	141
Figure 6.8: Amélioration de la construction avec polystyrène expansé par l'extérieure...	142
Figure 6.9: Comparaison entre une construction bien isolé et non isolé (ADEME)	150

Introduction générale

Le monde entier est confronté à une augmentation de la consommation énergétique d'une façon accrue depuis plusieurs décennies. Cette augmentation remet fondamentalement en cause le modèle économique qui est tributaire pour son développement d'une quantité colossale d'énergie

Le secteur du bâtiment est, parmi les secteurs économiques, le plus gros consommateur en énergie au niveau mondial, est une cible de choix dans la réduction des consommations, vu que la cause de ce résultat est due à la forte demande de logement qui résulte d'une grande augmentation démographique .A l'échelle planétaire, le secteur du bâtiment est responsable d'environ **30 à 40%** de la consommation annuelle mondiale de l'énergie et de près de **30%** de l'ensemble des émissions de gaz à effet de serre. Soucieuse de la protection de l'environnement et de la réduction de ces pertes ainsi que, Les changements climatiques aidant, les hivers sont de plus en plus rudes et les étés sont de plus en plus chauds. Sachant que dans quelques pays, plus tu consommes de l'énergie plus le prix unitaire augmente. 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.

Dans les années **1990**, l'Algérie avait développé plusieurs dispositifs réglementaires quant à l'efficacité énergétique dans l'habitat. Suite à une réflexion sur la consommation des logements neufs initiés en **1995**, le ministère de l'Habitat et de l'Urbanisme met en place des documents techniques réglementaires (**DTR**) en **1997**.

Ceux-ci déterminent notamment les valeurs de référence relatives aux déperditions et aux apports calorifiques des bâtiments neufs à usage d'habitation et tertiaire, les méthodes de calcul des déperditions et des apports calorifiques pour les différentes zones climatiques.

En Algérie, la plupart des logements construits sont relativement non isolés, ce qui signifie que ces bâtiments ont de fortes déperditions thermiques et de fait consomment beaucoup plus d'énergie, et l'efficacité énergétique n'est toujours pas appliquée dans la production des bâtiments. De plus, ceux-ci sont chauffés grâce à des énergies fossiles, donc fortement pourvoyeurs de gaz à effet de serre responsable en partie des changements climatiques. L'élévation globale des températures et la forte consommation énergétique nécessitent l'élaboration des concepts à forte efficacité énergétique qui

seront appliqués aux bâtiments. L'isolation thermique est complexe et très diversifiée. Selon les matériaux utilisés et les pièces à isoler, l'économie résultant de l'isolation thermique est très variables.

L'ensemble des parties d'un bâtiment est soumis aux transferts thermiques, qui sont des échanges de chaleur entre le milieu chaud et le milieu froid .la connaissance et la maitrise de ces transferts permet une gestion de la facture énergétique d'un bâtiment.la diminution de ces échange thermique permet de maintenir une température tempérée à l'intérieure du bâtiments en y apportant le moins d'énergie possible .elle permet également d'orienter la conception du bâtiment dans un cadre réglementaire tout en visant un compromis entre cout énergétique et confort .

L'isolation thermique est l'un des points clés pour agir sur d'atteindre l'objectif de réduire les déperditions calorifiques et la consommation d'énergie dans le secteur du bâtiment. Pour cela l'isolation se trouve au cœur des bouquets de solutions retenues pour réaliser les futures économies d'énergie. En agissant sur les déperditions thermique, l'isolation permet en effet de moins chauffer l'hiver et d'éviter de recourir à la climatisation l'été

Le présent travail a pour objectif de faire une étude thermique d'une maison moderne situé à **Abou-Techefine TLEMCEN** et une maison ancien situé à **GHAZAOUATE** .cette étude permet de faire des calculs réglementaire pour faire Le bilan thermique ,ce dernier sert également à identifier les éventuelles déperditions de chaleur et le dimensionnement de chauffage , climatisation et le besoin annuel de chauffage à l'aide d'un logiciel **CT BAT** qui va vérifier la conformité des projets de construction de bâtiment aux normes algériennes décrites dans les **DTR C3-2** et **C3-4** puis on va proposer des solutions pour réduire les déperditions calorifique et d'économie d'énergie les plus adaptées sans se départir d'un objectif de couts maitrisés.

Pour arriver à atteindre ces objectifs nous devons d'abord nous poser les questions suivantes : La consommation énergétique augmente du jour au jour, la réglementation thermique en Algérie n'est pas applicable, l'émission de gaz à effet de serre et tous ce qui en suit sont souvent entendu ;

Est-ce que ces deux maisons nécessitent une source de climatisation à l'été ? Et est-ce qu'elles nécessitent une source de chaleur à l'hiver ? quelle est la puissance de ces deux ressources ?

Est-ce que la mise en vigueur d'une réglementation thermique suffira ?

Quelle est l'influence de l'enveloppe du bâtiment sur les déperditions et sa demande énergétique ?

Quelle sont les solutions disponibles pour réduire les déperditions et assurer le confort thermique et économiser d'énergie ?

La présentation de ce travail est scindée en 4 chapitres qui se présentent comme suit

Le premier chapitre : est consacré donnée les notions générales sur l'énergie, le climat et le confort thermique.

Le deuxième chapitre : est consacré donnée les notions sur la thermique de bâtiment.

Le troisième chapitre : sera consacré dans un premier temps au calcul des différents types des déperditions calorifiques suivant les **DTR C3-2** et **C3-4** « Règlement thermique des bâtiments d'habitation et règles de calcul des apports calorifiques des bâtiments »

Le quatrième chapitre : sera entièrement consacré à la présentation de logiciel de calcul thermique CT BAT puis la présentation des deux cas étudier : localisation, géométrie, orientation et différents éléments de construction.

Le cinquième chapitre : sera entièrement consacré à la présentation des résultats obtenu par le logiciel pour les deux cas étudier tout en décrivant en détail les différentes étapes de calculs.

Dans le sixième chapitre : Nous allons proposer des solutions pour améliorer le confort thermique et réduire les déperditions et le besoin annuelle de chauffage.

En fin, nous allons terminer notre travaille par une conclusion générale.

Chapitre 1

L'énergie, climat et le confort thermique

1.1 Introduction

En raison de la croissance démographique, la consommation d'énergie augmente d'une façon accrue dû principalement à l'urbanisation et la migration des peuples vers les grandes villes pour une amélioration du niveau de leur vie.

Les principaux secteurs de consommation d'énergie sont : l'industriel, le bâtiment, le transport et l'agriculture. Le secteur du bâtiment est parmi les secteurs le plus grand consommateur d'énergie suivant le secteur industriel. L'énergie nécessaire pour le chauffage et le refroidissement des locaux dans les bâtiments est la plus grande de tous.

Le confort thermique appelé aussi bien être thermique est un besoin nécessaire à la qualité des espaces bâtis. Une notion que correspond à l'interaction entre l'occupant, le bâtiment et l'environnement extérieur. Le confort thermique visé à l'intérieur des constructions et fonction des éléments climatiques extérieurs est exigé pour le bon comportement moral et physique de l'individu.

1.2 Définition de l'énergie

« Energie » est un mot d'origine latine énergie, qui veut dire « puissance physique qui permet d'agir et de réagir ». L'énergie est capable de produire soit de la chaleur, soit de travail, soit tous les deux, qui sont nécessaire pour notre vie.

La définition de l'énergie est vague, à une acceptation large suivant les différents domaines ou on se trouve [1] :

- ✓ Par rapports aux physiciens ; l'énergie est la puissance matérielle du travail
- ✓ Par rapports aux économistes ; C'est la quantité de l'énergie mécanique commercialisée ;

C'est-à-dire l'ensemble des sources et des formes d'énergie susceptibles d'utilisation massive, aussi bien pour produire de la chaleur que pour actionner des machines.

Vu qu'elle est indispensable au confort, L'énergie peut s'introduire dans l'architecture à travers deux axes principaux [2] (figure 1-1) :

- ✓ Le coût énergétique « **initial** » de la construction à partir du coût énergétique des matériaux et de la construction.
- ✓ Le coût énergétique « **vécu** » de la consommation du au chauffage, climatisation, éclairage et alimentation

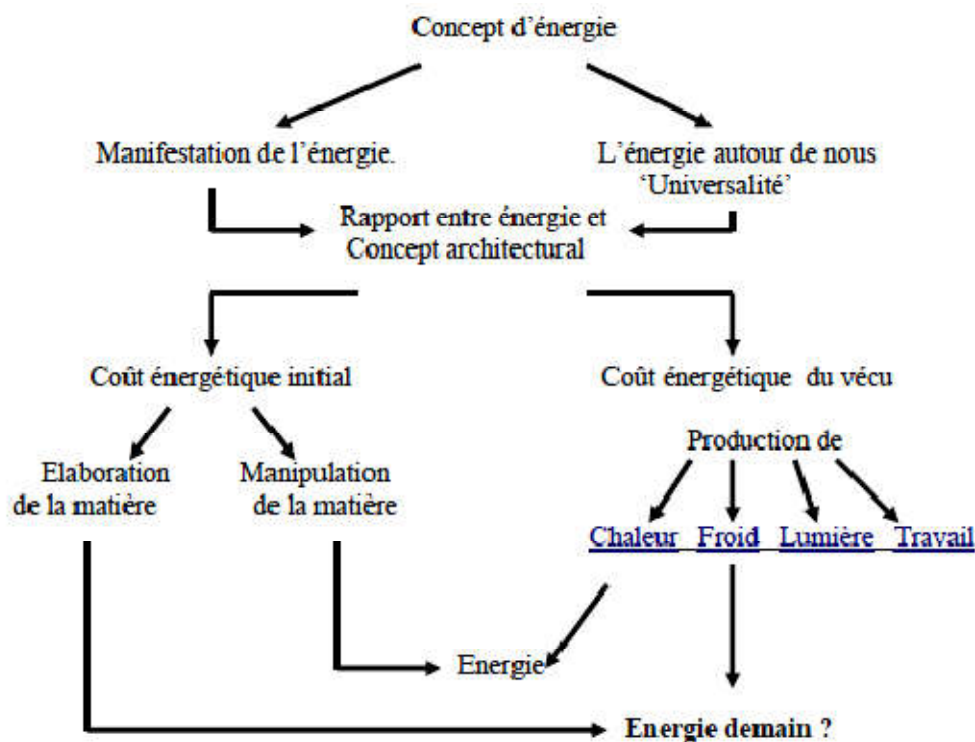


Figure 1.1 : Organisation des contenus sur le thème de l'énergie [1]

1.3 Le besoin d'énergie dans le bâtiment

Le besoin brut du bâtiment est la quantité d'énergie nécessaire pour maintenir, pendant une période de temps donné, un climat intérieur convenable et satisfaire les prestations du bâtiment (eau chaude, cuisson, éclairage, chauffage, climatisation, ...).

Dans le bâtiment, le maintien d'un confort thermique agréable semble s'opposer aux recherches d'économie d'énergie, d'où, on ne pourra répondre à cette apparente contradiction que par une

conception "globaliste" du bâtiment. Pour se faire, il faut posséder de bonnes notions sur les paramètres climatiques, l'inertie thermique des bâtiments et leur localisation

Cette approche du besoin d'énergie de chauffage et de climatisation renvoie trois facteurs explicatifs [3] :

- ✓ **Le besoin en température** ; est un besoin de climat intérieur, caractérisé par la température intérieure moyenne (qui explique principalement de façon quantitative le besoin d'énergie de chauffage ou climatisation) ce besoin en température est, un besoin « social » ;
- ✓ **Les caractéristiques physiques du logement** qui interviennent de façon prépondérante dans la création du besoin d'énergie sont le volume et le degré d'isolation.

D'autres caractéristiques importantes telles que l'exposition au soleil, au vent, le vitrage qu'on doit prendre en considération dès la conception et l'implantation ;

- ✓ **Le climat du site**, qui détermine la période du besoin.

Le besoin d'énergie se traduit par la demande d'énergie finale, par exemple les besoins de chaleur pour le chauffage d'une maison donnent naissance à une demande d'électricité, du fuel-oil ou de gaz cette demande est schématisée dans **la figure 1-2**

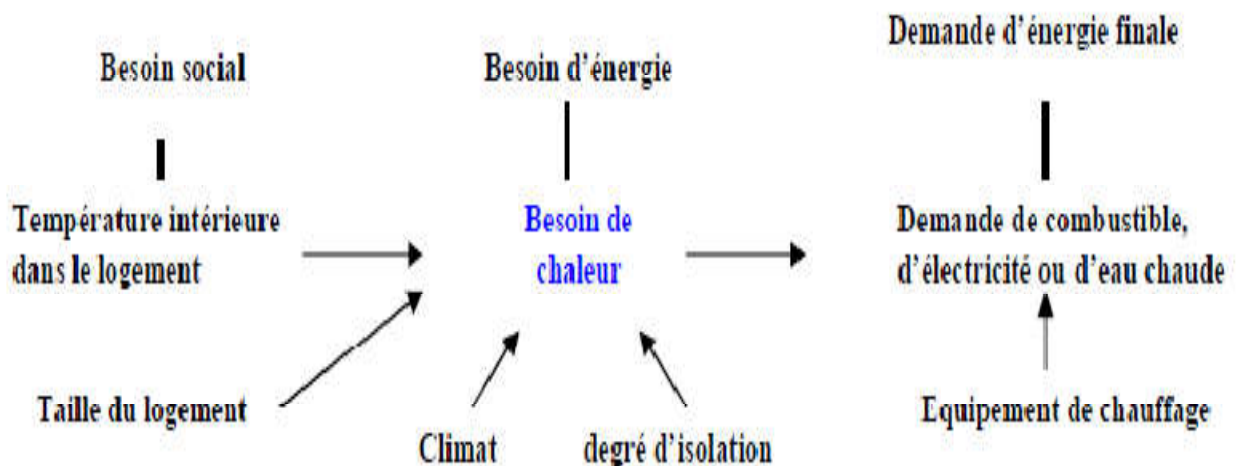


Figure 1.2: Demande de l'énergie finale dans le cas du chauffage domestique [3].

1.4 Les types d'énergie renouvelable utilisée dans les bâtiments

Le renouvelable se décline en plusieurs familles tel que le solaire, l'éolien et la géothermie :

1.4.1 L'énergie du soleil

Les bâtiments peuvent être conçus pour tirer profit de l'action de chauffage et d'éclairage du soleil de manière à réduire la consommation d'énergie. Les techniques "passives" visent ainsi à exploiter l'énergie solaire au moyen de grandes fenêtres, placées côté sud dans les régions nordiques, et de murs qui stockent la chaleur.

L'énergie solaire est beaucoup utilisée pour chauffer l'eau, surtout dans les régions méditerranéennes. Un chauffe-eau solaire consiste en un panneau à travers lequel l'eau se réchauffe en circulant. Un tel système peut fournir de l'eau chaude sanitaire ou alimenter un circuit de chauffage central. À plus grande échelle, le solaire thermique a été mis en œuvre dans des réseaux de chauffage urbain.

1.4.2 Le Solaire Photovoltaïque

L'énergie photovoltaïque utilise également le rayonnement solaire, mais le transforme directement en électricité. La lumière du soleil peut directement être transformée en électricité par des panneaux photovoltaïques

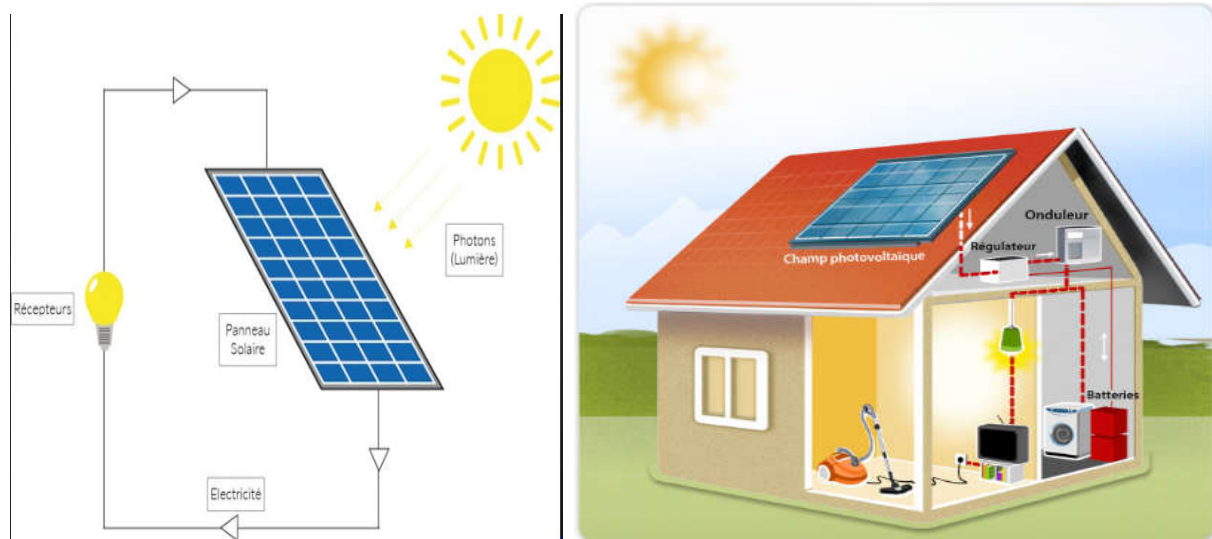


Figure 1.3: Le Solaire Photovoltaïque [4]

1.4.3 Le Solaire Thermique

L'énergie solaire thermique consiste à capter le rayonnement solaire pour élever la température d'un objet. L'emploi de l'énergie solaire thermique s'effectue directement pour chauffer de l'eau sanitaire par exemple, avec un chauffe-eau solaire, ou encore des fours solaires [5].

Au sein de l'énergie solaire, il faut différencier le solaire photovoltaïque et le solaire thermique. Le premier permet de produire de l'électricité. La conversion directe de l'énergie solaire en électricité se fait par l'intermédiaire d'un matériau semi-conducteur comme le silicium. L'élément de base est la photovoltaïque et le produit commercial s'appelle un module photovoltaïque. Le deuxième permet de produire de la chaleur (à basse, moyenne ou haute température). Les applications les plus répandues sont

Celles concernant le bâtiment comme la production d'eau chaude sanitaire. La conversion du rayonnement solaire en chaleur se fait grâce au capteur solaire thermique.

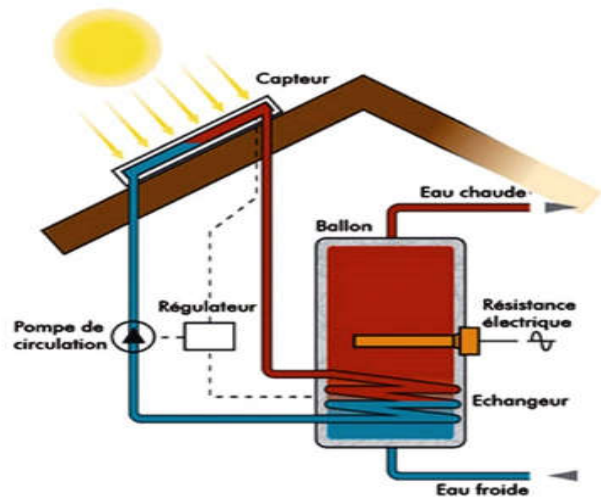


Figure 1.4: solaire thermique [4]

1.4.4 L'énergie du vent (l'éolien)

Le principe de L'énergie éolienne est d'utilisation de l'énergie mécanique produite par les mouvements des différentes masses d'air et vent. Cette énergie transforme l'énergie mécanique en électricité, ou autre énergie. Des champs d'éoliennes fonctionnant comme une petite centrale. Ils produisent de l'électricité qui sera consommée sur place.

1.4.5 L'énergie de la terre (la géothermie)

Le principe de La géothermie est d'utiliser la chaleur naturelle provenant des nappes aquifères présentes dans le sol pour fournir un système durable de chauffage pour les bâtiments (**Figure 1.5**). Si cette énergie géothermique peut être à l'origine de chaleur, elle permet également de produire de l'électricité, moyennant l'utilisation de turbines.

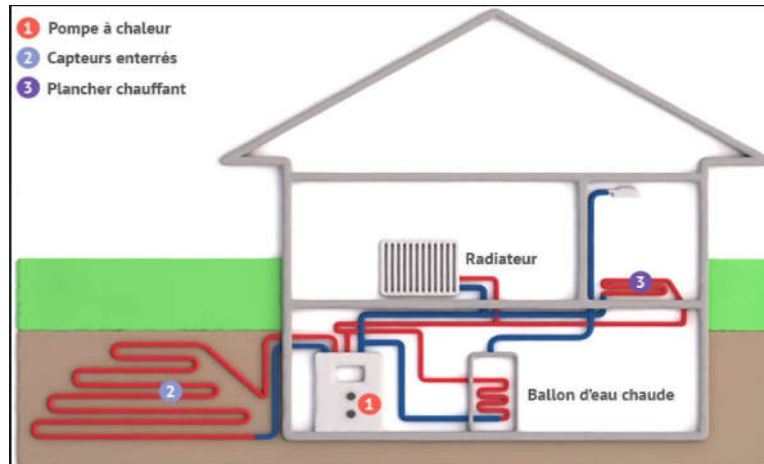


Figure 1.5: Schéma d'une installation-typique de géothermie [4]

1.5 Consommation d'énergie

1.5.1 Consommation énergétique mondiale par secteur d'activité

Tous les domaines d'activité ne consomment pas la même quantité d'énergie, ni les mêmes énergies. Les secteurs tertiaire et résidentiel, par exemple, étaient les plus gros consommateurs en **2015** et représentaient **44%** de la facture énergétique du pays. Leur énergie préférée : l'électricité, à près de **37%**. En comparaison, le secteur des transports représentait **30%** de la consommation énergétique française et utilisait majoritairement le pétrole (**75%**) pour son activité. L'industrie n'est pas en reste, avec **25%** de la consommation totale du pays en **2015**, mais celle-ci préfère le gaz, qui représente un quart de sa facture. Enfin, l'agriculture est le secteur le plus économe : seulement **3%** de la dépense totale d'énergie [6].

La répartition de la consommation finale entre les différents secteurs et leurs énergies de prédilections est présentée comme suit (**Figure 1.6**):

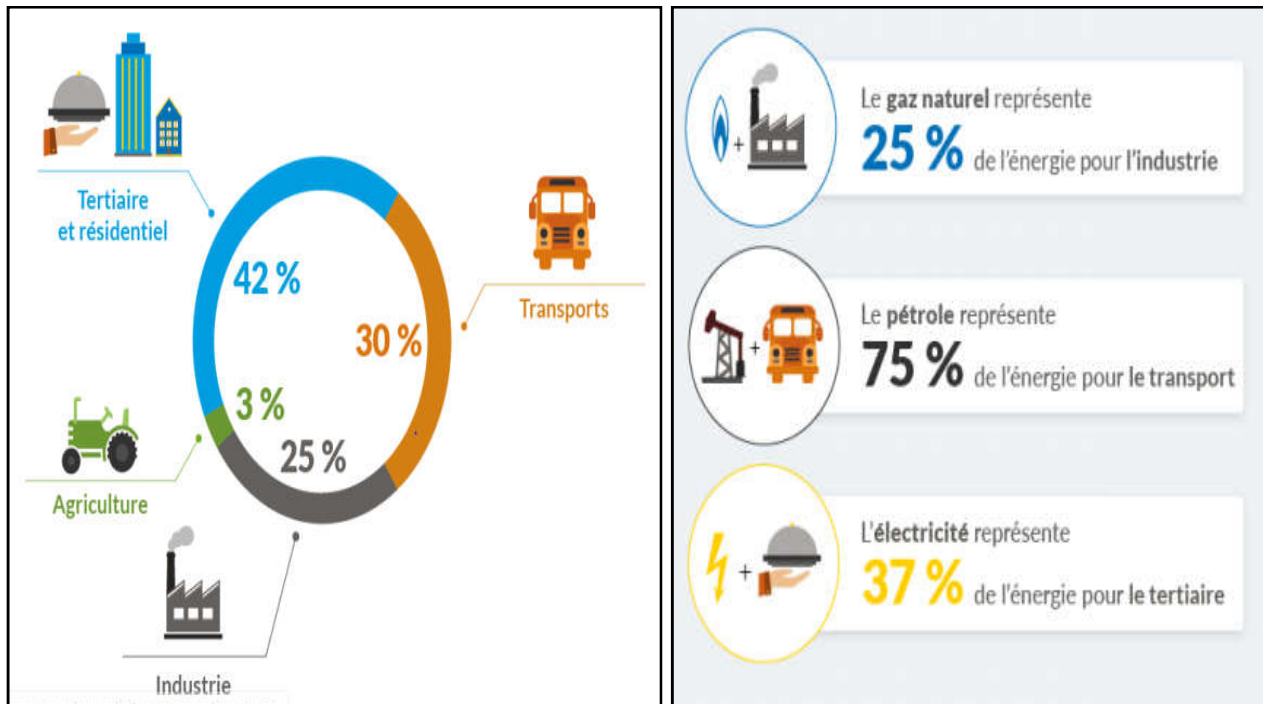


Figure 1.6: Consommation finale d'énergie par secteur dans le monde en 2015[6]

1.5.2 Consommation nationale d'énergie

L'Algérie, pays producteur et exportateur de pétrole et de gaz a connu une nouvelle politique nationale des hydrocarbures. L'état a permis le financement d'un vaste programme industriel, social et économique [7].

1.5.2.1 Evolution de la 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. Les niveaux de consommation pour chaque secteur sont passés respectivement de **(8019 Ktep, 11215 Ktep et 12415 Ktep en 2010)** à **(8238 Ktep, 14551 Ktep et 16579 Ktep en 2014)**, soit une augmentation de **2,73%** pour l'industrie, **29,75%** pour le transport et **33,54%** pour les ménages et autres [8].

K tep	2010	2014	Evolution	
			Quantité	(%)
Industrie et BTP	8019	8238	+219	+2.7
Transport	11215	14551	+3336	+29.75
Ménages et autres	12415	16579	+4164	+33.5
Total	31650	39368	+7718	+24.4

Tableau 1.1: Consommation énergétique finale national par secteur [8].

La consommation la plus élevée a été enregistrée dans le secteur des ménages et autres, elle a atteint **40%** en **2010** et **42%** en **2014**.

Pour le transport, sa part a régressé de **35%** en **2010**, elle est passée à **37%** en **2014**, quant à l'industrie, la consommation est passée de **25%** en **2010** à **21%** en **2014**. La structure de la consommation par secteur d'activité montre qu'en matière d'appréhension et de traitement de la consommation, le secteur des ménages et autres constitue une priorité dans l'élaboration de la stratégie et des programmes de maîtrise d'énergie (**Figure 1.2**)

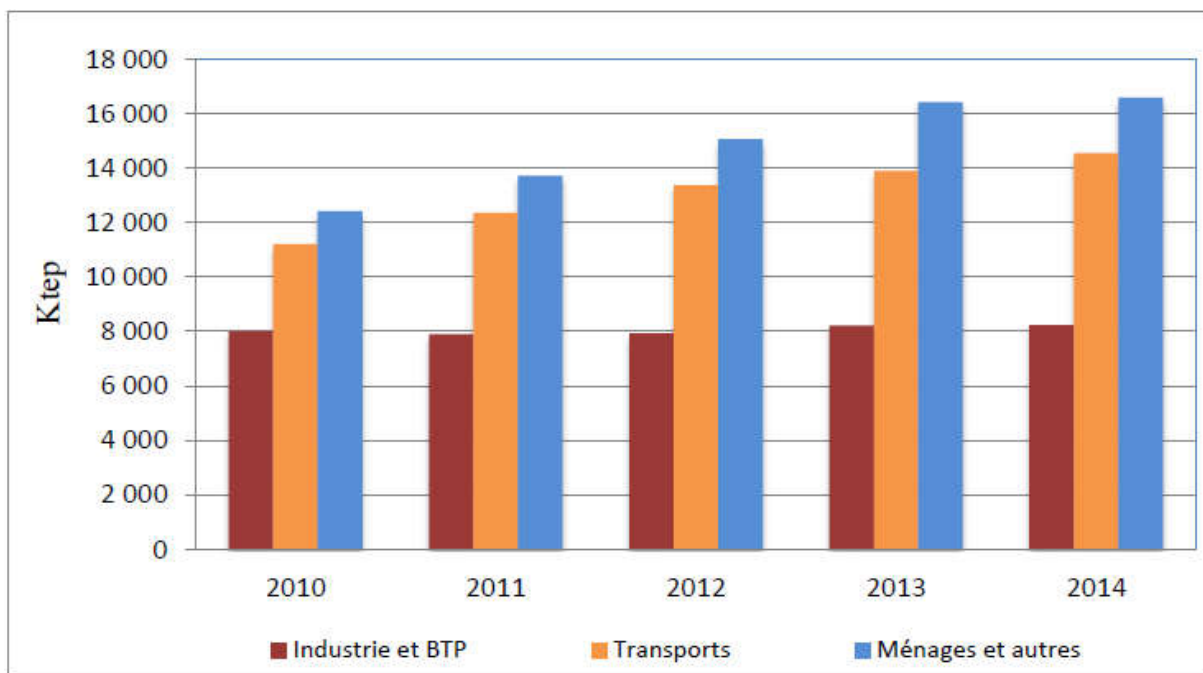


Figure 1.7: Evolution de la consommation nationale par secteur en Ktep [8].

1.5.3 Consommation d'énergie à TLEMCEN

- Répartition de consommation finale par secteur

A TLEMCEN le secteur résidentiel et le transport présentent la consommation finale le plus élevé qui est de **55%**. Les secteurs des industries et **BTP** et l'agriculture représentent respectivement **35%** et **10%** de la consommation final.

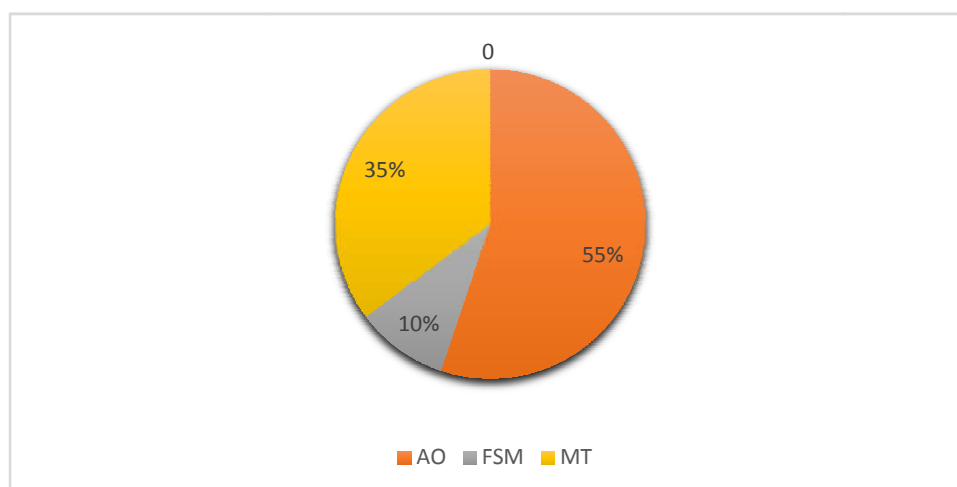


Figure 1.8: Répartition de consommation finale par secteur [9]

AO : Abonner ordinaire.

FSM : Facturation sur mémoire.

MT : Moyennetension de les grands post d'électricité.

- **Evolution de la consommation électrique**

D'après les statistiques de la société Nationale de l'électricité et du gaz unité de Tlemcen, la consommation électrique annuelle à Tlemcen est en perpétuelle croissance. Les histogrammes de la (Figure 1.8) montrent l'évolution de la consommation annuelle passant de **1061 10⁶KWh** en **2013**, arrivant à **1371 10⁶ KWh** en **2018**. Soit une augmentation de **310 10⁶ KWh** en cinq ans. [9]

	2013	2014	2015	2016	2017	2018
ELEC (KWh)10⁶	1061	1198	1303	1351	1378	1371

Tableau 1.2: la consommation électrique annuelle à Tlemcen [9]

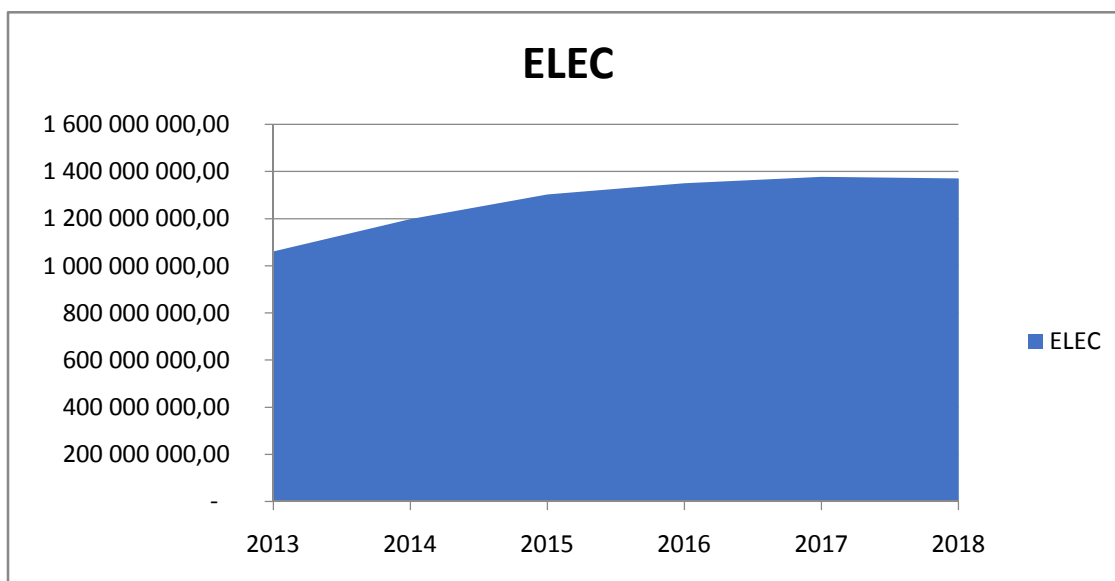


Figure 1.9: Evolution de la consommation électrique à Tlemcen dans le secteur résidentiel [9]

La consommation d'énergie électrique à Tlemcen dans la période estivale (**trimestre3**) passant de (**401 106 KWh en 2017**) et (**374 106 KWh en 2018**). La consommation électrique dans cette période est plus importante par rapport les autres saisons d'année (**Tableau 1.4**).

Trimestre	Consommation d'électricité [KWh] 2017 (10 ⁶)	Consommation d'électricité [KWh] 2018 (10 ⁶)
Trimestre 1	316	322
Trimestre 2	303	304
Trimestre 3	401	374
Trimestre 4	359	372
Total	1 379	1 372

Tableau 1.3: Consommation d'énergie électrique à Tlemcen (2017 et 2018) [9]

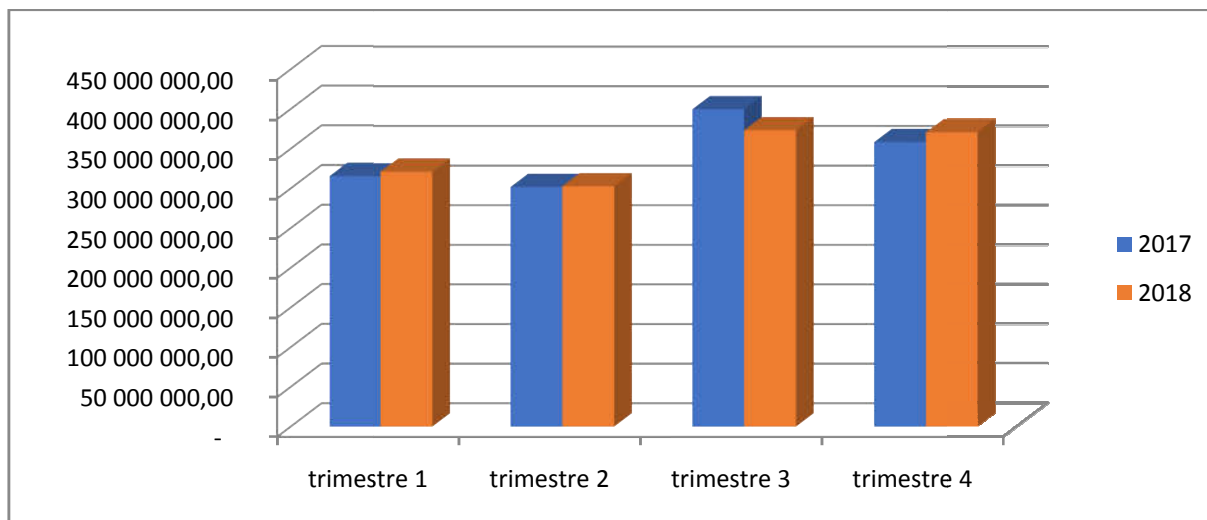


Figure 1.10: Consommation de l'électricité à Tlemcen dans le secteur résidentiel [9]

- **Evolution de consommation du gaz naturel**

La consommation annuelle du gaz naturel dans le secteur résidentiel à Tlemcen est aussi en croissance sans cesse (**Figure 1.9**). Passant de (**2 308 10⁶ Thermie en 2013**) et (**3494 10⁶ Thermie en 2018**). Soit une augmentation de **1185 10⁶ Thermie** en cinq ans. A savoir que cette consommation concerne uniquement le gaz de ville, vu que l'alimentation en gaz butane (bouteille) n'est pas recensée. [9]

	2013	2014	2015	2016	2017	2018
GAZ (Thermie) 10⁶	2 308	2380	2 591	2661	2805	3494

Tableau 1.4: La consommation annuelle du gaz naturel dans le secteur résidentiel à Tlemcen [9]

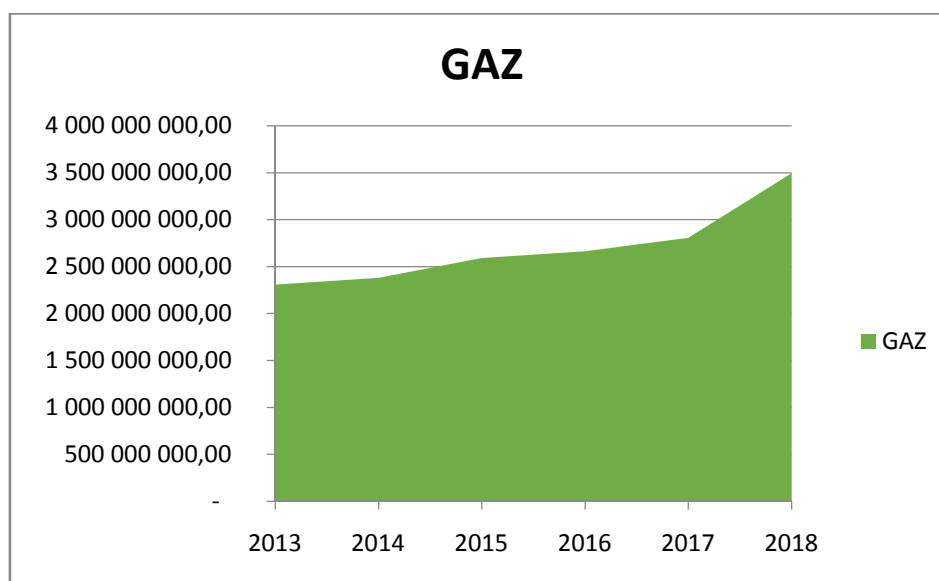


Figure 1.11: Consommation gazière à Tlemcen dans le secteur résidentiel (2013-2018) [9]

✓ **La tep (tonne d'équivalent pétrole)**

La tep permet de mesurer l'énergie calorifique d'une tonne de pétrole « moyen ». Elle est souvent employée dans les bilans énergétiques : **ktep (103 tep)**, **Mtep (106 tep)**.

✓ **Kilowatt Heure (kW. H ou kWh)**

Énergie consommée par un appareil de **1 000 watts** pendant une durée d'une heure. Cette unité est particulièrement utilisée dans les industries électriques. Il est fait usage également du wattheure (**Wh**) et des multiples par milliers du **kWh** que sont le mégawatheure(**MWh**) et le gigawatt-heure (**GWh**) :
1 kWh = 3,6.106 J

MP : Moyenne pression des grands post de gaz.

✓ **La thermie (symbole th)**

La thermie est une ancienne unité de quantité de chaleur. Elle correspond à la quantité de chaleur nécessaire pour élever d' **1 degré Celsius** la température d'une tonne d'eau à **15°** sous la pression normale. C'est donc un multiple de la calorie. Cette unité est encore parfois utilisée par les thermiciens.

1 th = 1 000 000 calories = 1 000 kcal = 1 Mcal = 1 000 000 microthermies

1.6 Consommation énergétique des logements anciens et récents

Le schéma ci-dessous de la consommation d'énergie, montre les très fortes variations dans 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 d'énergie globale ne cesse d'augmenter. Les raisons principales sont l'augmentation de la superficie des logements par rapport au nombre d'habitants et une amélioration générale du confort.

[10]

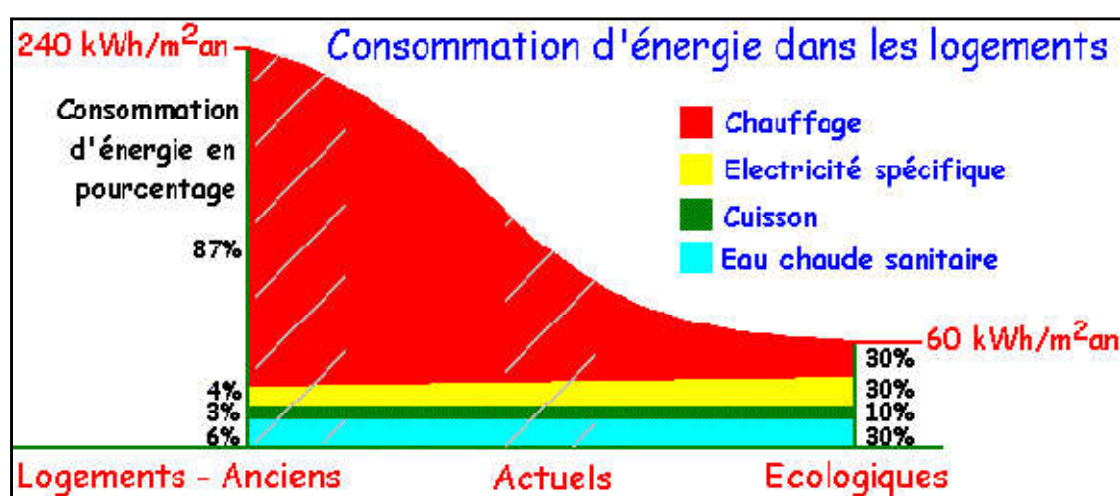


Figure 1.12: Schéma montrant la consommation d'énergie selon la date de construction et les choix écologiques [10]

✓ Le chauffage (en rouge)

La consommation d'énergie pour le chauffage d'un logement ancien est facilement divisée par 2 grâce à l'isolation thermique, l'utilisation de menuiseries et de vitrages performants, ainsi que l'installation d'équipements de chauffage moderne. Le chauffage représente **87%** de la consommation d'énergie globale dans les logements anciens et seulement **30%** dans les logements les plus performants.

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

La consommation a tendance à augmenter dans tous les logements à cause de l'accroissement du nombre des équipements ménagers et de loisirs.

✓ **La cuisson (en vert)**

La consommation d'énergie pour la cuisine reste inchangée. Mais, ce poste marginal dans les logements anciens prend beaucoup plus d'importance quand la consommation baisse par ailleurs.

✓ **L'eau chaude sanitaire (en bleu)**

La consommation d'énergie pour produire de l'eau chaude est en légère augmentation, 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 d'énergie globale, mais avec la réduction des besoins de chauffage, le poste "production d'eau chaude sanitaire" représente près de **30%** de la consommation d'énergie dans un logement moderne.

1.7 Classification énergétique des bâtiments (1.4.2)

Elle est établie selon le niveau de consommation annuelle d'énergie par m²(en *kWh/m².an*). Comme pour l'électroménager, sept classes sont définies, allant de la classe **A** à la classe **G**.

- ✓ **Classe A** : logement économe, avec une consommation annuelle d'énergie primaire pour le chauffage, l'eau chaude sanitaire et le refroidissement inférieur à 51 kWh/m².an
- ✓ **Classe G** : logement énergivore, avec une consommation égale ou supérieure à 450 kWh/m².an.
- ✓ **Classe G** : fortes émissions de gaz à effet de serre, avec **80 kg** équivalent de **CO₂/m²/an**.

1.8 Le climat

1.8.1 Définition de climat

Le Climat se définit par le temps. Le climat est l'ensemble des phénomènes météorologiques qui caractérisent l'état moyen de l'atmosphère en un lieu donné.

Le Climat varie selon l'espace, modifie longuement l'environnement et influence les activités de l'être humain. Il est le résultat de l'interaction de certains facteurs, incluant la température, la vapeur d'eau, le vent, les radiations solaire et les précipitations dans un endroit particulier et à travers une période de temps. [11]

1.8.2 Eléments utiles du climat :

Les principaux éléments climatiques à considérer dans la conception urbaine en générale et lors de la conception d'un bâtiment en particulier, et qui influent sur le confort humain sont :

- ✓ Le soleil (radiations)
- ✓ La température
- ✓ L'humidité
- ✓ Le vent
- ✓ Les précipitations (pluies, neiges.)

1.8.3 Les zones climatiques en Algérie :

L'Algérie occupe une vaste étendue territoriale. Plus de 4/5 de sa superficie est désertique, d'où une large variété géographique et climatique allant du littoral au désert .la classification climatique en Algérie permet de distinguer quatre zones principales :

- ✓ **Zone A:** littoral marin ;
- ✓ **Zone B:** arrière littoral montagne ;
- ✓ **Zone C :** hauts -plateaux (semi-aride) ;
- ✓ **Zone D:** présaharien et saharien (aride). [12]

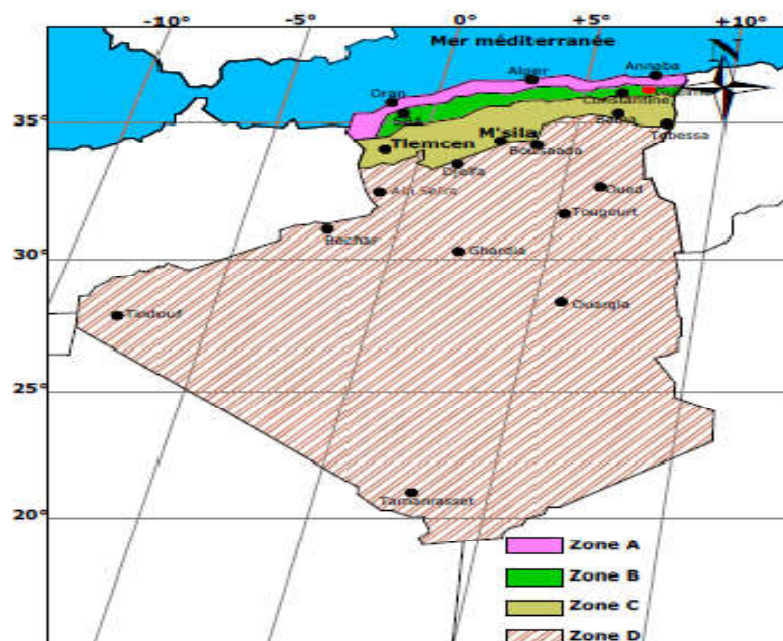


Figure 1.13: Classification du climat en Algérie [12]

1.8.4 Le climat à Tlemcen

Le climat La Wilaya de Tlemcen a un climat méditerranéen, repose sur l'opposition entre un hiver océanique où la Wilaya est ouverte aux dépressions maritimes et un été désertique qui provoque la remontée et le stationnement d'une chaleur persistante durant toute la saison. La pluviométrie est d'une manière générale soumise à une double irrégularité inter saisonnière et interannuelle. En se basant sur les quantités de précipitations pour les dix dernières années : L'année la plus pluvieuse est celle de 2003 avec **498,2 mm** ; l'année-là moins pluvieuse est celle de **1998** avec un total de **204,9 mm**[13]

Le climat y est chaud et tempéré. L'hiver à Tlemcen se caractérise par des précipitations bien plus importantes qu'en été. La température moyenne annuelle à Tlemcen est de **16.0 °C**. Sur l'année, la précipitation moyenne est de **484 mm** [14]

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Température moyenne (°C)	8.6	9.3	11.1	13.6	16.6	20.9	24.7	25.9	21.9	17.4	12.5	9.6
Température minimale moyenne (°C)	3.8	4.1	6	7.7	10.9	14.9	17.8	19.3	15.5	11.9	7.9	5.1
Température maximale (°C)	13.4	14.5	16.2	19.6	22.3	26.9	31.6	32.5	28.4	22.9	17.1	14.1
Température moyenne (°F)	47.5	48.7	52.0	56.5	61.9	69.6	76.5	78.6	71.4	63.3	54.5	49.3
Température minimale moyenne (°F)	38.8	39.4	42.8	45.9	51.6	58.8	64.0	66.7	59.9	53.4	46.2	41.2
Température maximale (°F)	56.1	58.1	61.2	67.3	72.1	80.4	88.9	90.5	83.1	73.2	62.8	57.4
Précipitations (mm)	53	56	63	57	50	17	4	4	18	35	52	75

Tableau 1.5 : Tableau climatique de Tlemcen.

1.9 Le confort thermique :

1.9.1 Définition du confort :

D'après Robert le confort tout ce qui contribue au bien-être, à la commodité de la vie matérielle.

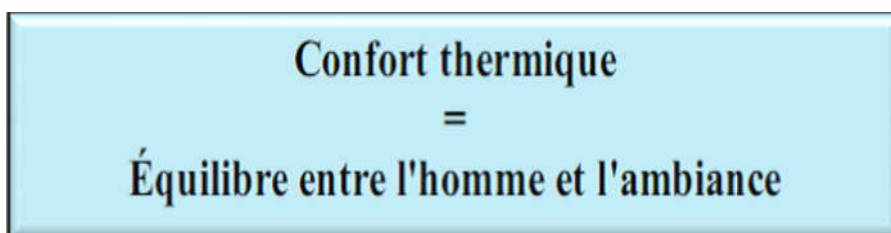
- ✓ **Bien-être :** sensation agréable, procurée par la satisfaction des besoins physiques, l'absence de contraintes psychologique.
- ✓ **Commode :** qui se prête aisément et d'une manière appropriée à l'usage qu'on fait.

Le confort thermique a deux composantes le confort « global » et le confort « local ».

Le confort « global » concerne les conditions environnementales et le confort « local » est associé aux non uniformités proches du corps humain.

La difficulté majeure est de caractériser une sensation humaine par une valeur numérique sachant que le confort thermique est une notion très complexe faisant intervenir des facteurs physiques, physiologiques et psychologiques...

On peut le résumer comme :



1.9.2 Principaux facteurs d'inconfort local :

- ✓ Les mouvements d'air
- ✓ Un gradient vertical de température
- ✓ Une asymétrie de température radiante
- ✓ La température de sol

1.9.3 Les paramètres affectant le confort thermique

La sensation de confort thermique est fonction de plusieurs paramètres :

- ✓ **Les paramètres physiques d'ambiance**, au nombre de quatre, sont la température de l'air, la température moyenne radiante, la vitesse de l'air, et l'humidité relative de l'air ;
- ✓ **Les paramètres liés à l'individu**, ils sont multiples, on recense notamment deux paramètres principaux qui sont l'activité et la vêtue de l'individu ;
- ✓ **Les Paramètres liés aux gains thermiques internes**, gains générés dans l'espace par des sources internes autres que le système de chauffage. (Éclairages, appareils électriques, postes informatiques).

- **Paramètres liés à l'ambiance extérieure**

- ✓ **La température de l'air ambiant**

La température de l'air, ou température ambiante (**T_a**), est un paramètre essentiel du confort thermique. Elle intervient dans l'évaluation du bilan thermique de l'individu au niveau des échanges convectifs, conductifs et respiratoires. Dans un local, la température de l'air n'est pas uniforme, des différences de températures d'air se présentent également en plan à proximité des surfaces froides et des corps de chauffe [11]

Ainsi par exemple la réglementation générale française pour la protection du travail

(**RGPT**) [15], impose des valeurs de référence pour les températures de l'air, données par le Tableau ci-dessous [16]

✓ **La vitesse de l'air**

La vitesse de l'air joue un grand rôle dans les échanges convectifs et évaporatoires, elle intervient dans la sensation de confort thermique de l'habitant dès qu'elle est supérieure à **0,2m/s[17]**. A l'intérieur des bâtiments, on considère généralement que l'impact sur le confort des occupants est négligeable tant que la vitesse de l'air ne dépassant pas cette vitesse, sauf en cas de mauvaise conception du bâtiment ou du système d'aération. Elle peut, en revanche, être tenue pour responsable de l'apparition d'inconforts locaux, liés à la présence de courants d'air froids ou chauds localisés.

✓ **L'humidité relative de l'air**

L'humidité relative est la mesure de la vapeur d'eau contenue dans l'air à une température donnée. Elle est exprimée en pourcentage de la quantité maximale de vapeur d'eau que l'air pourrait contenir à la même température. Elle est due essentiellement à l'occupation humaine, l'activité des habitants et l'humidité extérieure. Une ventilation adaptée permet de résoudre ce problème. L'inconfort n'apparaît que pour une humidité relative inférieure à **30%** ou supérieure à **70%**.

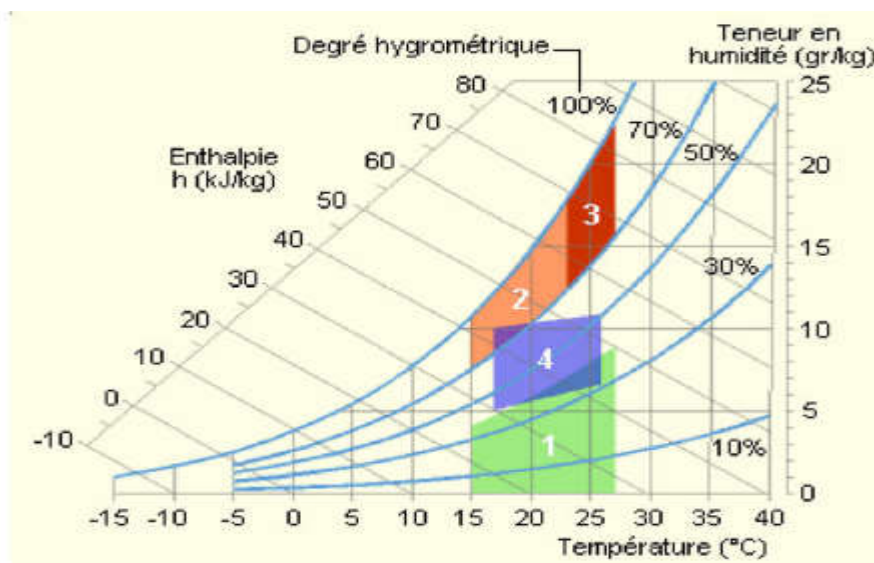


Figure 1.14: Plage de confort thermique [4]

- 1 : Zone à éviter vis-à-vis des problèmes de sécheresse.
- 2 et 3 : Zones à éviter vis-à-vis des développements de bactéries et de microchampignons.
- 3 : Zone à éviter vis-à-vis des développements d'acariens.
- 4 : Polygone de confort hygrothermique, température et humidité.

Alors pour un confort optimal et pour une température de l'air aux environs de 22 °C, on peut dès lors recommander que l'humidité relative soit gardée entre 40 et 65 %.



Figure 1.15: Les variables principales du confort global [7]

- Paramètres liés à l'individu

- ✓ La vêtue

Le port de vêtements influence les échanges de chaleur avec l'environnement. Les vêtements permettent de créer un microclimat sous-vestimentaire, à travers leurs résistances thermiques. Leur rôle essentiel est de maintenir le corps dans des conditions thermiques acceptables, été comme hiver.

- ✓ L'activité

L'activité est un paramètre essentiel pour la sensation thermique de l'individu, définissant directement le métabolisme de l'individu, c'est à dire la quantité de chaleur produite par le corps humain. Dans le cas d'une très forte activité, elle peut être responsable de sensations d'inconfort chaud, même en présence de conditions météorologiques très favorables. Il est à noter toutefois que, dans le cas d'une activité classique de bureau, les plages de variation du métabolisme demeurent limitées

- **Paramètres liés aux gains thermiques internes :**

Les apports internes comprennent toute quantité de chaleur générée dans l'espace par des ressources internes autres que le système de chauffage.

Avec l'essor de la technologie et des besoins électrique (éclairage, électroménager,), les apports de chaleur internes ont fortement augmenté. Les appareils électriques transforment en effet quasiment toute l'énergie qu'ils consomment en chaleur, Les postes informatiques sont également de vraies sources de chaleur et les occupants constituent eux aussi une autre source d'apports internes par leur métabolisme.

Ces gains de chaleur dépendent du type du bâtiment, du nombre des utilisateurs et de son usage.

D'après Hugues Boivin [18] le confort de l'espace est directement influencé par le taux de ces gains internes (figure), on peut dire que ces apports sont inévitables dès lors que les locaux sont habités. Il faut noter cependant que ces apports sont variables selon le comportement des occupants, et qu'ils constituent donc un facteur d'aggravation de l'inconfort chaud. Seuls, une bonne ventilation et un comportement adéquat de l'occupant peuvent réduire ces apports ou leur influence sur la température intérieure [19]

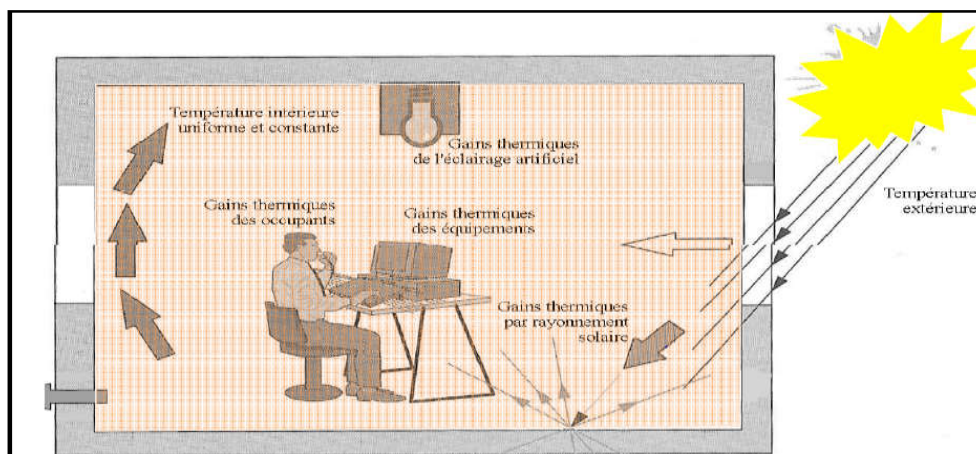


Figure 1.16: Gains thermiques internes d'un espace.

1.10 Conclusion :

Le secteur résidentiel est parmi les secteurs le plus grand consommateur d'énergie il présente **28%** de la consommation finale dans le monde, et **42%** à l'échelle national.

Dans la wilaya de Tlemcen le secteur résidentiel et le transport présentent la consommation finale le plus élevé qui est de **55%**.

La consommation annuelle du gaz naturel dans le secteur résidentiel à Tlemcen est aussi en croissance sans cesse (**Figure I.9**). Passant de (**2 30910⁶ Thermie en 2013**) et (**3494.10⁶ Thermie en 2018**). La consommation électrique dans la période estivale (**semestre 3**) est plus importante par rapport les autres saisons.

L'analyse climatique montre que la ville TLEMCEM a un climat méditerranéen, repose sur l'opposition entre un hiver océanique où la Wilaya est ouverte aux dépressions maritimes et un été désertique.

Chapitre 2

Notions sur la thermique de bâtiment.

2.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous allons parler des déperditions thermiques, ponts thermiques. Par la suite, nous aborderons quelques rappels sur les différents modes de transfert de chaleur par conduction, convection et rayonnement rencontrés généralement dans le bâtiment.

2.2 Mode de transfert de chaleur

Dans le domaine de bâtiment, les échanges thermiques de la chaleur se font principalement selon 3 modes de transmission : la **conduction** « majoritaire », la **convection** et le **rayonnement**.

1. La conduction

C'est le transfert de chaleur au sein d'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 s'effectue selon deux mécanismes distincts : une transmission par les vibrations des atomes ou molécules et une transmission par les électrons libres [25].

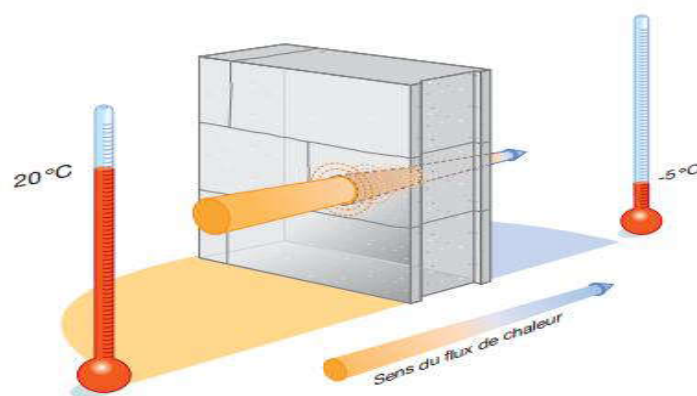


Figure 2.1: Transfert de chaleur par conduction [26].

2. La convection

Les phénomènes de convection interviennent dans la transmission de la chaleur chaque fois qu'un fluide se déplace par rapport à des éléments fixes. Lorsque se produit au sein du fluide des courants dus simplement aux différences de densité résultant des gradients de température, on dit que la convection est naturelle ou libre. Par contre, si le mouvement du fluide est provoqué par une pompe ou un ventilateur, le processus est appelé convection forcée [27].

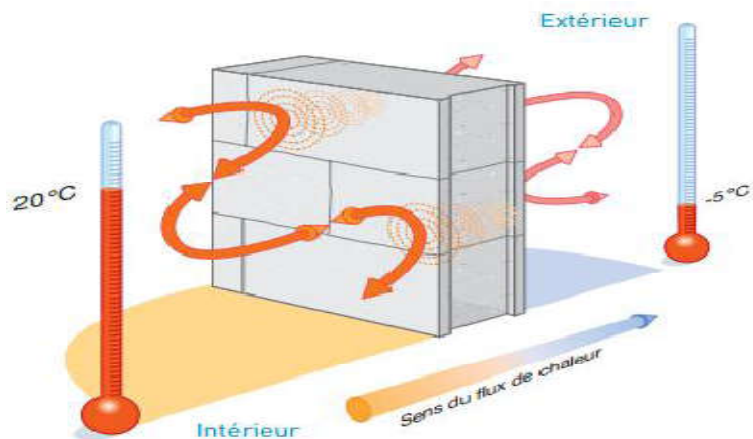


Figure 2.2: Transfert de chaleur par convection [26].

3. Le rayonnement

Dans la transmission de chaleur par rayonnement, le transfert thermique s'effectue par des vibrations électromagnétiques entre deux surfaces (même dans le Vide). Sans aucun contact entre eux, par le déplacement d'ondes dans l'espace qui se propagent en ligne droite sans aucun support de matière [25, 26, 28].

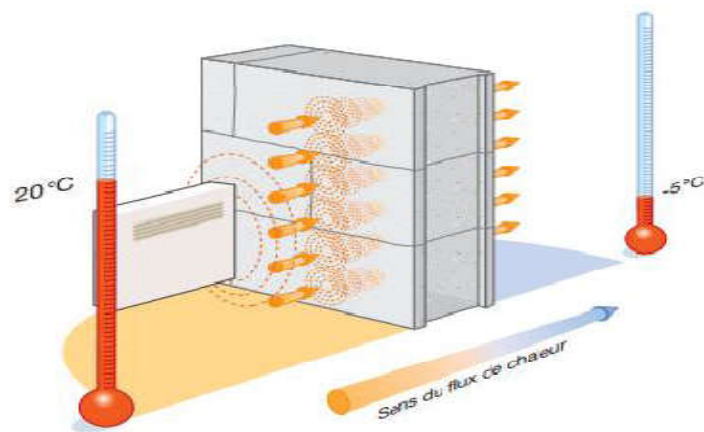


Figure 2.3: *Transfert de chaleur par rayonnement [26].*

La quantité de chaleur s'échappant d'une paroi simple diminue lorsque la conductivité thermique décroît, lorsque l'écart de température entre les deux faces de la paroi diminue et lorsque l'épaisseur de la paroi augmente.

Dans le domaine du bâtiment, les leviers pour limiter la fuite de chaleur sont la diminution de la valeur de la conductivité thermique et l'optimisation de l'épaisseur des parois.

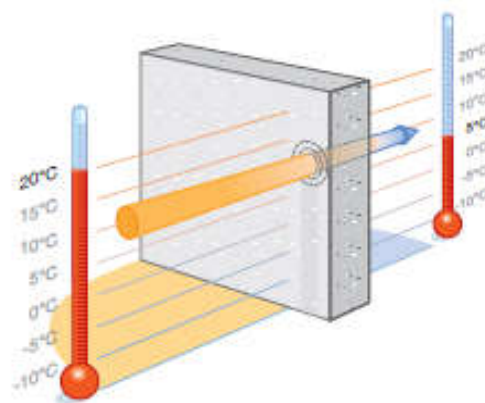


Figure 2.4: le flux de chaleur dissipé à travers une paroi[29]

2.3 DEPERDITIONS THERMIQUES

Les déperditions thermiques signifient la perte de chaleur qui subit l'enveloppe du bâtiment. Ces déperditions sont fonction des caractéristiques de la structure, des matériaux, de l'environnement du bâtiment (climat, effet de masque, orientation, ...). Ces déperditions sont importantes dans les bâtiments non ou mal isolé.

Les déperditions thermiques possibles pour une structure passent :

- ✓ Par la toiture en contact avec l'extérieur,
- ✓ À travers les murs,
- ✓ Par le plancher bas,
- ✓ À travers les portes et les fenêtres,
- ✓ Par renouvellement d'air et les fuites,
- ✓ Au niveau des ponts thermiques.

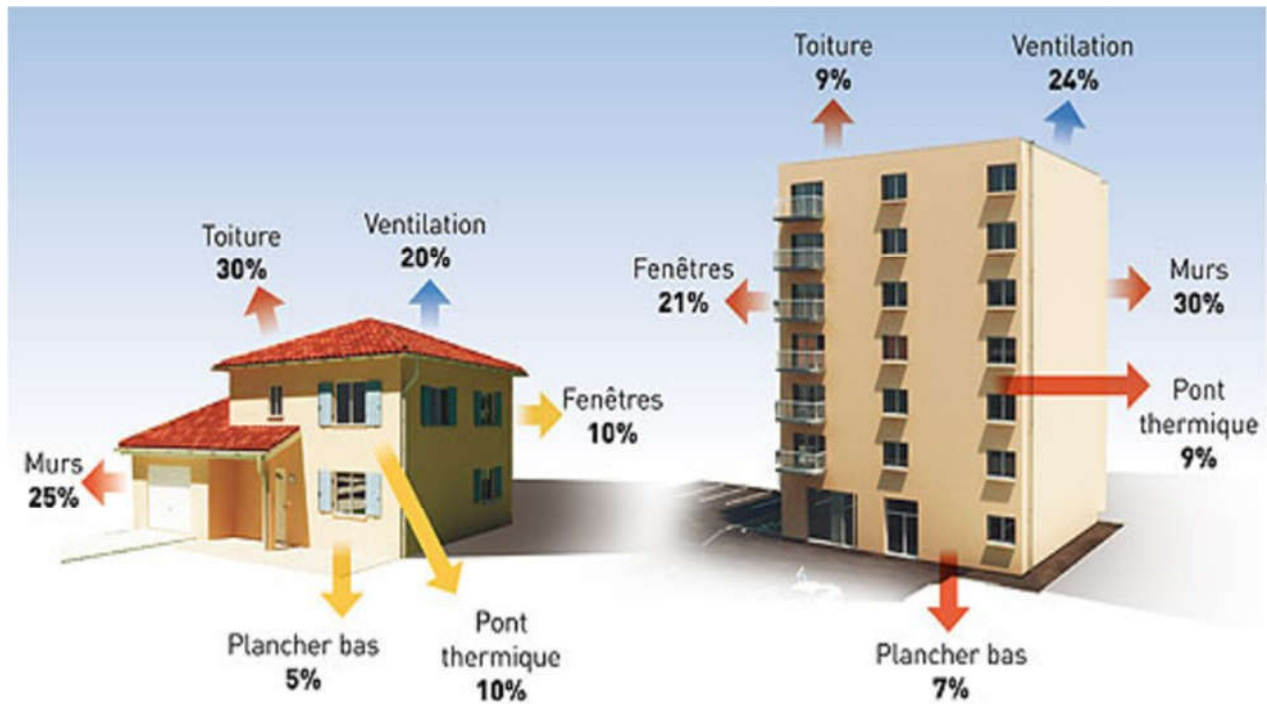


Figure 2.5: Répartition en % des déperditions pour une maison et un immeuble [20]

2.3.1 Les apports d'énergie dans les bâtiments :

a) Les apports intérieurs :

Le chauffage est une source des apports intérieurs, on prendra un soin tout particulier au rendement énergétique du système de chauffage.

La respiration et le rayonnement humain, l'électroménager et le multimédia sont aussi des sources potentielles d'apport énergétique. [21]

b) Les apports extérieurs :

Le rayonnement solaire est une source importante d'apport énergétique. Les choix de l'orientation et des menuiseries deviennent primordiaux dans la dynamique énergétique. Il existe différents types d'apports solaires :

- ✓ **Les apports solaires directs** : il s'agit des rayonnements solaires qui proviennent des baies vitrées ou des fenêtres. Ceux-ci constituent une charge thermique très importante : 1,5

m² de surface au soleil équivalent à un radiateur. Pour se prémunir de ces risques, une seule solution (les protections solaires).

- ✓ **Les apports solaires indirects** : ils correspondent les apports solaires indirects aux rayonnements qui pénètrent par les murs extérieurs et par les autres éléments constructifs du logement (pont thermique notamment). [21]

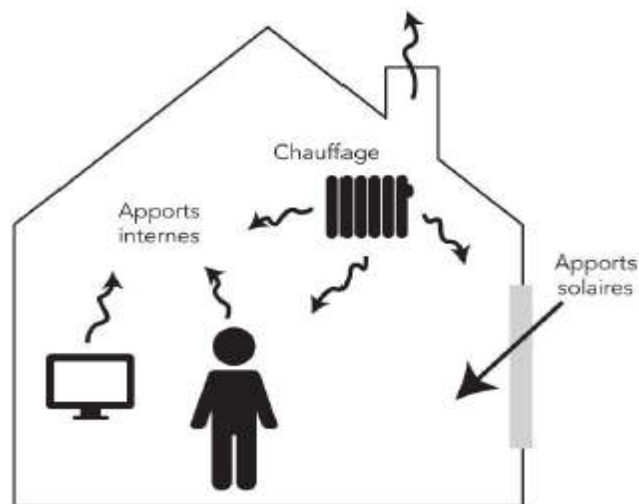


Figure 2.6: Apports d'énergie dans les bâtiments [21]

2.4 Les Ponts thermiques

Un pont thermique est constitué par toute discontinuité dans la couche isolante. C'est tout endroit où la résistance thermique présente une faiblesse. Au voisinage d'un pont thermique, les lignes de flux se resserrent. Les isothermes se déforment en s'écartant les unes des autres. Les lignes de flux restent néanmoins perpendiculaires aux isothermes. Ces ponts ne causent pas seulement des pertes de chaleur inutiles, mais peuvent être sources de dégâts : moisissures, taches de poussière.

Les composants d'enveloppe assurant l'isolation thermique (murs, plafonds et planchers, ainsi que les fenêtres et les portes) doivent envelopper entièrement le volume chauffé. Les espaces non chauffés peuvent être inclus dans le volume chauffé. Les jardins d'hiver et vérandas doivent être l'objet d'une attention particulière [12].

Les ponts thermiques entraînent des déperditions de chaleur supplémentaires par rapport aux déperditions à travers les parois du bâtiment. Dans un bâtiment non isolé, les ponts thermiques représentent de faibles déperditions (en général inférieures à 15 %) car les déperditions totales par les parois sont très élevées. En revanche, dès lors que les parois sont fortement isolées, le pourcentage de déperditions dû aux ponts thermiques devient important. Il est de plus de 30 %. Mais, les déperditions globales sont très faibles. Les principaux ponts thermiques d'un bâtiment se situent aux jonctions des façades et planchers, façades et refends, façades et toitures, façades et planchers bas. [12].

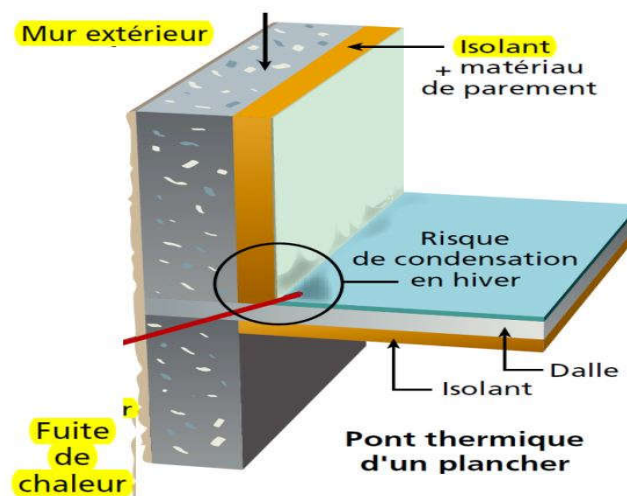


Figure 2.7: Pont thermique d'un plancher [12]

Le mode de construction choisi doit permettre d'éviter autant que possible les ponts thermiques. Les ponts thermiques résiduels doivent toujours être pris en compte dans le calcul du coefficient de transmission thermique.

2.4.1 Types de ponts thermiques

On distingue les ponts thermiques géométriques tels que les angles et les coins, et les ponts thermiques matériels, dans lesquels un matériau conducteur de la chaleur traverse la couche isolante. On classe aussi les ponts thermiques en ponts linéaires, qui ont une certaine longueur, et les ponts ponctuels, dans lesquels l'interruption de la couche isolante reste locale. Toute courbure dans la couche isolante ou dans la paroi constitue un pont thermique géométrique. Les isothermes doivent suivre la courbure de la paroi et les lignes de flux, qui leur sont perpendiculaires, se resserrent vers l'intérieur de la courbure.

Il existe deux grands types de ponts thermiques :

- a. **Ponts thermiques des liaisons** : ils se trouvent à la jonction de deux parois de l'enveloppe du bâtiment (mur toiture ou mur fenêtre), ou bien au niveau des changements de plan (vertical / horizontal).

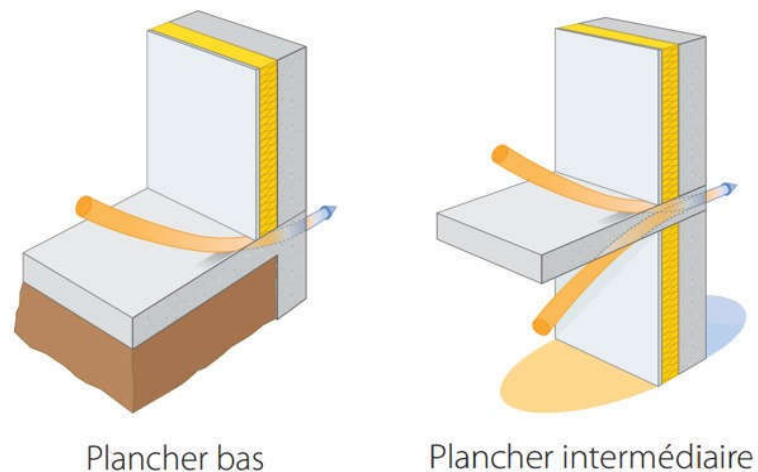


Figure 2.8: Ponts thermiques de liaisons [23]

- b. **Ponts thermiques intégrés ou ponctuels** : une paroi est constituée de plusieurs composants assemblés entre eux par collage, vissage ou assemblage mécanique. Si leur conception n'est pas correcte, ces assemblages (ossature métallique, appuis, ...) présentent autant de petits ponts thermiques intégrés au système. Ce problème se pose même lors de fixation des isolants.

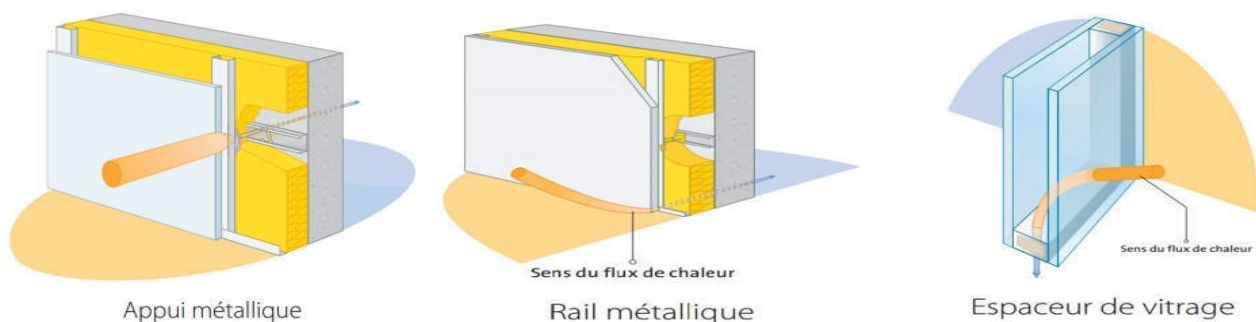


Figure 2.9: Ponts thermiques intégrés [23]

Les ponts thermiques géométriques n'ont en général pas des effets importants, notamment sur les déperditions, parce que la couche isolante n'est pas interrompue, elle n'est que déformée. Toutefois,

lorsque les conditions sont critiques, l'abaissement de température à la surface intérieure peut être suffisant pour favoriser l'apparition de moisissures.

a. **Déperditions thermiques dans une paroi opaque**

Il existe deux types de déperdition thermique à travers les parois opaques :

- ✓ Déperditions thermiques surfaciques : elles résument les déperditions de la chaleur (ou de fraîcheur en été) suivant les surfaces.
- ✓ Déperditions thermiques linéiques : elles résument les déperditions de la chaleur (ou de fraîcheur en été) dans les intersections des éléments de la structure.

2.5 Déperditions thermiques à travers les ouvertures

Les moyens de ventilation Seul le renouvellement permanent et régulier de l'air permet de maintenir la maison à un état hygrométrique voisin de celui de l'air extérieur et d'éviter ainsi le dépôt d'humidité dans la maison et en particulier au niveau des ponts thermiques. On élimine l'humidité en extrayant l'air chaud du logement puisqu'il contient toute la vapeur d'eau produite dans la maison.

- ✓ Chaque personne produit environ **1 à 1,5 litre d'eau par jour**.

Le taux d'humidité idéal dans l'atmosphère intérieure se situe entre 40 et 60 %.

- ✓ En France, la pollution chimique touche **3 logements sur 4 !**

2.5.1 Définitions

La **ventilation** a pour vocation d'évacuer l'air vicié des logements en le renouvelant par de l'air frais.

La **ventilation mécanique** désigne tous les dispositifs motorisés d'évacuation ou d'insufflation d'air frais

2.5.2 Les fenêtres

« Dans le temps », les fenêtres avaient aussi pour rôle d'assurer le renouvellement de l'air dans les pièces pour la respiration, pour extraire l'humidité de la cuisine, et les fentes sous les portes extérieures apportaient l'air pour le poêle ou la cheminée. Maintenant que les portes et fenêtres sont parfaitement

étanches, on y installe des ouïes dans le châssis, ou dans les battants, pour assurer ce renouvellement d'air.

Mais cet air est froid puisqu'il provient directement de l'extérieur. [24]

Les ouvertures sont nécessaires dans un bâtiment pour le confort, pour bénéficier des apports solaires et pour l'aération, Les fenêtres constituent un véritable gain énergétique en hiver mais ils représentent entre 10 et 15% des déperditions thermiques d'un bâtiment. La résistance thermique d'une fenêtre est en effet 10 fois plus faible que celle d'une paroi. Plusieurs paramètres pour améliorer la performance thermique des vitrages et menuisiers :

Emissivité des vitrages : L'émissivité ϵ caractérise la capacité d'un vitrage à absorber puis à réémettre de la chaleur par rayonnement. Le vitrage a un faible facteur d'émission.

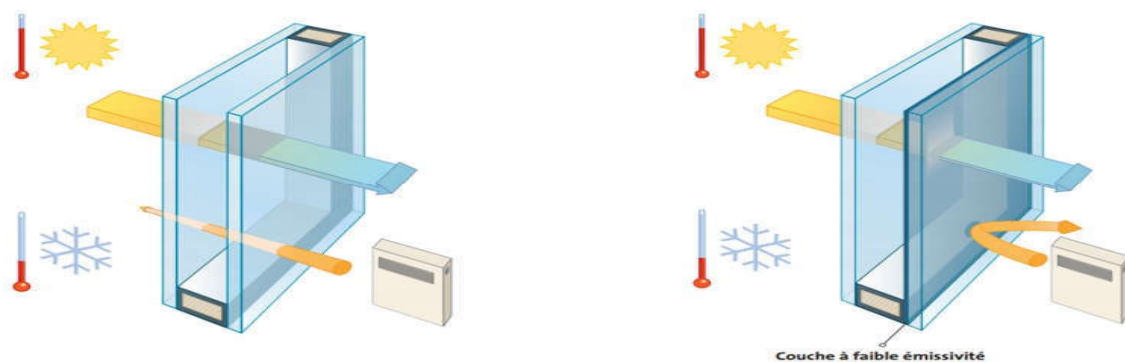


Figure 2.10: Facteur d'émission ξ des vitrages [23]

La figure ci-dessus représente la comparaison entre deux doubles vitrages du transfert par rayonnement avec **deux facteurs d'émission différents**.

- **Éviter les menuiseries métalliques** : le métal est un bon conducteur thermique. Privilégiez le bois ou le menuisier en PVC.
- **Facteur solaire g** : Le facteur solaire g est le rapport entre l'ensoleillement reçu et la somme des énergies transmises par le vitrage. En effet plus le vitrage a un coefficient solaire plus élevé plus le vitrage est capable de transmettre de l'énergie solaire au bâtiment.

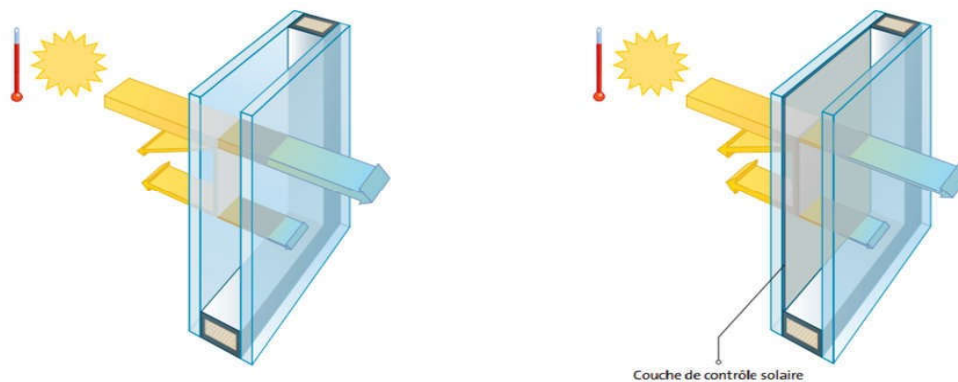


Figure 2.11 : Facteur solaire g des vitrages [23]

La figure ci-dessus est une comparaison entre deux doubles vitrages du transfert par rayonnement avec deux facteurs solaire différents « un double vitrage ordinaire et un double vitrage à couche de control solaire ».

- **Transmission lumineuse TI** : La transmission lumineuse est la fraction de rayonnement solaire transmise par le vitrage (la lumière). Plus la transmission lumineuse est importante plus le vitrage laisse passer la lumière et par conséquent confort visuel plus performant.

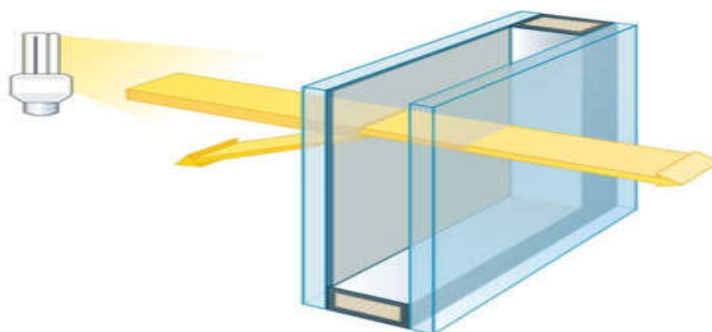


Figure 2.12: Transmission lumineuse TI des vitrages [23]

- **Coefficient de transmission thermique de vitrage** : Le coefficient de transmission thermique d'un vitrage désigne la quantité de chaleur s'échappant au travers la surface de vitrage de 1 m^2 pour une différence de 1° exprimée en $\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$.

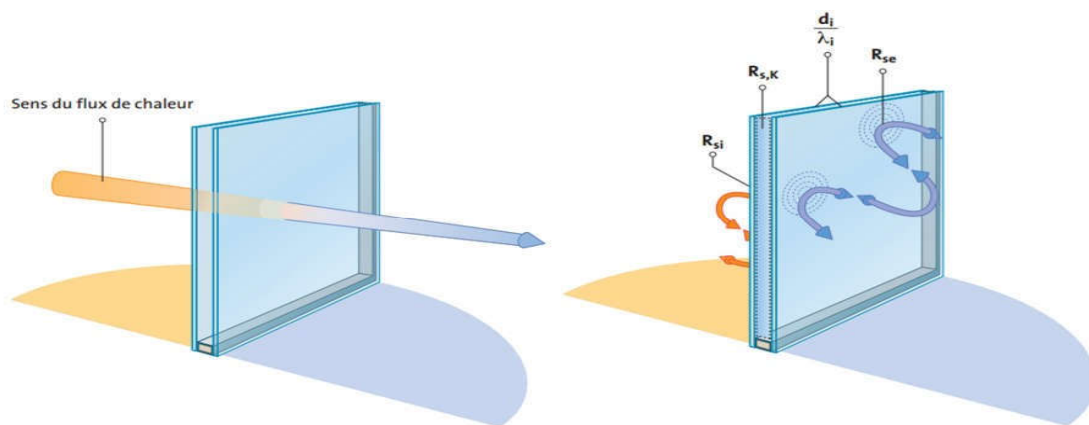


Figure 2.13 : Coefficient de transmission thermique de vitrage [23]

- ✓ Le coefficient de transmission thermique de vitrage se calcule à partir de la somme des différents constituants (la résistance superficielle du vitrage, l'épaisseur et la conductivité thermique du verre et la résistance thermique de lame d'air (cas de double vitrage) ...)
- ✓ Donc le coefficient de transmission thermique de vitrage dépend de plusieurs paramètres tel que l'épaisseur et la conductivité thermique du verre et la résistance thermique de lame d'air (cas de double vitrage)

2.5.3 Performances thermiques des vitrages

Les propriétés isolantes des fenêtres dépendent essentiellement du type de vitrage « simple, double ou triple vitrage ». Le type de vitrage est défini par le coefficient U_g . C'est un indice appliqué au vitrage, qui précise ses performances de transmission thermique. C'est un excellent indicateur de choix pour limiter les pertes de chaleur dues à des vitrages peu isolants, que ce soit pour vos fenêtres, portes-fenêtres

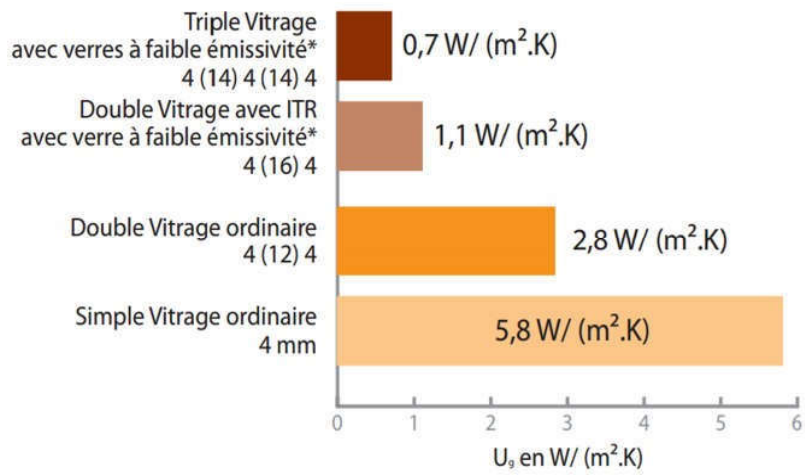


Figure 2.14: Exemple de U_g pour différents types de vitrages [23]

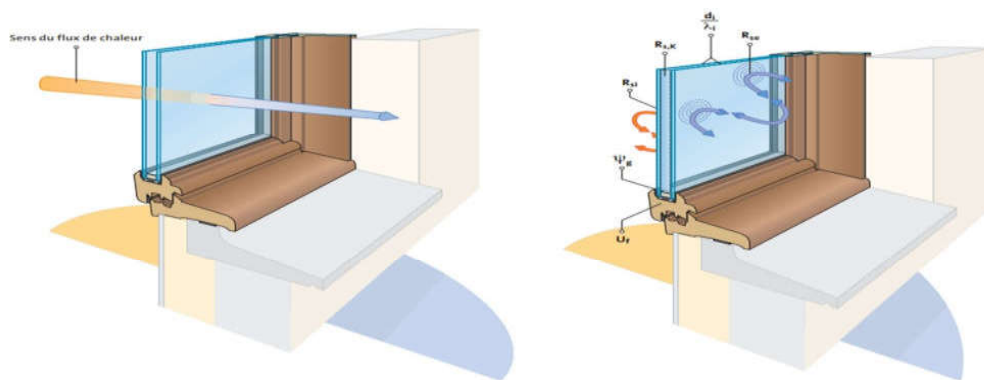


Figure 2.15: Coefficient d'une fenêtre à double vitrage [23]

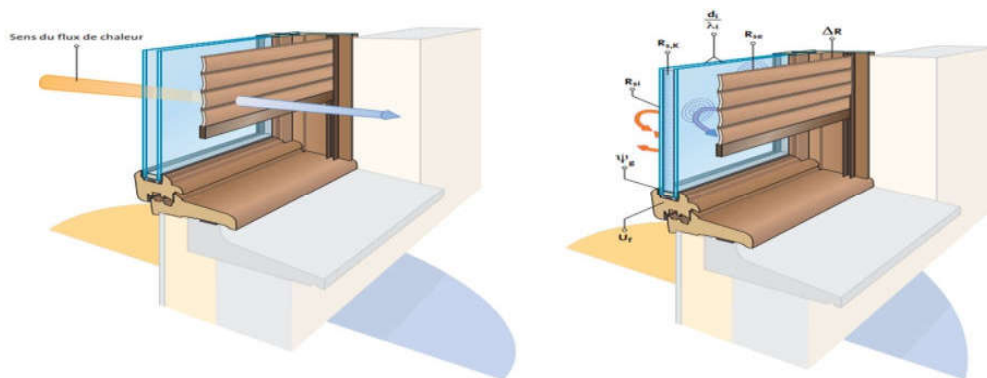


Figure 2.16: Coefficient d'une fenêtre + fermeture extérieure [23]

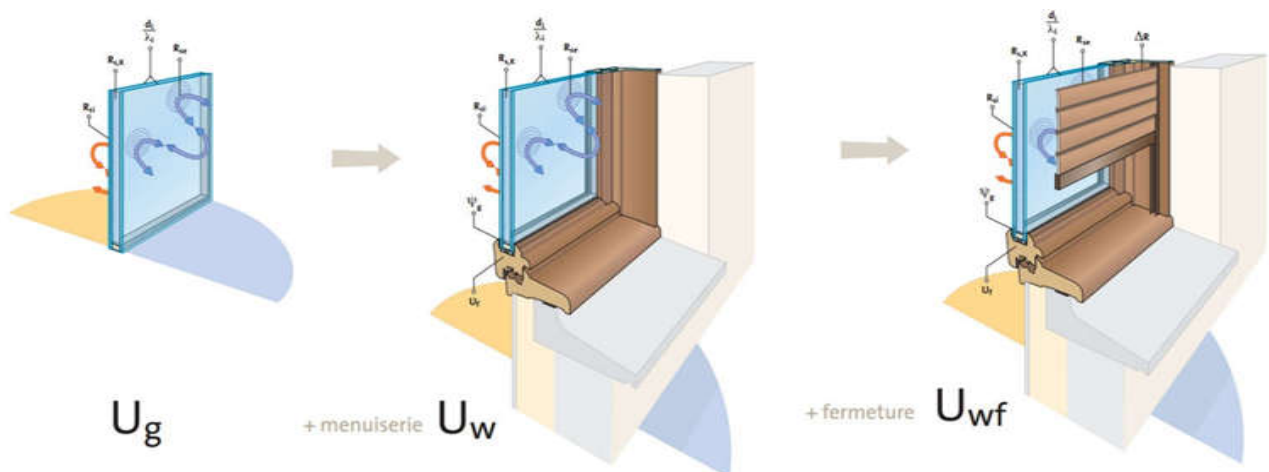


Figure 2.17: Principaux coefficients qui permettent de caractériser les performances thermiques d'une paroi vitrée et sa fermeture [23]

2.5.4 La ventilation naturelle

Elle consiste à simplement créer des courants d'air dans le logement par le biais d'orifices d'entrée d'air en partie basse des murs des pièces principales et des bouches de sortie en partie haute des pièces humides.

Dans ce dispositif, le débit est très mal contrôlé car il dépend du vent, des conditions climatiques et de la saison. Il peut conduire à une sous-ventilation ou au contraire à une sur ventilation occasionnant des besoins inutiles en chauffage. [24]

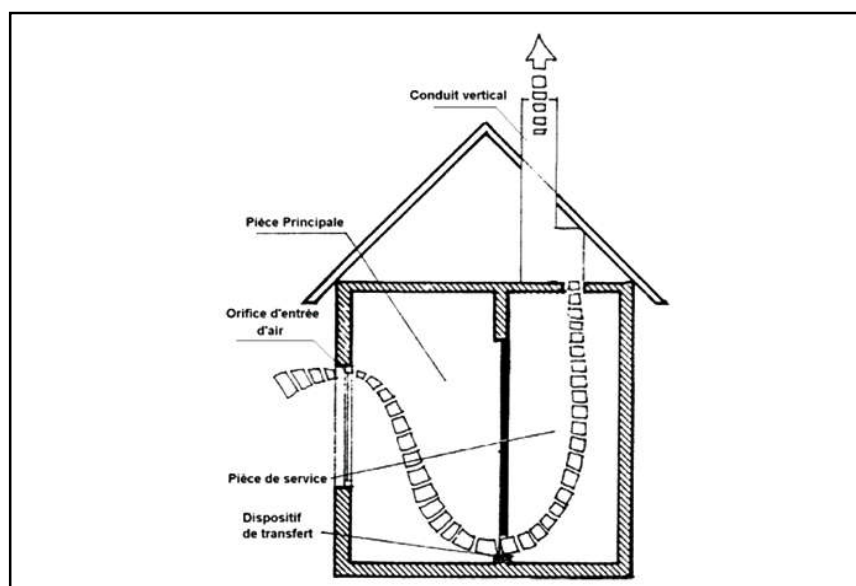


Figure 2.18: Principe de la ventilation naturelle [24].

La ventilation participe aussi à l'élimination des polluants intérieurs, mais il vaut mieux pour cela recourir à l'aération. Pour cela, ouvrez en grand vos fenêtres pendant une dizaine de minutes, pas plus.

En hiver, cela permet de bien renouveler l'air sans trop refroidir les parois et les meubles de la pièce. (La pratique qui consiste à aérer longtemps, mais en entrouvrant seulement les fenêtres, est à bannir !) [24]

Ces pertes proviennent des infiltrations d'air (perméabilité des parois, menuisier extérieur, équipement électrique, ...), de l'entrée d'air l'air frais et de l'excédent d'air extrait (ventilation).

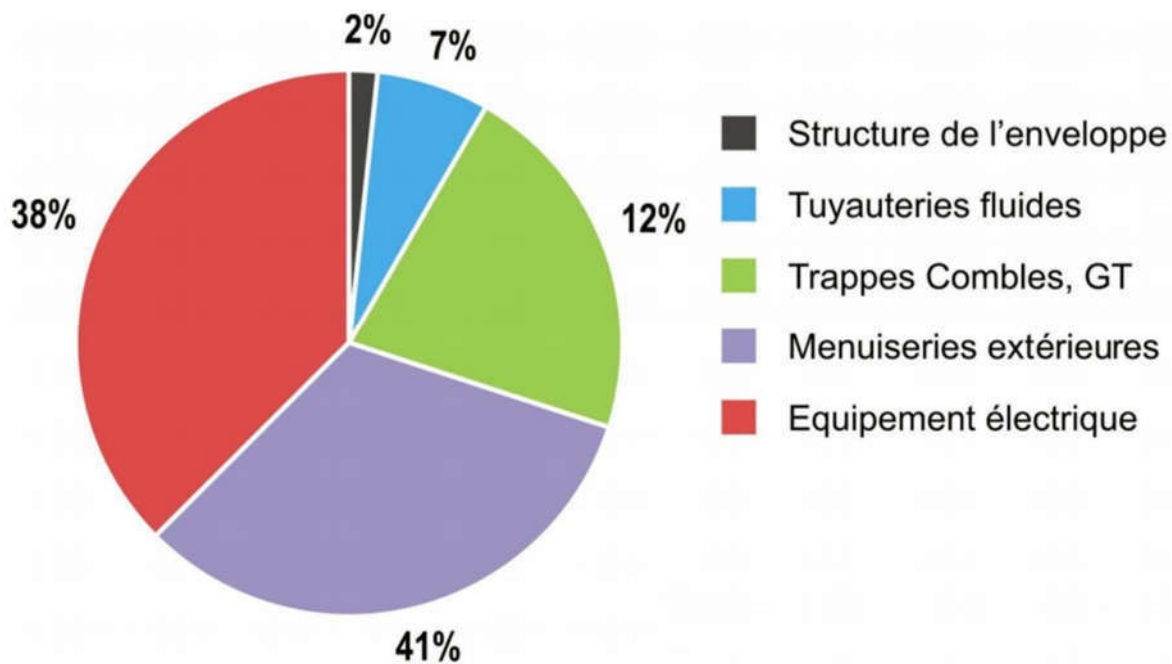


Figure 2.19: Répartition en % des infiltrations d'air dans une maison individuelle [ADEME]

Pour la bonne santé de l'occupant, la ventilation assure le renouvellement sanitaire (apport d'air frais, évacuation des odeurs, ...). Elle peut être assurée :

- ✓ Soit naturellement via des orifices d'amenée d'air frais et de rejet d'air vicié.
- ✓ Soit mécaniquement, par des bouches de pulsion et d'extraction. Les infiltrations d'air dans un bâtiment sont dues à des différences de pression engendrée soit par le vent, soit par l'écart entre les températures intérieure et extérieure, et sont rendues possibles par les défauts d'étanchéité de l'enveloppe.

L'air extérieur introduit dans le bâtiment doit être porté à la température intérieure de confort, que ce soit par réchauffement (en saison de chauffe) ou par rafraîchissement (en été).

2.6 Conductivité thermique

La conductivité thermique (notée λ) correspond à la capacité d'un matériau à conduire la chaleur. Elle représente la quantité de chaleur transférée par unité de surface et par unité de temps, sous un gradient de température [30].

$$\lambda = q \frac{e}{\Delta T} \left(\frac{W}{m} \cdot K \right) \quad (2.1)$$

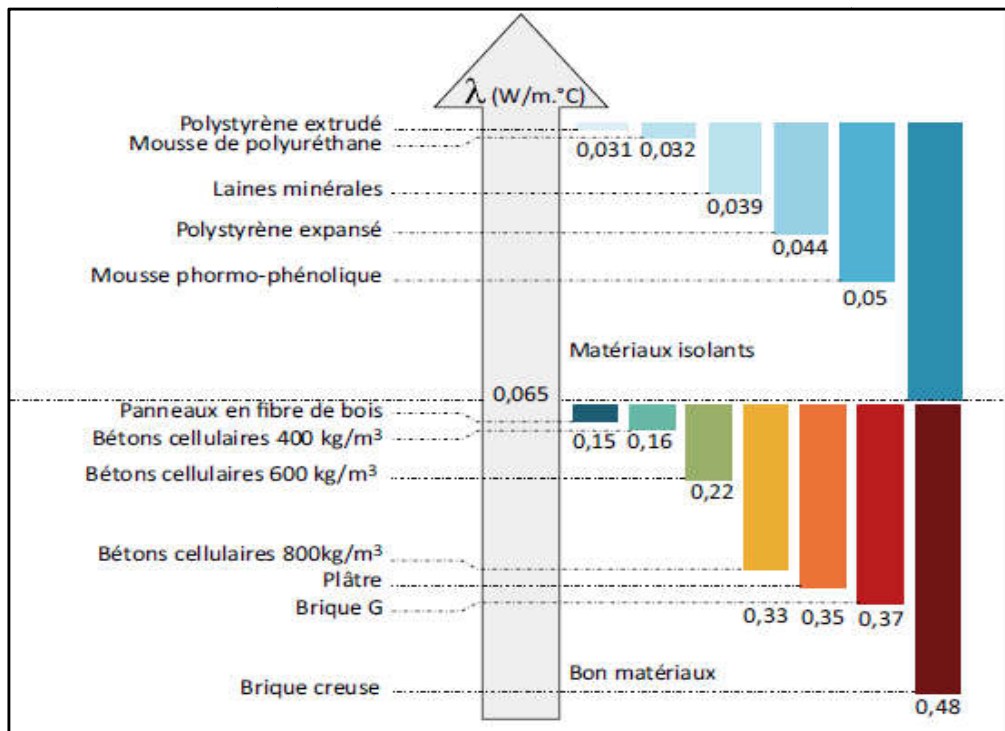


Figure 2.20: Conductivités thermiques de quelques matériaux [12]

2.7 Résistance thermique R

Un autre indicateur est La résistance thermique (notée R) correspond a la capacité d'un matériau à résister au froid et à la chaleur. Elle est déterminée en divisant l'épaisseur du matériau (e) par la conductivité thermique de ce dernier (λ)[30].

$$R = \frac{e}{\lambda} (m^2 \cdot K/W) \quad (2.2)$$

2.8 Inertie thermique :

On a l'habitude de présenter l'inertie thermique d'un corps comme étant sa capacité à emmagasiner (stoker) de la chaleur pour la restituer ensuite progressivement. Plus un matériau est lourd et compact, plus il a une inertie thermique importante. Ainsi, une maison en parpaing a une inertie thermique importante alors qu'une maison à ossature à bois n'en a quasiment aucune. Toute paroi va amortir et déphaser le flux de chaleur induit par les sollicitations extérieures (température, ensoleillement). L'amortissement et le déphasage sont d'autant plus marqués que la masse surfacique de la paroi est importante (forte inertie thermique).

Si l'inertie d'une construction est faible, la température intérieure va suivre de près les variations de la température extérieure. Conséquences : la température intérieure en été risque d'être élevée pendant la journée ; en hiver, la température intérieure risque d'être basse la nuit.

Au contraire, si l'inertie est importante, elle peut être utile en été : la température intérieure va rester à une température plus fraîche que celle de l'extérieur en journée. Mais attention, la température intérieure va être à une température plus élevée que celle de l'extérieur la nuit. L'effet d'inertie peut être détruit par des revêtements muraux ou de sol (moquette, plafond acoustique, isolation placée côté intérieur, etc.). [31]

2.9 Conclusion

Les déperditions thermiques ou pertes de chaleur qui se produisent dans une habitation sont donc plus souvent dus à cause d'une mauvaise isolation thermique. Son impact sur la consommation énergétique sera beaucoup plus important que celui de la performance des équipements de chauffage. Ainsi, trouver les causes et les traiter est primordial.

Nous avons donc montré les points faibles d'une habitation afin de connaître le type de travaux à réaliser pour optimiser la qualité thermique de celle-ci.

Nous avons établi une liste de sources de déperdition de chaleur dans la maison. Parmi ces sources, les plus importantes nous avons cités le toit, les murs, le renouvellement de l'air, les vitrages, le plancher bas et les ponts thermiques.

Les fuites d'air peuvent être nombreuses dans une maison, et souvent mal prises en charge lors de la construction. Elles peuvent représenter à elles seules l'équivalent d'une fenêtre restant grande ouverte toute la journée.

Chapitre 3

Calcul réglementaire des déperditions thermiques et les apports calorifiques

3.1 Introduction

Dans les années 1990, l'Algérie avait développé plusieurs dispositifs réglementaires quant à l'efficacité énergétique dans l'habitat. Suite à une réflexion sur la consommation des logements neufs initiée en 1995, le ministère de l'Habitat et de l'Urbanisme met en place des documents techniques réglementaires (DTR) en 1997. Ceux-ci déterminent notamment les valeurs de référence relatives aux déperditions et aux apports calorifiques des bâtiments neufs à usage d'habitation et tertiaire, les méthodes de calcul des déperditions et des apports calorifiques pour les différentes zones climatiques.

Cette thématique rentre dans le cadre des activités de l'équipe bioclimatique de la division thermique et géothermie du CDER.

Parmi ces DTR nous allons consulter le C3.2 qui illustre la méthode de calcul du bilan thermique hivernal pour déterminer le besoin thermique en chauffage (1) et le C3-4 pour déterminer le besoin en climatisation.

3.2 Déperditions calorifiques « Fascicule 1 » DTR C3-2

Ce fascicule du Document Technique Réglementaire (DTR) apporte une première réponse aux problèmes liés à la thermique du bâtiment.

Il met à la disposition des professionnels des méthodes d'évaluations thermiques des logements pour le problème d'hiver. L'exigence réglementaire sur laquelle s'appuie ce DTR consiste à limiter les déperditions calorifiques des logements en fixant un seuil à ne pas dépasser (appelé déperditions de référence).

Le respect de ce seuil devrait permettre une économie de 20 à 30% sur la consommation d'énergie pour le chauffage des logements, sans pour autant porter atteinte au confort des utilisateurs.

3.2.1 Les objectifs sont :

- 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 Bases de calcul

Sur la base du **DTR**, tout concepteur se doit de :

- ✓ 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.

3.2.3 Expressions générales des déperditions

- Déperditions totales d'un logement

$$D = \sum D_i \quad [W/°C]$$

Où

D_i [W/°C] représente les déperditions totales du volume « i ».

- Déperditions par transmission d'un volume :

$$(D_T)_i = (D_s)_i + (D_{li})_i + (D_{sol})_i + (D_{inc})_i \quad [W/°C]$$

- Déperditions par renouvellement d'air :

$$(D_R)_i = (D_{RV})_i + (D_{RS})_i [W/°C]$$

3.2.4 Vérification et déperditions de référence

- **Vérification réglementaire**

Les déperditions par transmission D_T doivent être confirmées par :

$$DT \leq 1,05 \times D_{\text{réf}} \quad [W/^{\circ}C]$$

- $D_{\text{réf}}$ [$W/^{\circ}C$] représente les déperditions de référence.

- **Calcul des déperditions de référence :**

$$D_{\text{réf}} = a \times S1 + b \times S2 + c \times S3 + d \times S4 + e \times S5$$

-Les S_i [m^2] représentent les surfaces des parois en contact avec l'extérieur.

-Le tableau qui va suivre indique les coefficients de transfert thermique de référence à prendre pour différentes zones climatiques et pour les surfaces suivantes :

- $S1$ la toiture, $S2$ le plancher bas, y compris les planchers bas sur locaux non chauffés, $S3$ les murs, $S4$ les portes, $S5$ les fenêtres et les portes fenêtres. $S1$, $S2$, $S3$ sont comptées de l'intérieur des locaux, $S4$ et $S5$ sont comptées en prenant les dimensions du pourtour de l'ouverture dans le mur.

- **Puissance de chauffage :**

La puissance de chauffage à installer doit toujours être supérieure aux déperditions de base

- **Calcul de la puissance de chauffage**

La puissance de chauffage Q pour un logement se calcule par

$$Q = [t_{bi} - t_{be}] \times [[1 + \text{Max}(c_r; c_{in})]DT] + [(1 + c_r) \times DR] \quad [W]$$

- t_{bi} [$^{\circ}C$] représente la température intérieure de base.

- t_{be} [$^{\circ}C$] représente la température extérieure de base.

- D_T [$W/^{\circ}C$] représente les déperditions par transmission.

- D_R [$W/^{\circ}C$] représente les déperditions par renouvellement d'air.

- c_r (sans dimension) est un ratio estimé des pertes calorifiques dues au réseau de tuyauteries éventuel.

- c_{in} (sans dimension) représente un coefficient de surpuissance.

3.2.5 Déperditions surfaciques par transmission à travers les parois

- **Paroi séparant deux ambiances à températures différentes**

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

- $K [\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}]$ est le coefficient de transmission surfacique (conductance).
- $A [\text{m}^2]$ est la surface intérieure de la paroi.

3.2.6 Déperditions à travers les parois en contact avec des locaux non chauffés

On entend par local non chauffé tout local pour lequel le chauffage n'existe pas ou risque d'être interrompu pendant de longues périodes, ainsi que tout local chauffé par intermittence.

Les déperditions à travers une paroi en contact avec un local non chauffé sont pondérées par un coefficient Tau, sans dimension, dit "coefficient de réduction de température". La valeur de Tau est comprise entre 0 et 1. voici la formule qui exprime ce type de déperditions :

$$D_{Inc} = \text{Tau} \times [\Sigma (K \times A) + \Sigma (kl \times L)] \quad [\text{W}/^\circ\text{C}]$$

- $K [\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}]$ est le coefficient de transmission surfacique de chaque partie.
- $A [\text{m}^2]$ est la surface intérieure de chaque partie surfacique.
- $kl [\text{W}/\text{m} \cdot ^\circ\text{C}]$ est le coefficient de transmission linéique de chaque liaison.
- $L [\text{m}]$ est la longueur intérieure de chaque liaison.
- **Tau** est le coefficient de réduction de température, il est soit calculé ou déterminé forfaitairement.

Tau est calculé par la formule suivante :

$$\text{Tau} = \frac{t_i - t_n}{t_i - t_e} = \frac{d_e}{d_e + a_c}$$

- t_i est la température intérieure.
- t_n est la température de l'espace non chauffé.
- t_e est la température extérieure.

3.2.7 Déperditions par renouvellement d'air

Les déperditions par renouvellement d'air doivent être prises en compte seulement lors du dimensionnement des installations de chauffage des locaux d'habitation. On ne considère que les valeurs moyennes, c'est-à-dire, les plus probables.

L'expression mathématique de D_R se traduit par :

$$D_R = 0,34 \times (Q_v + Q_s) \quad [W/°C]$$

- **0,34** (en $Wh/m^3 \cdot °C$) est la chaleur volumique de l'air.
- Q_v (en m^3/h) est le débit spécifique de ventilation.
- Q_s (en m^3/h) est le débit supplémentaire par infiltrations dues au vent.

0,34 - 0,34 x Q_v (en $°C$) représente les déperditions dues au fonctionnement normal des dispositifs de ventilation, notées D_{Rv} .

- **x Q_s** (en $°C$) représente les déperditions supplémentaires dues au vent, notées D_{Rs} . : Le débit spécifique de ventilation Q_v pour un logement est donné par:

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

- V_h (en m^3) désigne le volume habitable.
- $Q_{v\text{réf}}$ (m^3/h) désigne le débit extrait de référence.

Le débit extrait de référence $Q_{v\text{réf}}$ est donné par l'équation :

$$Q_{v\text{réf}} = \frac{5Q_{v\text{min}} + Q_{v\text{max}}}{6} \quad [m^3/h]$$

- $Q_{v\text{max}}$ (en m^3/h) est le débit extrait maximal de référence.
- $Q_{v\text{min}}$ (en m^3/h) est le débit extrait minimal de référence.

Les valeurs du débit extrait minimal de référence $Q_{v\text{min}}$, en fonction du nombre de pièces principales du logement, sont données dans le tableau suivant :

Le débit extrait maximal de référence $Q_{v\text{max}}$ est la somme des débits extraits de chaque pièce de service du logement. Voir le tableau qui suit :

Le débit supplémentaire Q_s dû à l'effet du vent se calcule par:

$$Q_s = \Sigma (P_{Pi} \times e_{vi}) \quad [m^3/h]$$

- P_{Pi} (m^3/h) (sous une différence de pression $\Delta P=1$ Pa) est la perméabilité à l'air de la paroi i

- e_{vi} (sans dimension) est le coefficient d'exposition au vent affecté à la paroi i .

3.3 Apports calorifiques « Fascicule 1 » DTR C3-4

3.3.1 Méthode de calcul des apports thermiques estivaux

Les charges thermiques estivales comprennent 3 types principaux de charge thermique

- ✓ Les apports thermiques dus aux parois.
- ✓ Les apports thermiques dus à l'air extérieur.
- ✓ Les apports thermiques internes.

- **Calcul des apports**

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

$$A_s = A_{PO} + A_V + A_{Is} + A_{INFs} [W] \quad (1.1)$$

$$A_l = A_{Il} + A_{INF1} [W] \quad (1.2)$$

Où :

- A_{PO} (en W) représente les apports par les parois opaques (cf. chapitre 3),
- A_V (en W) représente les apports à travers les parois vitrées (cf. chapitre 4),
- A_{Is} et A_{Il} (en W) représentent les parties sensibles et latentes des apports internes
- A_{INFs} et A_{INF1} (en W) représentent les parties sensibles et latentes des apports dus aux infiltrations d'air (cf. chapitre 6 de DTR).

- **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 :

$$A_{PO} (15 \text{ h}) + A_V (15 \text{ h}) \leq 1,05 \times A_{\text{réf}}(15 \text{ h}) \quad [W]$$

Où :

-**APO** (en W) désigne les apports calorifiques à travers les parois opaques aériennes (cf. chapitre 3)

-**AV** (en W) désigne les apports calorifiques à travers les parois vitrées (cf. § 4) ;

-**Aréf**(en W) désigne les apports calorifiques de référence (cf. § 3.2.2).

3.3.2 Apports à travers les parois

On distingue deux types d'apports cités au-dessous.

- **Parois opaques**

- **Les apports à travers les parois extérieures (aériennes)**

Les apports de chaleur à travers une paroi opaque à un instant t , **APO(t)** sont typiquement de nature chaleur sensible et sont donnés par la formule suivante :

$$\mathbf{APO(t) = 1,2 \times K_{été} \times S_{int} \times \Delta t_e(t) \quad [W]}$$

Où :

- **1,2**(sans dimension) : est un coefficient majoration tenant compte des apports latéraux linéiques (à travers les ponts thermiques).

- **$K_{été}$** (en $W/m^2 \cdot ^\circ C$) : est le coefficient de transmission en partie courante de la paroi considérée pour l'été.

- **S_{int}** (en m^2) : est la surface intérieure totale de la paroi considérée ; pour les toitures en pente, on prendra la projection horizontale de la surface

- **$\Delta t_e(t)$** (en $^\circ C$) : est la différence équivalente de température à l'heure t (cf. § 1.3).

Avec Le coefficient $K_{été}$ des parois opaques est donné par la formule suivante:

$$\frac{1}{K_{été}} = \sum R + \frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i} [m^2 \cdot ^\circ C / W]$$

Où :

– ΣR ($\text{en m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$) : représente la somme des résistances thermiques des différentes couches de matériaux constituant la paroi. La détermination de la résistance thermique d'une couche de matériau s'effectue conformément au DTR C3-2, fascicule n°1

- $\frac{1}{h_1} + \frac{1}{h_2}$ ($\text{en m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$) : représente la somme des résistances d'échange superficiel
Prise conformément aux valeurs données dans le DTR C3-4

3.3.3 Les apports à travers les parois intérieures :

- **Parois en contact d'un local non conditionné :**

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

$$\text{APO}(t) = K_{\text{été}} \times S_{\text{int}} \times \Delta t_{\text{inc}}(t) \quad [\text{W}]$$

Où :

- $K_{\text{été}}$ ($\text{en W} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$) : le coefficient de transmission en partie courante de la paroi considéré pour l'été

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

- $\Delta t_{\text{inc}}(t)$ ($\text{en } ^\circ\text{C}$) : écart de température entre l'espace non conditionné et le local considéré

- **Parois opaques en contact avec deux locaux conditionnés**

Les apports de chaleurs à un instant t , $\text{APO}(t)$, traversant une paroi opaque en contact avec deux locaux non conditionnés sont donnés par la formule suivante :

$$\text{APO}(t) = K_{\text{été}} * S_{\text{int}} * [\text{TS}_a - \text{TS}_{b,i}] \quad [\text{W}]$$

Où :

- $K_{\text{été}}$ ($\text{en W} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$) : le coefficient de transmission en partie courante de la paroi considéré pour l'été.

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

- TS_a ($\text{en } ^\circ\text{C}$) : La température sèche de l'air intérieur du local adjacent.

- $\text{TS}_{b,i}$ ($\text{en } ^\circ\text{C}$) : La température sèche de l'air intérieur du local considéré.

- **Paroi en contact avec le sol**

$$APO(t) = K_{été} * S_{app} * [TS_m - TS_{b,i}] \quad [W]$$

Où :

- $K_{été}$ (en $W \cdot m^2 \cdot ^\circ C^{-1}$): le coefficient de transmission en partie courante de la paroi considéré pour l'été.

- S_{app} (en m^2) : surface de la zone d'apport.

- TS_m (en $^\circ C$) : température moyenne sèche de l'aire extérieure.

- $TS_{b,i}$ (en $^\circ C$): La température intérieure de local conditionné.

- **Parois vitrées :**

- **Apports à travers les parois vitrées intérieures :**

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

$$AVT(t) = K_{été} \times S_{ouv} [(TS_e(t) - C_{inc}) - TS_{b,i}] \quad [W]$$

Où :

$K_{été}$ (en $W/m^2 \cdot ^\circ C$) est le coefficient de transmission en partie courante de la paroi considérée

-AVT (t) (en W) : Apports à travers les parois vitrées intérieures.

- S_{ouv} (en m^2) surface de l'ouverture dans la paroi opaque.

- $TS_e(t)$ (en $^\circ C$) est la température extérieure sèche à l'heure.

- C_{inc} (en $^\circ C$) coefficient correcteur.

- $TS_{b,i}$ (en $^\circ C$) est la température intérieure sèche de base pour le local considéré.

- **Apports à travers les parois extérieures**

Les gains à travers les parois vitrée extérieure AV(t) sont donnés par :

$$AV(t) = AVT(t) + AVE(t) \quad [W]$$

Où :

-**AV(t)** (en **W**) Apports à travers les parois extérieures.

-**AVT (t)** (en **W**) représente les gains dus au gradient de température à travers les parois Vitrées.

-**AVE(t)** (en **W**) représente les gains dus au rayonnement solaire à travers les parois vitrées.

Les gains dus au gradient de température AVT(t) à travers les parois vitrées extérieures sont donnée par :

$$AVT(t) = 1.2 \times K_{\acute{e}te} \times S_{ouv} [(TS_e(t) - TS_{b,i})] \quad [W]$$

Où :

-**1.2**: (sans dimension) est un coefficient majorateur tenant compte des apports à travers les ponts thermiques.

-**K_{éte}** (en **W/m². °C**) est le coefficient de transmission en partie courante de la paroi considérée

-**S_{ouv}** (en **m²**) surface de l'ouverture dans la paroi opaque.

-**TS_e (t)** (en **°C**) est la température extérieure sèche à l'heure.

-**TS_{b,i}** (en **°C**) est la température intérieure sèche de base pour le local considéré.

Les gains dus au rayonnement solaire à travers les parois vitrées extérieures **AVE(t)** sont données par:

$$AVE(t) = [SV_{ens} \times I_t + (SV - SV_{ens}) \times I_d] \times FS \times N_{PVI}(t) \quad [W]$$

Où :

-**SV** (en **m²**) est la surface totale vitrée.

-**SV_{ens}** (en **m²**) est la surface

- **Apports à travers les parois vitrées intérieures :**

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

$$AVT(t) = K_{\acute{e}te} \times S_{ouv} [(TS_e(t) - C_{Inc}) - TS_{b,i}] \quad [W]$$

Où :

-**K_{éte}** (en **W/m². °C**) est le coefficient de transmission en partie courante de la paroi considérée

- $AVT(t)$ (en **W**) : Apports à travers les parois vitrées intérieures.

- S_{ouv} (en m^2) surface de l'ouverture dans la paroi opaque.

- $TS_e(t)$ (en $^{\circ}C$) est la température extérieure sèche à l'heure.

- C_{inc} (en $^{\circ}C$) coefficient correcteur.

- $TS_{b,i}$ (en $^{\circ}C$) est la température intérieure sèche de base pour le local considéré.

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

$$AV(t) = AVT(t) + AVE(t) \quad [W]$$

Où :

- $AVT(t)$ (en **W**) représente les gains dus au gradient de température à travers les parois vitrées.

- $AVE(t)$ (en **W**) représente les gains dus au rayonnement solaire à travers les parois vitrées.

Les gains dus au gradient de température $AVT(t)$ à travers les parois vitrées extérieures sont donnée par :

$$AVT(t) = 1.2 \times K_{\acute{e}te} \times S_{ouv} [TS_e(t) - TS_{b,i}] \quad [W]$$

Où :

-1.2 (sans dimension) est un coefficient majorateur tenant compte des apports à travers les ponts thermiques.

- $K_{\acute{e}te}$ (en $W/m^2 \cdot ^{\circ}C$) est le coefficient de transmission en partie courante de la paroi considérée

- S_{ouv} (en m^2) surface de l'ouverture dans la paroi opaque.

- $TS_e(t)$ (en $^{\circ}C$) est la température extérieure sèche à l'heure.

- $TS_{b,i}$ (en $^{\circ}C$) est la température intérieure sèche de base pour le local considérée.

Les gains dus au rayonnement solaire à travers les parois vitrées extérieures $AVE(t)$ sont données par :

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

Où :

- SV (en m^2) est la surface totale vitrée.

- SV_{ens} (en m^2) est la surface vitrée ensoleillée.

- I_t (en W/m^2) est le rayonnement total maximal réel.

- I_d (en W/m^2) est le rayonnement diffus maximal réel.

- $N_{pvt}(t)$ représente le coefficient d'amortissement relatif aux gains par ensoleillement à travers les parois vitrées à l'heure considérée.

- FS est le facteur solaire du vitrage.

- Apports de chaleur interne

On désigne par apports de chaleur internes, ou gains internes, les quantités de chaleur dégagées sous forme latente ou sensible à l'intérieur des locaux conditionnés, ils sont donnés par la formule :

$$AI(t) = \sum_j (CS_j \times AI_{s,j} \times N_{AI,j}) + (\sum (CS_j \times AI_{l,j})) \quad [W]$$

Où:

- $AI_{s,j}$ (en W) représente la partie sensible de l'apport interne j , la détermination de ces apports est donnée au paragraphe 2 (DTRC3-4).

- $AI_{l,j}$ (en W) représente la partie latente de l'apport interne j , la détermination de ces apports est donnée au paragraphe 2 (DTRC3-4).

- CS_j est le coefficient de simultanéité relatif à l'apport interne j ; en l'absence d'information, les valeurs à considérer pour les coefficients de simultanéité sont celles du tableau 5.1 (DTRC3-4).

- $N_{AI,j}$ est le coefficient d'amortissement relatif à l'apport interne j .

3.4 Conclusion

Les méthodes de calculs présentées dans ce DTR sont des méthodes simples, testées par ailleurs, suffisantes en principe pour trouver des solutions techniques admissibles.

Cependant, sa mise en application effective nécessitera notamment, sa vulgarisation auprès des bureaux d'études, des architectes et des promoteurs.

Chapitre 4

Présentation du logiciel et du projet.

4.1 Partie I : Présentation du logiciel.

4.1.1 Introduction

L'application CT BAT a 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.

L'application présente à l'utilisateur une interface intuitive et ergonomique lui permettant de décrire les différentes composantes de son projet de construction et effectue pour lui les calculs thermiques nécessaires afin de vérifier la conformité du bâtiment vis-à-vis de la réglementation thermique algérienne [12].

L'utilisateur est donc complètement déchargé des calculs thermiques nécessaires aux vérifications réglementaires.

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.**

Il doit uniquement veiller à bien décrire le projet suivant la structure de données intuitive de l'application CT BAT.

4.1.2 Structure et principe de calcul

La structure des données à adopter pour la description et la sauvegarde des données au sein de l'application **CT BAT** est très simple. Elle est inspirée de la répartition hiérarchique naturelle des projets de construction et suivant la segmentation des entités et composantes décrites dans les documents **DTR C3-2** et **C3-4**. Le schéma ci-dessus présente la structure élémentaire et basique de l'organisation des données au sein de l'application **CT BAT**.

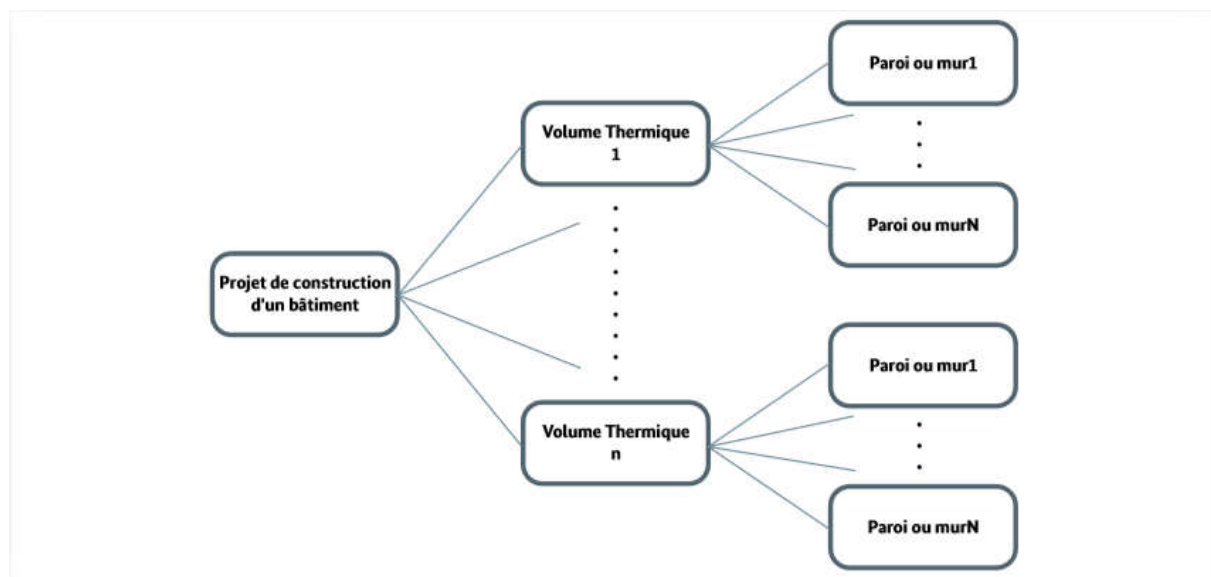


Figure 4.1: Structuration et représentation interne des données de l'application CT BAT. [12]

L'entité principale est le projet. Il détaille les données de base commune à toutes les autres entités. Il s'agit principalement des données de positionnement : altitude, latitude, commune, ...

Une fois le projet défini, il s'agit alors de créer les volumes thermiques conformément aux définitions du DTR C3-2 Chapitre 2 (§1.2 à la page 14). A chaque enveloppe ou volume thermique, il faut alors définir les parois qui le composent de façon à créer un espace fermé.

Voici la définition exacte et exhaustive ainsi que le guide d'utilisation pour chacune de ces entités

4.1.3 Écran d'accueil

L'écran d'accueil de l'application présente 4 panneaux :

- ✓ Panneau de présentation brève de l'objectif de l'application
- ✓ Panneau des partenaires officiels ayant concouru et participé à l'élaboration de l'application
- ✓ Panneau de démarrage pour créer ou ouvrir un projet de construction
- ✓ Panneau d'aide pour consulter la documentation officielle composée des **DTR.C3-2** et **DTR C3-4**

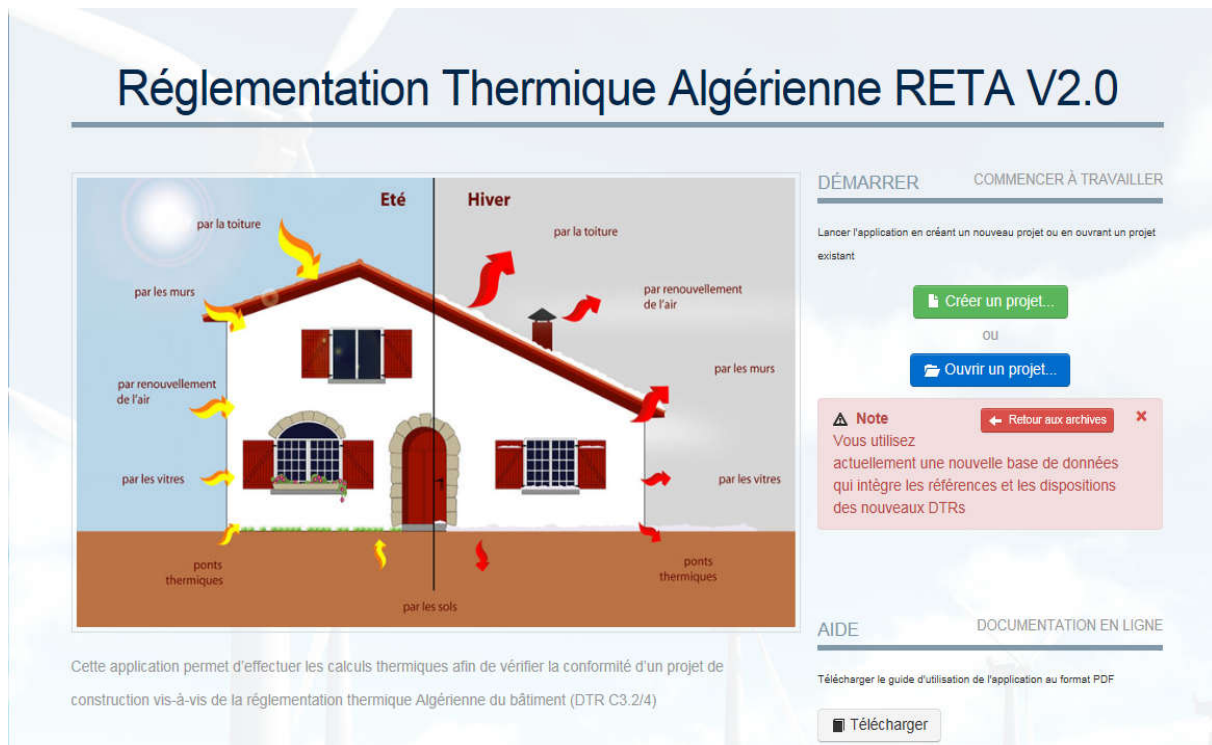


Figure 4.2: écran d'accueil. [32]

4.1.4 Écran projet

Après création du projet, l'application va basculer de l'écran d'accueil vers l'écran projet qui permet de décrire les entités qui composent tout le bâtiment.

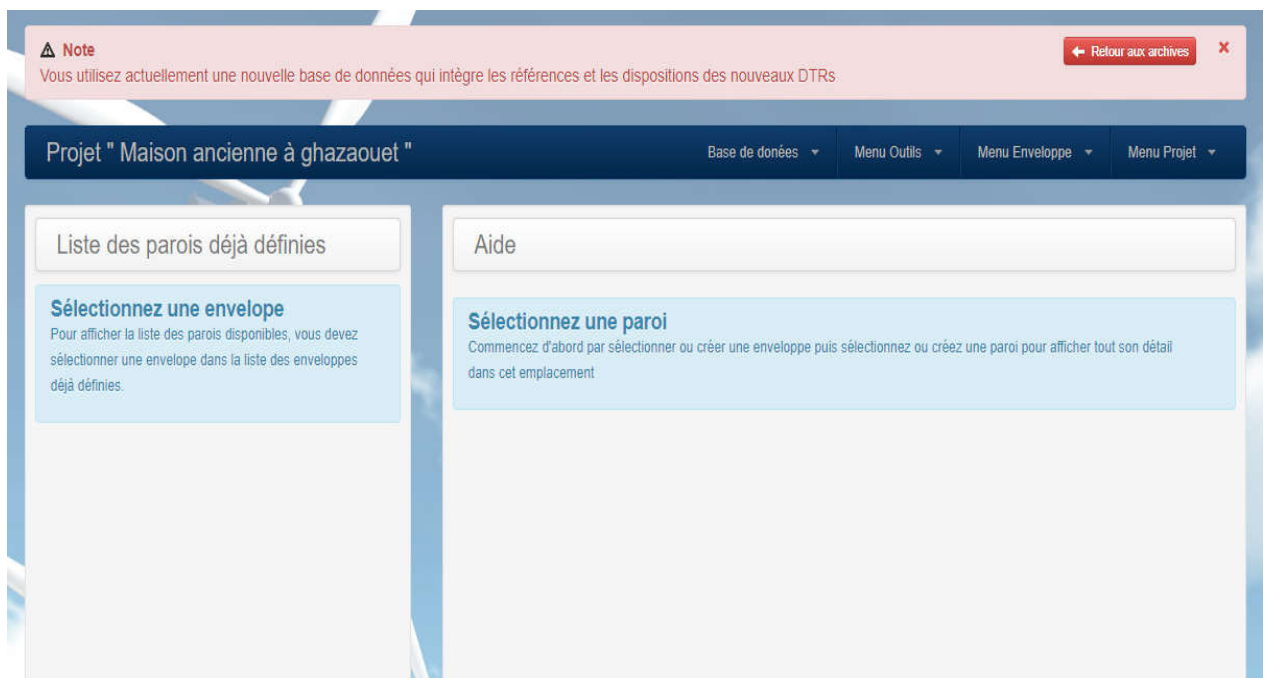


Figure 4.3: écran projet [32]

4.1.5 Créer un projet :

Le projet représente l'entité de base qui sert de socle pour contenir toutes les informations, toutes les descriptions et tous les calculs relatifs à une vérification réglementaire pour un bâtiment donné. L'application permet de créer puis de gérer différents projets.

Nouveau projet

Données techniques Description

Titre du projet : Maison ancien ✓

Altitude (m) : 118 ✓ Latitude en ° : 35.1 ✓ Site d'implantation : Bord de mer ; ✓

Classe de rugosité : Classe I
Coef. de limpidité de l'atmosphère : 1

Wilaya : 13 – Tlemcen ✓ Zones Climatiques
Eté : B
Hiver : A ✓

Groupes de communes : 37

Sélectionner, parmi ces groupes la commune d'implantation du projet
Groupe 1: AIN TALLOUT, OULED MIMOUN, OUED CHOULY, BENI SEMIEL, TERNI BENI HEDIEL, AIN GHORABA, B
Groupe 2: Beni Khellad, Beni Khellad, Remchi, Sebaa Chioukh, El Fehoul, Honaine, Bensekrane, Beni Ouarsous, Dar Y
Les autres communes

Ajouter Annuler

Figure 4.4: Écran de créer un projet. [32]

4.1.6 Enveloppe :

D'après le DTR L'enveloppe ou le volume thermique est définie comme suit dans le Chapitre 2 (§1.2 à la page 14) :

« Un volume thermique est un volume d'air supposé homogène en température, susceptible d'être chauffé par un corps de chauffe dimensionné à cet effet ». [33].

4.1.7 Panneau enveloppes

L'écran projet dispose d'un panneau dédié à la gestion des enveloppes, il permet de

- ✓ Créer une nouvelle enveloppe
- ✓ Charger une enveloppe existante
- ✓ Modifier l'enveloppe en cours
- ✓ Supprimer l'enveloppe en cours

4.1.8 Charger une enveloppe

Pour charger une enveloppe déjà créée et travailler sur ses éléments, il suffit de la sélectionner depuis la liste déroulante présente au centre du panneau « Enveloppes ».

L'application va alors charger les données relatives à l'enveloppe ainsi que l'ensemble de ses composantes (parois, portes, ...).

Le panneau affiche alors un ensemble de 5 nouvelles actions contextuelles :

- ✓ Dupliquer
- ✓ Modifier
- ✓ Supprimer
- ✓ Chauffage
- ✓ Renouvellement d'air

The screenshot shows a dialog box titled "Modifier l'enveloppe" with a close button (X) in the top right corner. It is divided into two main sections: "Général" and "Calcul été".

Général

Nom de l'enveloppe	Maison ancien RDC ✓	Surface des planchers intermédiaires (m2)	95.4205 ✓
Volume brut (m3)	295.803 ✓	Volume d'air net (m3)	236.6424 ✓

Calcul été

Conditions internes (été)	Confort Normal (27°) ✓	Temps de fonctionnement (climatisation)	12 Heures ✓
---------------------------	------------------------	---	-------------

Gains latents importants ⓘ

At the bottom right, there are two buttons: "Modifier" (blue) and "Annuler" (grey).

Figure 4.5: Écran enveloppe chargée. [32]

4.1.9 Les parois

▪ Liste des parois

L'écran projet offre une grande surface de travail pour les parois car elles représentent les composantes les plus riches et complexes à décrire. Cette surface de travail est organisée en deux panneaux : le panneau de liste des parois et le panneau de configuration et de synthèse d'une paroi.

The screenshot displays the software interface for wall management. On the left, a sidebar titled 'Liste des parois déjà définies' contains a search filter 'Afficher toutes les parois' and a '+ Ajouter une Paroi' button. Below this is a tree view with categories like 'Mur façade nord', 'Porte nord', 'fenêtre', 'fenêtre 2', 'fenêtre 3', 'fenêtre 4', 'Plancher bas', and 'Plancher haut'. The main area on the right is titled 'Mur façade nord' and features a 'Menu Paroi' dropdown menu with options: 'PAROI SÉLECTIONNÉE', 'Dupliquer la Paroi', 'Modifier la Paroi', and 'Supprimer la Paroi'. The configuration panel includes tabs for 'Détails' and 'Composition'. It contains several data tables:

Caractéristiques générales de la paroi			
Description	Surface	Epaisseur	Résistance
Verticale / Opaque / Extérieur / Orientation : N (180°) La paroi est à l'ombre	54,8000 m ²	0,3400 m	0,6681 (m ² .°C)/W

Calculs Hiver (DTR C-3.2)				
Rés. sup.	K	Coef. C	DT	DTréf
0,1700 (m ² .°C)/W	1,1932 W/m ² .°C	1,2000 W/m ² .°C	78,4625 W/°C	65,7600 W/°C

Calculs Eté (DTR C-3.4)						
Rés. sup.	K	Coef. C	ΔTSréf	ΔTes	ΔTem	CΔTe
0,1400 (m ² .°C)/W	1,2375 W/m ² .°C	1,2000 W/m ² .°C	4,8600 °C	4,4000 °C	4,4000 °C	-0,1000 °C

APO		APOréf	
349,9138 W		319,5936 W	

Figure 4.6: Écran liste des parois [32]

▪ Panneau paroi

Le panneau paroi est le plus grand dans l'écran projet. Il représente l'espace de travail sur les parois. Il inclut une barre de titre qui affiche le nom de la paroi ainsi que 2 boutons de manipulation pour la modification et la suppression de la paroi. Il abrite aussi plusieurs onglets qui incluent plusieurs panneaux afin de regrouper les données et les synthèses dans des sous-ensembles homogènes permettant ainsi de décrire la paroi progressivement et donc de mieux focaliser sur les différents aspects descriptifs (composition, rayonnement, ...). [12]

Mur façade nord Menu Paroi ▾

Détails Composition

Caractéristiques générales de la paroi

Description	Surface	Epaisseur	Résistance
Verticale / Opaque / Extérieur / Orientation : N (180°) La paroi est à l'ombre	54,8000 m ²	m	(m ² .°C)/W

Calculs Hiver (DTR C-3.2)

Rés. sup.	K	Coef. C	DT	DTréf
0,1700 (m ² .°C)/W	1,1932 W/m ² .°C	1,2000 W/m ² .°C	W/°C	W/°C

Calculs Eté (DTR C-3.4)

Rés. sup.	K	Coef. C	ΔTSréf	ΔTes	ΔTem	CΔTe
0,1400 (m ² .°C)/W	1,2375 W/m ² .°C	1,2000 W/m ² .°C	°C	°C	°C	°C

APO	APOréf
W	W

Figure 4.7: Écran panneau synthèse et manipulation des données d'une paroi[32]

- **Paroi vitrée**

Les différents aspects de la paroi vitrée peuvent être décrits dans l'onglet « **composition** ». Il s'agit de :

- ✓ Composition
- ✓ Protection Hiver
- ✓ Protection Été
- ✓ Surfaces vitrées et ensoleillées

▪ **Composition**

fenêtre 3 Menu Paroi ▾

Détails Composition

1- Composition Redéfinir

Description	KVn	Hauteur moyenne
Menuiserie en // Epaisseur de la lame d'air	Hiver : 4,0000 W/m².°C / Eté : 3,9700 W/m².°C	6,4700 m

2- Protection Hiver Supprimer la protection Redéfinir

Résistance d'Occultation	Résistance de Voilage	Résistance des rideaux
0,0000 (m².°C)/W	0,0250 (m².°C)/W	0,0300 (m².°C)/W

Figure 4.8: Écran onglet composition d’une paroi vitrée [32]

L’application exige d’abord une description de la composition de la paroi vitrée avant de permettre la définition des paramètres supplémentaires.

Pour définir la composition de la paroi vitrée, il suffit de cliquer sur le bouton « Définir ».

Une nouvelle fenêtre s’affiche alors avec deux blocs différents.

Dans le premier bloc, il faut saisir la surface vitrée et la hauteur moyenne de la paroi vitrée par rapport au sol.

▪ **Protection Hiver**

Il faut ensuite définir la protection de la paroi vitrée suivant les définitions du DTR C3-2 dans le second bloc intitulé « Protection Hiver ». Il suffit de cliquer sur le bouton « Définir » dans la barre de titre du bloc.

Figure 4.9 : Écran protection de la paroi vitrée en hiver[32]

- **Protection Été**

La protection été est basée sur la protection du vitrage utilisé ensuite des matériaux de protection supplémentaires (rideaux, ...).

Pour définir la protection été de la paroi vitrée, il suffit de cliquer sur le bouton « Définir » du bloc « Protection Été »

Une nouvelle fenêtre s'affiche avec deux blocs de définitions distincts : Bloc Vitrage permettant de spécifier la nature exacte du vitrage utilisé et d'en déduire la protection associée Bloc Protection permettant de définir en fonction du vitrage sélectionné les protections appropriées.

Note :

Les champs présentés pour la définition varient selon la composition de la paroi vitrée : vitrage simple, double ou fenêtre double. [12]

Définir la protection du vitrage en été

Vitrage 1

Familles de vitrage
Choisissez une valeur : ▾ ✓

Verre
Choisissez une valeur : ▾ ✓

Protection interne

Type de protection
Choisissez une valeur : ▾ ✓

Teinte
Choisissez une valeur : ▾ ✓

Protection externe

Type de protection
Choisissez une valeur : ▾ ✓

Teinte
Choisissez une valeur : ▾ ✓

Définir Fermer

Figure 4.10 : Écran protection été pour un vitrage simple [32]

Définir la protection du vitrage en été

Vitrage Double

Vitrage interne
Choisissez une valeur : ▾ ✓

Vitrage externe
Choisissez une valeur : ▾ ✓

Laine d'air
Choisissez : ▾ ✓

Protection interne

Type de protection
Choisissez une valeur : ▾ ✓

Teinte
Choisissez une valeur : ▾ ✓

Protection externe

Type de protection
Choisissez une valeur : ▾ ✓

Teinte
Choisissez une valeur : ▾ ✓

Protection entre vitrage

Type de protection
Choisissez une valeur : ▾ ✓

Teinte
Choisissez une valeur : ▾ ✓

Définir Fermer

Figure 4.11: protection été pour un vitrage double. [32]

The screenshot shows a software window titled "Définir la protection du vitrage en été". It is divided into several sections for configuring window protection. The top section includes "Vitrage 1" and "Vitrage 2", each with two dropdown menus: "Familles de vitrage" and "Verre". Below this, there are three columns for "Protection interne", "Protection externe", and "Protection entre vitrage". Each of these columns has two dropdown menus: "Type de protection" and "Teinte". All dropdown menus have a green checkmark icon next to them, indicating that a value has been selected. At the bottom right of the window, there are two buttons: "Définir" (in blue) and "Fermer" (in grey).

Figure 4.12: Écran protection été pour une fenêtre double. [32]

Lorsque les données de la protection sont définies, le bloc « Protection été » affiche une synthèse de tous les facteurs solaires calculés à la place de l'avertissement affiché lors de la création de la paroi.

4.1.10 Composition de la porte

Dans la nouvelle fenêtre qui s'affiche, il faut préciser la nature et la composition de la porte et saisir sa hauteur moyenne par rapport au sol.

Si la porte comprend un seuil et un joint d'étanchéité, alors il faut cocher la case Isolation pour que les calculs des échanges thermiques dus à l'infiltration d'air soient corrects.

Nature et la composition de la porte

Nature: Porte en métal ✓

Composition: Avec vitrage simple ✓

Isolation: Avec seuil et joint d'étanchéité ?

Hauteur moyenne du sol (m): 2.04 ✓

Définir Fermer

Figure 4.13: Écran définition de la composition d'une porte. [32]

L'onglet « Composition » affiche une synthèse des calculs effectués une fois toutes les données de composition et d'absorption ont été définies.

Porte nord Menu Paroi

Détails Composition

Composition Redéfinir

Composition	K Hiver	K été
Porte en métal - Avec vitrage simple	5,80 W/m ² .°C	5,77 W/m ² .°C

Figure 4.14: Écran onglet de composition d'une porte avec synthèse complète des calculs. [32]

4.1.11 Renouvellement d'air

Le calcul des échanges dus au renouvellement et la circulation d'air est relatif aux volumes et non pas aux parois. Pour définir les paramètres et données relatifs au volume ou à l'enveloppe en cours.

Deux cas de figure différents sont alors envisageables selon l'usage du volume thermique ou de l'enveloppe.

4.1.12 Enveloppe à usage d'habitation

Pour une enveloppe à usage d'habitation, il suffit d'indiquer des données très simples : le volume de l'enveloppe et le nombre de chambres (réparties par types).

Paramètre	Valeur
Volume d'air net de l'enveloppe	608.4096
Nombre de "Pièce principale"	6
Nombre de "Cuisine"	1
Nombre de "Salle de bains"	2
Nombre de "Cabinet d'aisance"	0
Nombre de "Autre salle d'eau"	0

Figure 4.15: Écran définition des données de renouvellement d'air pour une enveloppe à usage d'habitation. [32]

4.1.13 Chauffage

Vous pouvez définir les paramètres Cin (Coefficient de surpuissance) et Cr (Coefficient des pertes calorifiques dues au réseau de tuyauterie éventuel) permettant de calculer la puissance nécessaire pour chauffer l'enveloppe sélectionnée. Pour définir ces paramètres, il faut cliquer sur le bouton « Chauffage » de l'ensemble des actions contextuelles dans le panneau « Enveloppes » [12]

The screenshot shows a dialog box titled "Chauffage de l'enveloppe" with a close button (x) in the top right corner. It contains two configuration sections:

- Cin : Coefficient de surpuissance**: A dropdown menu with "Chauffage continu" selected and a green checkmark icon to the right.
- Cr : Coefficient des pertes calorifiques dues au réseau de tuyauteries éventuel**: A dropdown menu with "Chauffage individuel" selected and a green checkmark icon to the right.

At the bottom right of the dialog, there are two buttons: "Modifier" (blue) and "Annuler" (grey).

Figure 4.16: Écran chauffage de l'enveloppe. [32]

4.1.14 Calcul

Les calculs unitaires relatifs aux parois et autres composantes sont faits au fur et à mesure des changements apportés. Toutefois, pour sommer les déperditions et les apports et pour vérifier la conformité réglementaire, il faut cliquer sur le bouton « Calculer » de la barre « Projet ».



Figure 4.17: Écran synthèse des calculs et vérification réglementaire du projet. [32]

L'application lance les calculs de sommes et de vérification puis affiche une fenêtre de synthèse globale. La fenêtre présente 3 onglets :

- ✓ Synthèse : avec les sommes des déperditions, des déperditions de référence, des apports et des apports de référence ainsi que les résultats des vérifications réglementaires suivant les DTR C3-2 et C3-4.
- ✓ Échanges thermiques par transmission : pour détailler les sommes des déperditions et des apports, incluant les valeurs non prises en compte pour la vérification comme les apports des parois non aériennes.
- ✓ Renouvellement et infiltration d'air : pour détailler les sommes des débits et des échanges thermiques dues au renouvellement et à l'infiltration d'air.
- ✓ Dimensionnement : pour afficher la puissance nécessaire pour chauffer l'enveloppe.

4.2 Présentation du projet.

4.2.1 Introduction

Dans ce projet en va étudier deux maisons :

1- un maison ancienne date de **1949**

2-une nouvelle maison date de **1999**

4.2.2 Présentation de maison ancien

Dans le cadre de ce projet, nous allons étudier une maison ancienne construite en **1949**.

Cette maison à usage d'habitation, et qui est composée d'un **RDC** plus un étage avec une terrasse accessible (niveaux **6.33 m**).

Le **RDC** contient un logement, qui est constitué d'une chambre, W.C, S.D.B, une cuisine, un hall et une cage d'escalier menant au 1^{er} étage qui est constitué d'un salon et deux chambres et un hall avec balcon et une cage d'escalier menant à la terrasse.

a) - Implantation

Cette maison est implantée dans la wilaya de Tlemcen, la daïra de Ghazaouet classé comme Zone climatique **A** et de groupe de communes **1**, selon le document technique réglementaire (**D.T.R.C 3-2**).



Figure 4.18: Plan de situation

b) -Les Caractéristiques géométriques

- ✓ Une hauteur totale de **7.83m**
- ✓ Une hauteur de RDC **3.1 m**
- ✓ Une hauteur de 1^{er} étage **2.83 m**
- ✓ Une longueur de **6.85 m**
- ✓ Une largeur de **13.93 m**
- ✓ La superficie est de **95.4205 m²**.

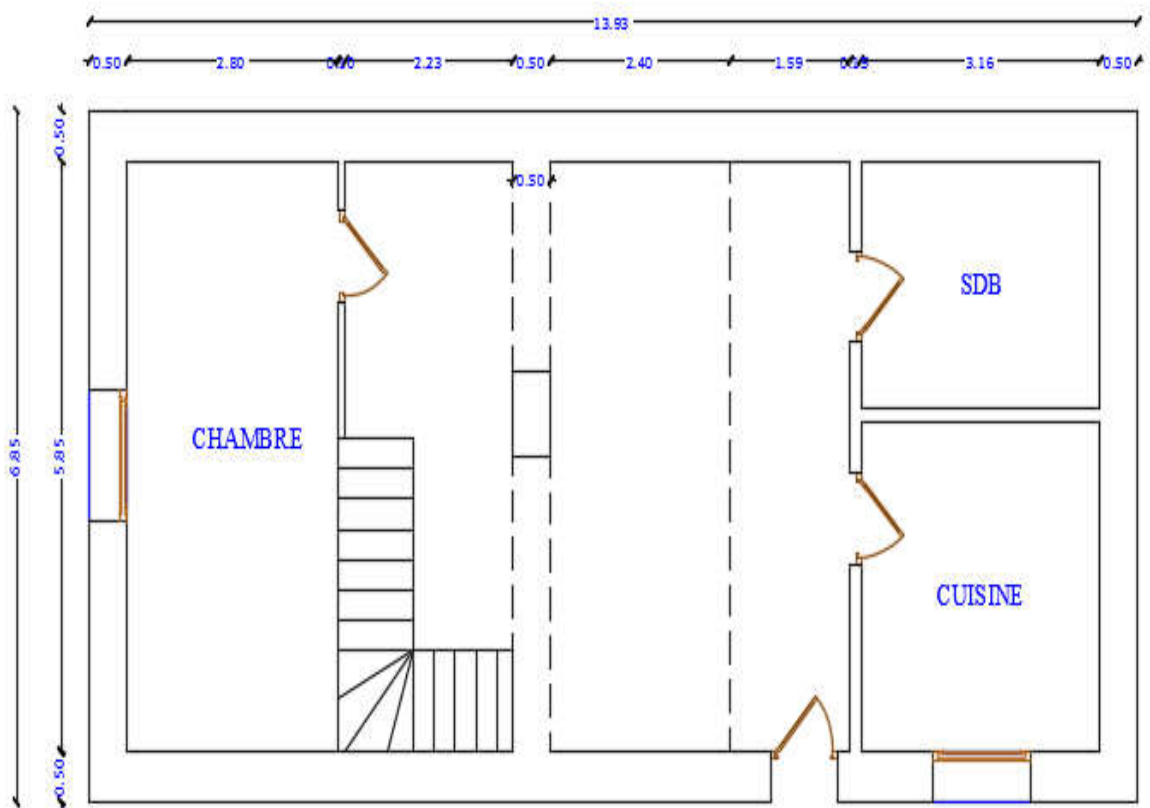


Figure 4.19:Plan de RDC construit avec pierre naturelle en 1949.

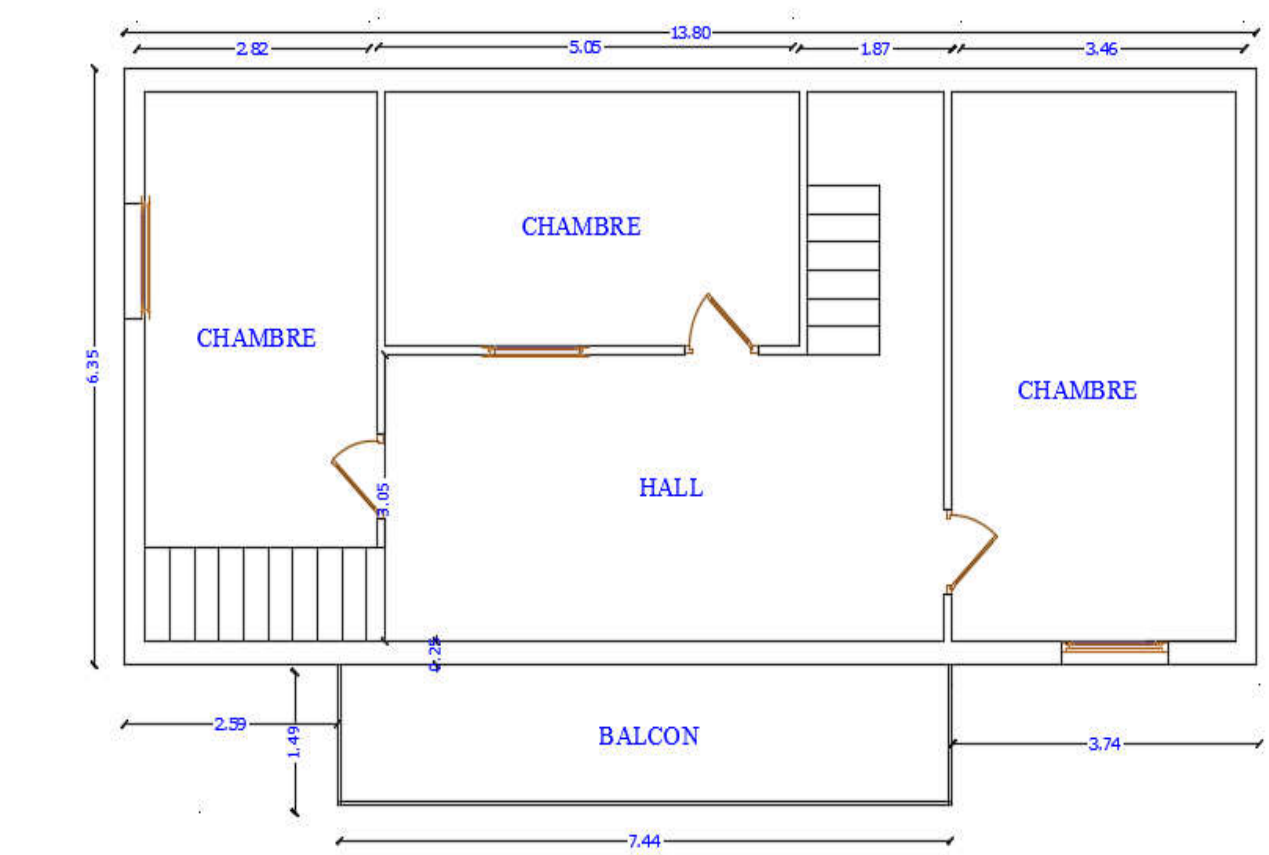


Figure 4.20: Plan de 1^{er} étage construit avec parpaing en 1964.



Figure 4.21: Vue de façade de la Maison ancien.

c)-Les données techniques du la maison ancienne :

Les données techniques de cette enveloppe sont exposées ci-dessous :

Localisation	Altitude	Latitude	Zone Thermique	
			Hiver	Eté
Ghazaouet	118,00 m	35,10 °	A	B

Tableau 4.1: Les données techniques de l'enveloppe de la maison

Les données techniques d'enveloppe RDC sont exposées ci-dessous :

Volume Brut	Volume Net	Usage		
		Habitation	Logement individuel	Confort Normal
295,80m ³	236,64 m ³			

Tableau 4.2: Les données techniques de l'enveloppe de RDC.

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

Tableau 4.3 : Les données des températures du l'enveloppe de RDC.

d)-L'orientation :

La maison étudiée se trouvant à la commune de Ghazaouet. Pas loin de la mer, l'axe de façade principale orientée vers le Nord.



e) - Description de la structure

Cette maison à trois façades, une principale, là où se trouve l'entrée principale, et deux autres façades latérales.

Les murs utilisés sont de deux types, des murs en pierre de 50 cm et de 20cm.

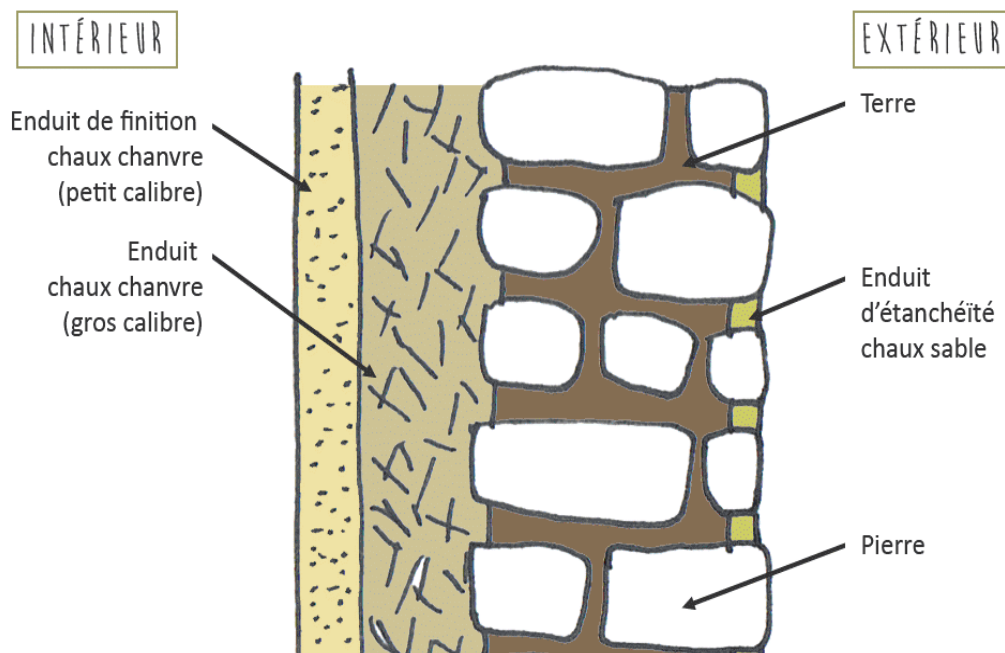


Figure 4.22: coupe d'un mur en pierre sèche.

▪ RDC

✓ Façade nord

La façade nord (mur, fenêtre et porte) d'une surface globale de **43.183m²**

$$(13.93 * 3.1) = 43.183$$

$$43.183 - (sf + sp) = 43.183 - [(1.20 * 0.80) + (2 * 1)] = 40.223m^2$$

sf: surface de fenêtre.

sp: surface de porte.

Composant	RDC	1^{er} étage
Façade nord	Mur 1 nord : 46.67m² Porte nord : 2 m² Fenêtre 1 nord : 0.96 m² Portes en métal (Portes équipées de vitrage simple)	Mur 2 nord : 7.33 m² Fenêtre 2 nord : 7.152 m² Mur 3 nord : 13.9 m² Fenêtre 3 nord : 1.92 m² Mur 4 nord : 9.14 m² Mur nord- est : 2.79 m² Mur nord-ouest : 2.79 m² Fenêtre nord TOTAL : 9.072 m²
Façade Est :	Mur1 est : 20.42 m² Fenêtre 1 est : 0.819 m²	Mur 2 est : 17.97 m² Fenêtre 2 est : 1.26 m² Fenêtre 3 est : 1.4304m²
Façade ouest :	Mur1 ouest : 21.23 m² Fenêtre1 ouest : 0.075 m²	Mur 2 ouest : 17.97 m² Fenêtre 3 ouest : 1.4304m²
Le plancher bas	S= 95.4205 m².	-
Le plancher haut	-	S= 88.29 m².

Tableau 4.4: comparatif des données de deux l'enveloppe.

- Fenêtres en bois simple vitrage
- Plancher en corps creux de **20 cm** d'épaisseur y compris dalle de compression de **5cm**
- Portes en bois et portes en métal

✓ **Composition (de l'extérieur vers l'intérieur) de RDC**

Matériaux	Epaisseur [m]
Enduit chaux chanvre (Gros calibre)	0.06 à 0.08
Pierre	0.6
Enduit de finition chaux chanvre (Petit calibre)	0.01 à 0.02

Tableau 4.5 : Composition (de l'extérieur vers l'intérieur) de RDC

✓ **Les données thermiques des compositions pour les murs**

Matériaux	Conductivité λ [W/ (m. °C)]
Enduit chaux chanvre (Gros calibre)	0.87
Pierre	1.6
Enduit de finition chaux chanvre (Petit calibre)	0.87

Tableau 4.6: les matériaux et son conductivité (mur).

▪ **Composition (de l'extérieur vers l'intérieur) de Plancher bas :**

Matériaux	Epaisseur [m]
Béton plein	0.20
Sable sec	0.02
Granito	0.02

Tableau 4.7: Composition (de l'extérieur vers l'intérieur) de Plancher bas

▪ **Les données thermiques des compositions pour le plancher bas**

Matériaux	Conductivité λ [W/ (m. °C)]
Béton plein	1.75
Sable sec	0.6
Granito	0.1

Tableau 4.8: les matériaux et son conductivité (planchés bas).

▪ **Composition (de l'extérieur vers l'intérieur) de Plancher haut :**

Matériaux	Epaisseur [m]
Bloc creux en béton de granulats lourds 15cm	0.15
Acier	0.01
Béton plein	0.10

Tableau 4.9 : Composition (de l'extérieur vers l'intérieur) de Plancher haut

▪ **Les données thermiques des compositions pour le plancher haut**

Matériaux	Conductivité λ [W/ (m.°C)]
Bloc creux en béton de granulats lourds 15cm	0.12
Acier	0.01
Béton plein	0.10

Tableau 4.10 : les matériaux et son conductivité (planchés bas).

4.2.3 Présentation de maison moderne

Dans le cadre de ce projet, nous allons étudier une maison moderne construite depuis **1999** cette maison qui est à usage d'habitation, et qui est composé d'un entre sol, RDC plus 1 étage avec une terrasse accessible (niveaux **8.44 m**).

L'entre sol est constitué d'un local avec arrière-boutique, le **RDC** contient un logement, qui est constitué d'un chambres, W.C, S.D.B, une cuisine, un séjour, un couloir, un cour et une cage d'escalier menant au 1^{er} étage qui est constitué d'un salon et trois chambres, W.C, S.D.B et un vide se cour avec une cage d'escalier menant à la terrasse.

a- Implantation

Cette maison est implantée dans la wilaya de Tlemcen, classé comme Zone climatique **B** et de groupe de communes **3**, selon le document technique réglementaire (D.T.R.C 3-2).

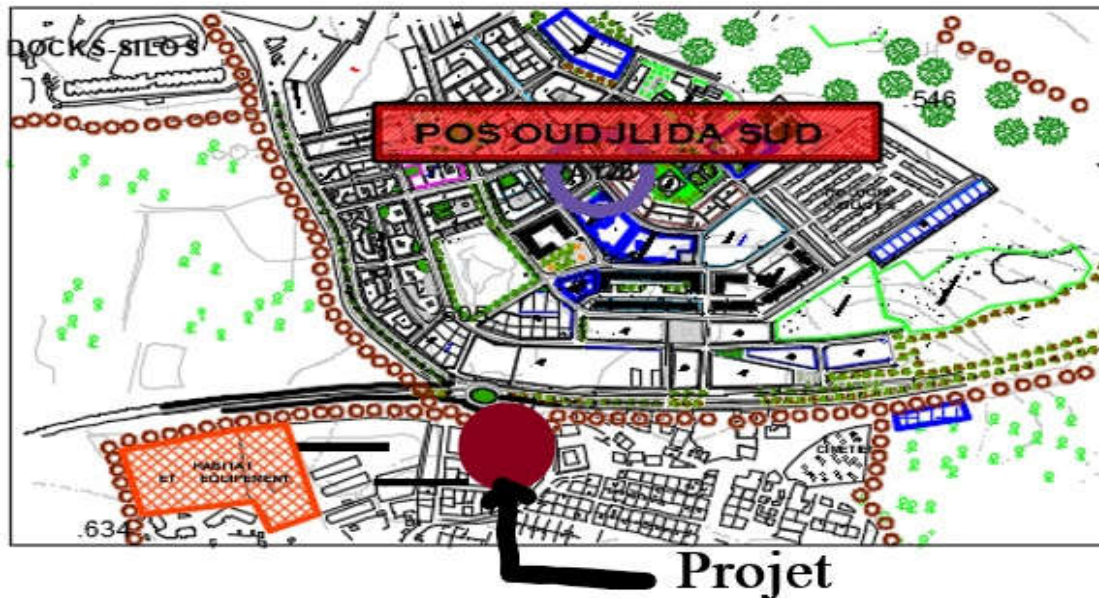


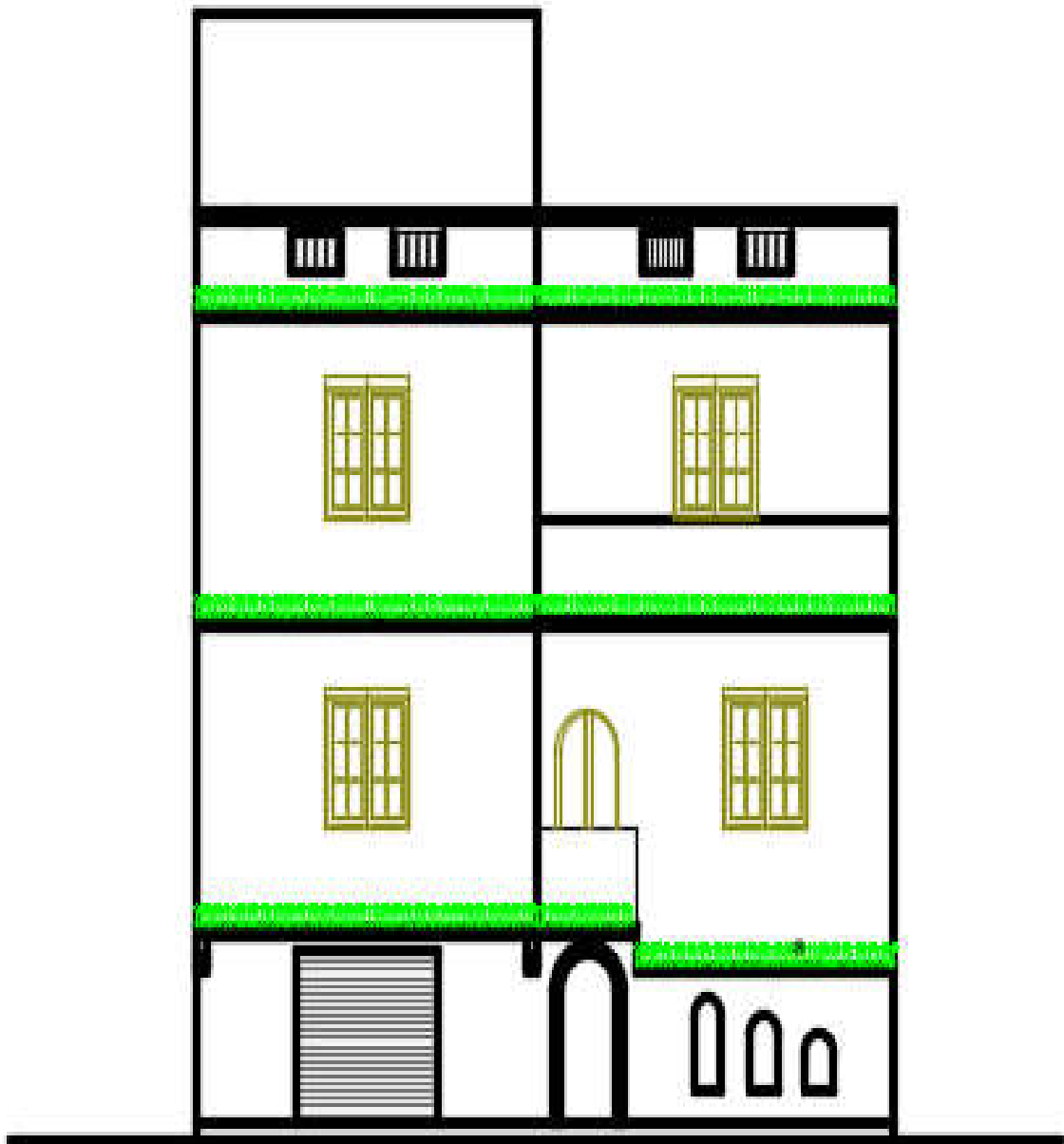
Figure 4.23 : Plan de situation.

b- Les Caractéristiques géométriques

- Une longueur de 15 m . Une largeur de 10 m

Dimensions	(m)
Hauteur du sous-sol	-3.4
Hauteur du réez chaussée	+ 3.2
Hauteur de 1 ^{er} étage	+ 3.2
Hauteur totale (sans l'acrotère)	+8.44
Dimension en plan	(15*10) =150 m ² .

Tableau 4.11: Caractéristiques géométriques.



FACADE PRINCIPALE

Figure 4.24: Plan de façade principale de maison moderne.

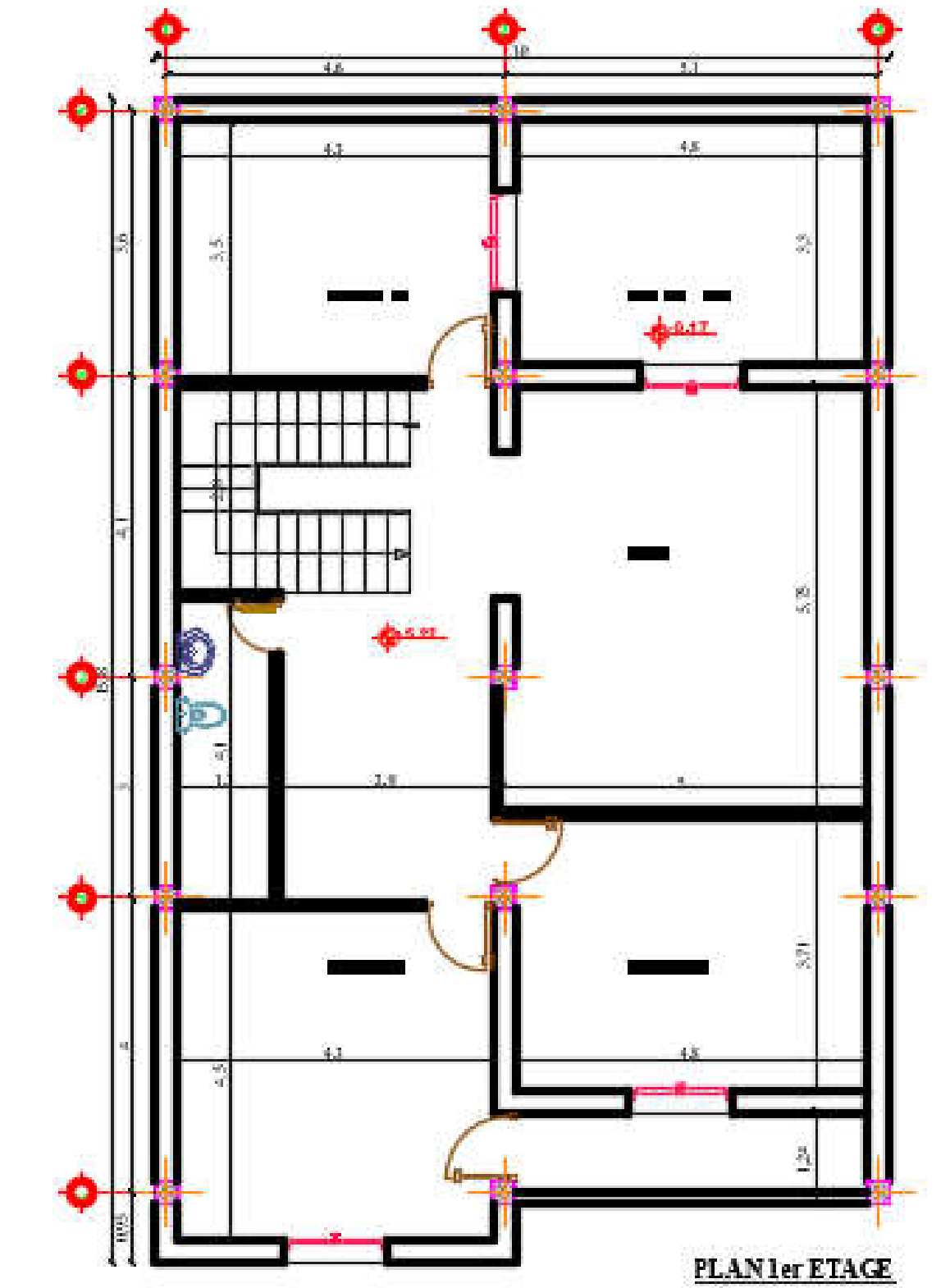


Figure 4.26: Plan d'étage.

c- Les données techniques de l'enveloppe de la maison

Les données techniques de cette enveloppe sont exposées ci-dessous :

Localisation	Altitude	Latitude	Zone Thermique Hiver	Zone Thermique Eté
Abou Techefine	842,00 m	34,00 °	B	B

Tableau 4.12: Les données techniques de l'enveloppe de la maison moderne.

✓ Les données techniques d'enveloppe sont exposées ci-dessous :

Volume Brut	Volume Net	Usage		
760,51 m ³	608,41 m ³	Habitation	Logement individuel	Confort Normal

Tableau 4.13: Les données techniques de l'enveloppe de la maison.

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

Tableau 4.14 : Les données des températures de l'enveloppe de la maison moderne.

d- L'orientation :

La maison étudiée se trouvant à la commune de Tlemcen., l'axe de façade principale orientée vers le Nord.



e- Description de la structure

Cette maison à une façade principale, là où se trouve l'entrée principale.

Les murs utilisés sont de deux types, une simple paroi et la double paroi ; le double c'est lorsqu'il s'agit des murs qui sont en contact directe avec l'extérieur ou mitoyen avec les voisins.

Pour passer d'un étage à un autre, il y a les escaliers, ils sont constitués de deux volées de neuf marches puis un palier de repos.

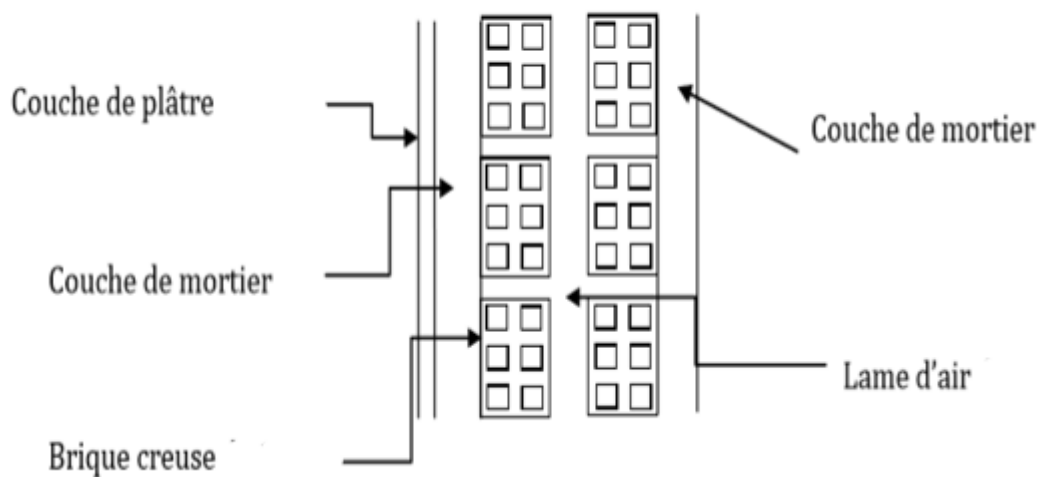


Figure 4.27: Coupe transversal d'un mur double parois en brique creuse.

f- 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 :

✓ **Les murs**

▪ **Composition (de l'extérieur vers l'intérieur)**

Matériaux	Epaisseur [m]
Mortier de ciment	0.02
Brique creuse	0.15
Lame d'air pour mur de 5 à 7 mm	0.05
Brique creuse	0.10
Mortier de chaud	0.02

Tableau 4.15: Composition de mur (de l'extérieur vers l'intérieur)

✓ **Les données thermiques de composition de mur**

Matériaux	Conductivité λ [W/ (m. °C)]
Mortier de ciment	1.4
Brique creuse	0.48
Lame d'air pour mur de 5 à 7 mm	0.00
Brique creuse	0.48
Mortier de chaud	0.87

Tableau 4.16: les matériaux et son conductivité (mur nord).

- **Plancher bas**

- **Composition (de l'extérieur vers l'intérieur) de Plancher bas :**

Matériaux	Epaisseur [m]
Béton plein	0.20
Sable sec	0.05
Granito	0.02

Tableau 4.17: Composition de Plancher bas (de l'extérieur vers l'intérieur).

- ✓ **Les données thermiques de composition de plancher bas :**

Matériaux	Conductivité λ [W/ (m.°C)]
Béton plein	1.75
Sable sec	0.6
Granito	0.1

Tableau 4.18 : les matériaux et son conductivité (plancher bas). Plancher haut

▪ **Composition (de l'extérieur vers l'intérieur) de Plancher haut :**

Matériaux	Epaisseur [m]
Carreaux de mosaïque de marbre dit « granito »	0.02
Sable sec	0.01
Béton plein	0.10
Cartons feutres et chapes ouples imprégnées	0.00
Polystyrène expansé	0.05
Béton plein	0.04
Entrevous -dalle de compression en Béton courant	0.16
Plâtre courant d'enduit intérieur	0.02

Tableau 4.19 : Composition de Plancher bas (de l'extérieur vers l'intérieur).

✓ **Les données thermiques de composition de plancher haut :**

Matériaux	Conductivité λ [W/(m.°C)]
Carreaux de mosaïque de marbre dit « granito »	2.10
Sable sec	0.01
Béton plein	0.10
Cartons feutres et chapes ouples imprégnées	0.23
Polystyrène expansé	0.04
Béton plein	1.75
Entrevous -dalle de compression en Béton courant	1.45
Plâtre courant d'enduit intérieur	0.35

Tableau 4.20 : les matériaux et son conductivité (plancher haut).

g- Tableau comparatif des données de l'enveloppe des deux variantes

Composant	Façade nord	1 ^{er} étage
Mur Façade nord	Mur 1 nord : 46.67m² Porte nord : 2 m² Fenêtre 1 nord : 0.96 m² Portes en métal (Portes équipées de vitrage simple)	Mur 2 nord : 7.33 m² Fenêtre 2 nord : 7.152 m² Mur 3 nord : 13.9 m² Fenêtre 3 nord : 1.92 m² Mur 4 nord : 9.14 m² Fenêtre nord TOTAL : 9.072 m²
Le plancher bas	S= 118.83 m².	-
Le plancher haut	-	S= 118.83 m².

Tableau 4.21: comparatif des données de deux l'enveloppe.

- ✓ Fenêtres en PVC double vitrage
- ✓ Portes en bois et portes en métal

4.3 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 maison ancien et moderne on a utilisé le logiciel **CT BAT**, cette application a pour principal objet de vérifier la conformité des constructions aux normes algériennes décrites dans ses deux **DTR**.

Chapitre 5

Résultat du logiciel.

5.1 Introduction

Dans ce chapitre on va présenter les différentes étapes de calcul d'un bilan thermique de deux maisons en utilise le logiciel CT BAT.

5.2 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

I. Maison ancienne

5.2.1 Calcul de la résistance thermique et le coefficient K de RDC

a) Les murs

✓ **Les compositions de l'extérieure vers l'intérieure**

Toute les murs (nord, est et ouest) ont les mêmes compositions de l'extérieure vers l'intérieur

Matériaux	Conductivité	Epaisseur	Résistance
Mortier de chaud	0,87 W/m. °C	0,06 m	0,07 m ² . °C/W
Basaltes	1,60 W/m. °C	0,60 m	0,38 m ² . °C/W
Mortier de chaud	0,87 W/m. °C	0,02 m	0,02 m ² . °C/W
Total		0,68 m	0,47m². °C/W

Tableau 5.1 : compositions de l'extérieure vers l'intérieur des murs.

✓ **Les coefficients**

Résistances sup. Hiver	Coéf. K Hiver	Résistances sup. Eté	Coéf. K Eté	Facteur d'absorbtion alpha
0,17 m ² . °C/W	1,57 m ² . °C/W	0,14 m ² . °C/W	1,65 m ² . °C/W	1,00

Tableau 5.2: Les coefficients des murs.

Résistances sup. Hiver	Coéf. K Hiver	Résistances sup. Eté	Coéf. K Eté
0,22 m ² . °C/W	0,55 m ² . °C/W	0,12 m ² . °C/W	0,58 m ² . °C/W

Tableau 5.3:Les coefficients de mur nord.

b) Les planchés

✓ **Les compositions de l'extérieure vers l'intérieure**

Matériau	Conductivité	Epaisseur	Résistance
Béton plein	1,75. °C/W	0,20 m	0,11 m ² . °C/W
Sable sec	0,60 m. °C/W	0,02 m	0,03 m ² . °C/W
Carreaux de mosaïque de marbre dit « granito »	2,10m. °C/W	0,02 m	0,01 m ² . °C/W
Total		0,24 m	0,16 m ² . °C/W

Tableau 5.4: compositions de l'extérieure vers l'intérieur des planchés.

✓ **Les coefficients**

Résistances sup. Hiver	Coéf. K Hiver	Résistances sup. Eté	Coéf. K Eté
0,17 W / m ² . °C	3,06 W / m ² . °C	0,08 W / m ² . °C	4,22W / m ² . °C

Tableau 5.5: Les coefficients des planchés.

c) Porte nord principale

✓ **Composition et coefficients k**

Kvn Hiver	Kvn Eté	Coéf.K Hiver	Résistances sup. Hiver	Résistances sup. Eté	Coéf. K Eté
3,50W/m ² . °C	3,47W/m ² . °C	3,50 W/m ² . °C	0,17 W/m ² . °C	0,14W/m ² . °C	3.47 W/m ² . °C

Tableau 5.6: Composition e coefficients k du la porte nord.

d) Fenêtre nord

✓ **Composition**

Composition	Kvn Hiver	Kvn Eté	Rv	Rrid	Rocc
Bois /Vitrage simple / -	5,00W/m ² .°C	4,97W/m ² .°C	0,03(m ² .°C)/W)	0,03(m ² .°C)/W)	0,00(m ² .°C)/W)

Tableau 5.7: La composition de fenêtre nord.

✓ **Coefficient K :**

Résistance totale	Coéf.K Hiver	Résistances sup. Hiver	Résistances sup. Eté	Coéf. K Eté
0,06 (m ² .°C)/W	3,92W/m ² .°C	0,17 (m ² .°C)/W	0,14 (m ² .°C)/W	3,90 W/m ² .°C

Tableau 5.8: Le Coefficient K de fenêtre nord.

✓ **Apports thermiques par ensoleillement**

Orientation	Surface vitrée	Surface ensoleillée	Facteur solaire	AVE	AVEréf
N	0,57m ²	0,00 m ²	1,00	2,63W	4,08 W

Tableau 5.9: Les apports thermiques par ensoleillement.

e) Fenêtre est

✓ **Composition**

Composition	Kvn Hiver	Kvn Eté	Rv	Rrid	Rocc
Bois /Vitrage simple / -	5,00W/ $m^2 \cdot ^\circ C$	4,97W/ $m^2 \cdot ^\circ C$	0,03($m^2 \cdot ^\circ C$)/W	0,03 ($m^2 \cdot ^\circ C$)/W	0,00($m^2 \cdot ^\circ C$)/W

Tableau 5.10: La composition de fenêtre est.

✓ **Coefficient K :**

Résistance totale	Coéf. K Hiver	Résistances sup. Hiver	Résistances sup. Eté	Coéf. K Eté
0,06 ($m^2 \cdot ^\circ C$)/W	3,92W/ $m^2 \cdot ^\circ C$	0,17 ($m^2 \cdot ^\circ C$)/W	0,14 ($m^2 \cdot ^\circ C$)/W	3,90W/ $m^2 \cdot ^\circ C$

Tableau 5.11: Le Coefficient K de fenêtre est.

✓ **Apports thermiques par ensoleillement**

Orientation	Surface vitrée	Surface ensoleillée	Facteur solaire	AVE	AVEréf
E	0,57m ²	0,00 m ²	0,10	0,97W	1,33 W

Tableau 5.12: Les apports thermiques par ensoleillement.

5.2.2 Calculs des déperditions calorifiques et des apports calorifiques de la maison ancienne (RDC) :

Les surfaces, les déperditions et les apports de tous les éléments de construction (mur, planchers, fenêtres, etc.) sont exprimées dans les tableaux ci-dessous :

a. Pour les murs

Nom	Surface	DT	DTréf	APO	APOréf
Mur nord	40,22 m ²	75,78 W/°C	48,27 W/°C	107,36 W	233,70 W
Mur ouest	21,23 m ²	40,00 W/°C	25,48 W/°C	289,85 W	210,18 W
Mur est	20,41 m ²	38,45 W/°C	24,49 W/°C	507,34 W	143,69 W

Tableau 5.13 : Les surfaces, déperditions et les apports des murs.

b. Pour les fenêtres

Nom	Surface	DT	DTréf	AVT	AVE	AV	AVréf
Fenêtre nord	96,00m ²	451,75W/°C	364,80W/°C	4946,10W/°C	2,63W	4948,63W	4439,28W
Fenêtre est	0,82 m ²	3,85W/°C	3,11W/°C	42,20W/°C	0,97W	43,17W	39,17W

Tableau 5.14: Les surfaces, déperditions et les apports des fenêtres.

c. Pour la porte

Nom	Surface	DT	DTréf	APO	APOréf
Porte nord Principale	2,00 m ²	8,40 W/°C	6,00 W/°C	62,88 W	11,62 W

Tableau 5.15: La surface, déperditions et les apports de la porte.

d. Pour plancher

Nom	Surface	DT	DTréf	APO	APOréf
Plancher bas	95,42m ²	72,73 W/°C	190,84W/°C	0,00 W	0,00 W

Tableau 5.16: La surface, déperditions et les apports de plancher.

Les caractéristiques physiques des matériaux de constructions utilisés, les caractéristiques thermiques et les résistances de toutes les couches des différents éléments (planchers, parois, portes et fenêtres) sont exprimées dans les tableaux suivants :

✓ **Profil de température de mur nord**

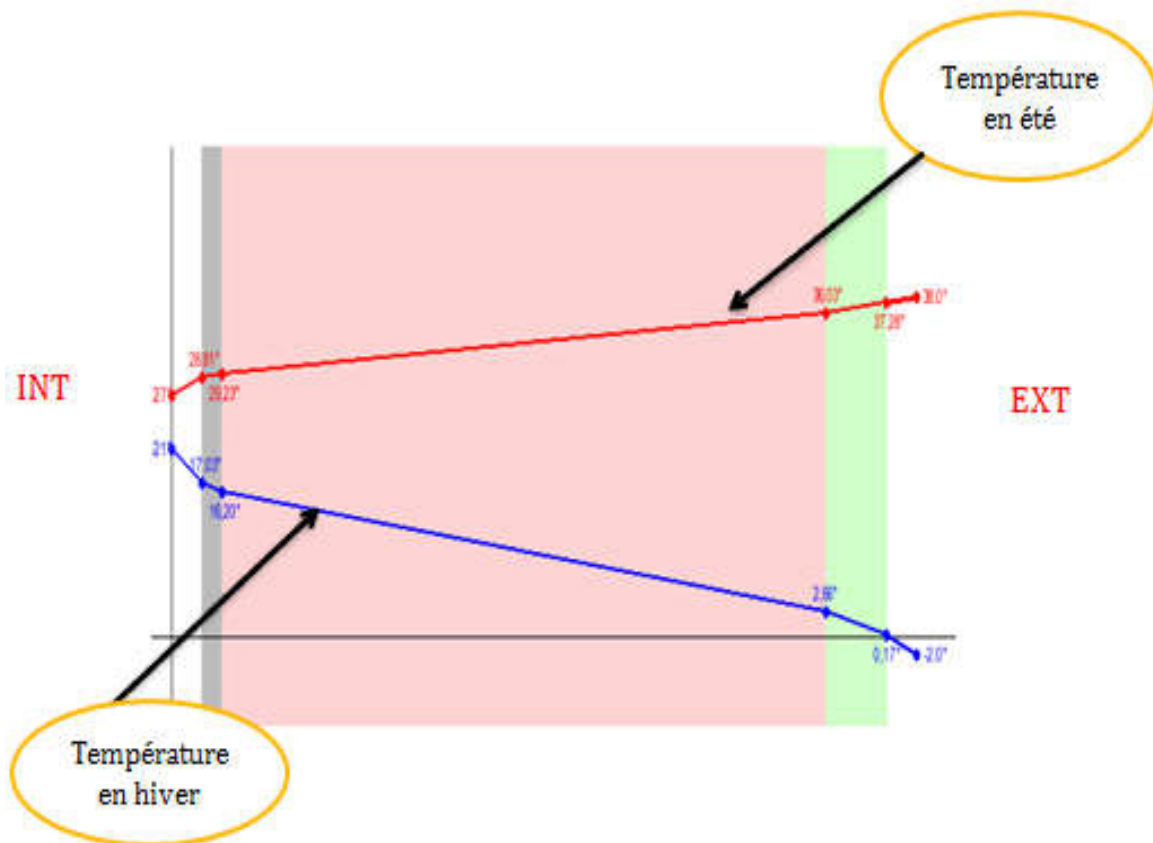


Figure 5.1: profil de température

✓ Profil de température de l'intérieure vers l'extérieure

Couche	Température Hiver	Température Eté
Température intérieure	21,00 °C	27,00 °C
Température de surface intérieure	17,03 °C	28,81 °C
1-Mortier de chaude	16,20 °C	29,23 °C
2-Basaltes	2,66 °C	36,03 °C
3- Mortier de chaude	0,17 °C	37,28°C
Température de surface intérieure	2,43 °C	36,51 °C
Température intérieure	-2,00 °C	38,00 °C

Tableau 5.17: Profil de température de l'intérieure vers l'extérieure.

5.2.3 Calcul des déperditions thermiques totales et de références de RDC

La somme des déperditions par transmissions et les déperditions de référence de l'enveloppe RDC sont donnés dans le tableau suivant :

✓ Synthèse des échanges thermiques en hiver

DT	Dréf
690,98 W/°C	662,99 W/°C

Tableau 5.18 : Les données des échanges thermiques en hiver.

✓ **Renouvellement et infiltration d'air en hiver**

QS	QV	DR	QVinf
2539,40 m ³ /h	4680,83 m ³ /h	2454,88 W/°C	1435,40m ³ /h- Orientation N

Tableau 5.19: Renouvellement et infiltration d'air en hiver.

✓ **Vérifications réglementaires**

$\sum DT$	$\sum Dréf$	Vérification C-3.2	
690,98 W/°C	662,99 W/°C	1,04 < 1,05	Conforme

Tableau 5.20: Vérification réglementaires hiver.

D'après le **DTR C 3-2** la condition $DT \leq 1.05Dréf$ est vérifiée donc ce volume thermique est conforme.

✓ **Puissance de chauffage**

Le chauffage à installer pour cette enveloppe est un chauffage individuel à une puissance de **57.9 KW**.

Cin : Coefficient de Surpuissance	Cr : Coefficient des pertes calorifiques dues au réseau de tuyauteries éventuel	Puissance de chauffage
0,10	0,00	57.9 KW

Tableau 5.21: La Puissance de chauffage.

5.2.4 Calcul des apports calorifiques totaux et de références de RDC

Les résultats de calcul des apports calorifiques des fenêtres AV et des parois APO et les apports de référence sont donné dans le tableau ci-après :

✓ **Synthèse des échanges thermiques en été**

$\Sigma APO_{\text{Aériennes}}$	$\Sigma APO_{\text{réf}}$	ΣAV	$\Sigma AV_{\text{réf}}$
967,43 W	599,19 W	4991,80 W	4478,45 W

Tableau 5.22: Les données des échanges thermiques en été.

✓ **Renouvellement et infiltration d'air en été**

QVan	ARENs	AINFs	ARENI	AINFI	Renouvellement d'air total
4680,83 m ³ /h	16476,53 W	5052,65W	5073,65 W	1555,86 W	28158,65 W

Tableau 5.23: Renouvellement et infiltration d'air en été

✓ **Vérification réglementaire**

$\Sigma APO + \Sigma AV$	$\Sigma APO_{\text{réf}} + \Sigma AV_{\text{réf}}$	Vérification DTRC-3.4	
5959.23 W	5077.64 W	1,17 >1.05	Non conforme

Tableau 5.24: Vérification réglementaire en été.

D'après le **DTR C 3-4** la condition **$APO (15 h) + AV (15 h) \leq 1,05 \times A_{\text{réf}}(15 h)$** est vérifiée donc la maison ancienne est **Non conforme** en été.

✓ **Puissance de climatisation**

Nombre d'occupants	Puissance d'éclairage	Autre puissance Dégagées	Puissance de Climatisation
4,00	2385,51	5,00	34,9 KW

Tableau 5.25: La Puissance de climatisation.

5.2.5 Calcul de la résistance thermique et le coefficient K de 1^{er} étage

- Les murs

✓ **Les compositions de l'extérieure vers l'intérieure**

Toute les murs (nord, est et ouest) de 1^{er} étage ont les mêmes compositions de l'extérieure vers l'intérieur

Matériaux	Conductivité	Epaisseur	Résistance
Béton plein	1,75 W/m.°C	0,08 m	0,05 m ² .°C/W
Acier	52,00 W/m.°C	0,01 m	0,00 m ² .°C/W
Blocs creux en béton de granulats lourds 15cm	0,00 W/m.°C	0,15 m	0,12 m ² .°C/W
Plâtre courant d'enduit intérieur	0,35 W/m.°C	0,03 m	0,09 m ² .°C/W
Total		0,27 m	0,25m².°C/W

Tableau 5.26: Les compositions de l'extérieure vers l'intérieure

✓ Les coefficients

Résistances sup. Hiver	Coéf. K Hiver	Résistances sup. Eté	Coéf. K Eté
$0,22 \text{ m}^2 \cdot \text{°C}/\text{W}$	$2,12 \text{ m}^2 \cdot \text{°C}/\text{W}$	$0,12 \text{ m}^2 \cdot \text{°C}/\text{W}$	$2,69 \text{ m}^2 \cdot \text{°C}/\text{W}$

Tableau 5.27: Les coefficients du mur.

5.2.6 Calculs des déperditions calorifiques et des apports calorifiques de la maison ancien (1^{er} étage) :

Les surfaces, les déperditions et les apports de tous les éléments de construction (mur, planchers, fenêtres, etc.) sont exprimées dans les tableaux ci-dessous :

✓ Les murs

Nom	Surface	DT	DTréf	APO	APOréf
Mur 2 nord	$7,33 \text{ m}^2$	$26,87 \text{ W}/\text{°C}$	$8,79 \text{ W}/\text{°C}$	$155,32 \text{ W}$	$42,58 \text{ W}$
Mur 3 nord	$13,91 \text{ m}^2$	$51,00 \text{ W}/\text{°C}$	$16,69 \text{ W}/\text{°C}$	$294,75 \text{ W}$	$80,81 \text{ W}$
Mur 4 nord	$10,60 \text{ m}^2$	$38,87 \text{ W}/\text{°C}$	$12,72 \text{ W}/\text{°C}$	$224,64 \text{ W}$	$61,59 \text{ W}$
Mur est 2	$17,97 \text{ m}^2$	$65,89 \text{ W}/\text{°C}$	$21,56 \text{ W}/\text{°C}$	$606,51 \text{ W}$	$126,51 \text{ W}$
Mur nord est	$2,96 \text{ m}^2$	$10,85 \text{ W}/\text{°C}$	$3,55 \text{ W}/\text{°C}$	$78,78 \text{ W}$	$19,57 \text{ W}$
Mur 2 ouest	$17,97 \text{ m}^2$	$65,89 \text{ W}/\text{°C}$	$21,56 \text{ W}/\text{°C}$	$880,54 \text{ W}$	$177,90 \text{ W}$
Mur nord-ouest	$2,97 \text{ m}^2$	$10,23 \text{ W}/\text{°C}$	$3,35 \text{ W}/\text{°C}$	$73,11 \text{ W}$	$19,04 \text{ W}$

Tableau 5.28: Les surfaces, déperditions et les apportes des murs.

✓ **Les fenêtres**

Nom	Surface	DT	DTréf	AVT	AVE	AV	AVréf
Fenêtre est 2	1,26 m ²	5,93 W/°C	4,79 W/°C	64,92 W	0,79W	65,71 W	60,26 W
Fenêtre nord est	1,43 m ²	7,63 W/°C	5,43 W/°C	83,45 W	2,86W	86,31 W	67,78W
Fenêtre nord Ouest	1,43 m ²	6,73 W/°C	5,43 W/°C	73,67 W	24,90 W	98,57 W	82,68 W
Fenêtre	7,15 m ²	38,14w/°C	27,18W/°C	417,34 W	249,94W	667,28 W	366,04W

Tableau 5.29: Les surfaces, déperditions et les apportes des fenêtres.

✓ **Pour plancher**

Nom	Surface	DT	DTréf	APO	APOréf
Plancher haut	94,04 m ²	239,34W/°C	188,09W/°C	1260,59 W	1230,66 W

Tableau 5.30: La surface, déperditions et les apportes de plancher.

Les caractéristiques physiques des matériaux de constructions utilisés, les caractéristiques thermiques et les résistances de toutes les couches des différents éléments sont exprimées dans les tableaux suivants :

▪ **Profil de température du plancher**

De l'intérieur vers l'extérieur

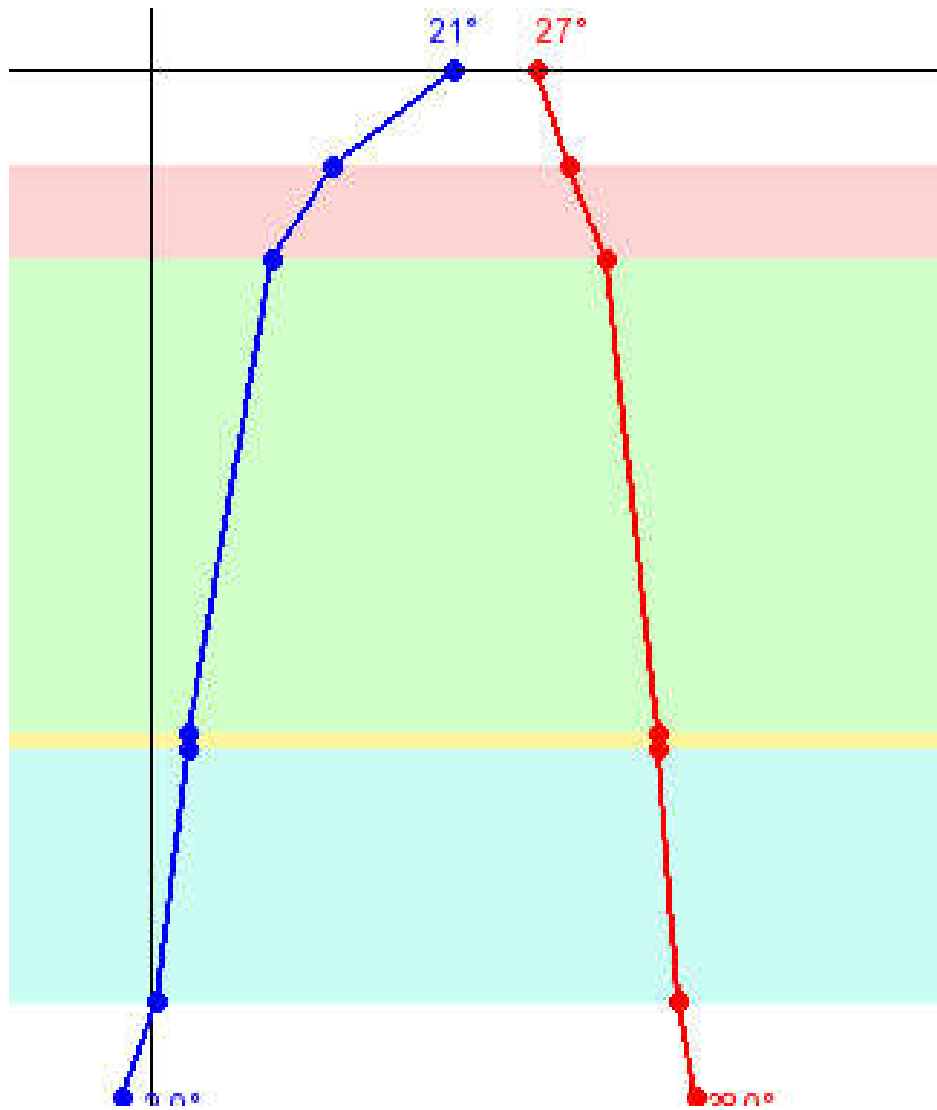


Figure 5.2: profil de température.

Profil de température de l'intérieure vers l'extérieure

Couche	Température Hiver	Température Eté
Température intérieure	21,00 °C	27,00 °C
Température de surface intérieure	12,71 °C	29,37 °C
Plâtre courant d'enduit intérieur	8,53 °C	31,91 °C
Blocs creux en béton de granulats lourds 15cm	2,67 °C	35,46°C
Acier	2,67 °C	35,46°C
Béton plein	0,44 °C	36,82°C
Température de surface extérieure	0,44 °C	36,82°C
Température extérieure	-2,00 °C	38,00 °C

Tableau 5.31: Profil de température de l'intérieure vers l'extérieure.

5.2.7 Calcul des déperditions thermiques totales et de références de 1^{er} étage.

La somme des déperditions par transmissions et les déperditions de référence de l'enveloppe 1^{er} étage sont donnés dans le tableau suivant

✓ **Synthèse des échanges thermiques en hiver**

DT	Dréf
567,36 W/°C	319,15 W/°C

Tableau 5.32: Synthèse des échanges thermiques en hiver

✓ **Renouvellement et infiltration d'air en hiver**

QS	QV	DR	QVinf
319,22 m ³ /h	141,99 m ³ /h	156,81 W/°C	128,59m ³ /h- Orientation N

Tableau 5.33: Renouvellement et infiltration d'air en hiver.

✓ **Vérifications réglementaires**

Σ DT	Σ Dréf	Vérification C-3.2	
567,36 W/°C	319,15 W/°C	1,78 < 1,05	Non Conforme

Tableau 5.34:Vérifications réglementaires en hiver.

D'après le **DTR C 3-2** la condition $DT \leq 1.05Dréf$ n'est pas vérifiée donc ce volume thermique est non conforme.

✓ **Puissance de chauffage**

Le chauffage à installer pour cette enveloppe est un chauffage individuel à une puissance de **14.1 KW**

Cin : Coefficient de Surpuissance	Cr : Coefficient des pertes calorifiques dues au réseau de tuyauteries éventuel	Puissance de chauffage
0,10	0,00	14.1 KW

Tableau 5.35: La Puissance de chauffage.

5.2.8 Calcul des apports calorifiques totaux et de références de 1^{er} étage.

Les résultats de calcul des apports calorifiques des fenêtres **AV** et des parois **APO** et les apports de référence pour le **1^{er} étage** sont donné dans le tableau ci-après :

✓ **Synthèse des échanges thermiques en été**

Σ APO Aériennes	Σ APOréf	Σ AV	Σ AVréf
3574.24 W	1758.65 W	917.88 W	5.76W

Tableau 5.36: Synthèse des échanges thermiques en été.

✓ **Renouvellement et infiltration d'air en été**

QVan	ARENs	AINFs	ARENI	AINFI	Renouvellement d'air total
141,99m ³ /h	499,79 W	452,62 W	153,90 W	139,38 W	1245,69 W

Tableau 5.37: Renouvellement et infiltration d'air en été.

✓ **Vérification réglementaire**

Σ APO + Σ AV	Σ APOréf + Σ AVréf	Vérification C-3.4	
4492.12 W	2335.41 W	1.92 >1,05	Non Conforme

Tableau 5.38: Vérification réglementaire en été.

D'après le **DTR C 3-4** la condition **APO (15 h) + AV (15 h) ≤ 1,05 × Aréf(15 h)** n'est pas vérifiée donc le 1^{er} étage de la maison ancienne **Non conforme** en été.

✓ **Puissance de climatisation**

Nombre d'accouplants	Puissance d'éclairage	Autre puissances dégagées	Puissance de climatisation
4,00	2468,00	2,00	6,6 KW

Tableau 5.39: La Puissance de climatisation.

✓ **La somme de déperditions de la maison ancienne (R+1)**

	DT (W/°C)	Dréf (W/°C)
RDC	690,98	662,99
1 ^{er} étage	567,36	319,15
La maison	1258,34	982,14

Tableau 5.40: La somme de déperditions de la maison ancienne (R+1).

✓ **Bilan thermique et puissance du chauffage de la maison ancienne**

	Puissance de chauffage (KW)	Besoin annuel de chauffage (KWh/an)
RDC	57,9	66762,09
1^{er} étage	14,1	192475,27
La maison	72	259237.37

Tableau 5.41:Bilan thermique de la maison ancien.

II. La maison moderne :

5.3 Calcul de la résistance thermique et le coefficient K de maison moderne

- Les murs

- ✓ Les compositions de l'extérieure vers l'intérieure

Toute les murs (nord, est et ouest) ont les mêmes compositions de l'extérieure vers l'intérieur

Matériaux	Conductivité	Epaisseur	Résistance
Mortier de ciment	1,40. °C/W	0,02 m	0,01 m ² .°C/W
Brique creuse	0,48m. °C/W	0,15 m	0,31 m ² .°C/W
Lame d'air pour mur de (5 à7 mm)	0,00m. °C/W	0,05 m	0,11 m ² .°C/W
Brique creuse	0,48 m. °C/W	0,10 m	0,21 m ² .°C/W
Mortier de chaud	0,87m. °C/W	0,02 m	0,02 m ² .°C/W
Total		0,34 m	0,67m².°C/W

Tableau 5.42: Les compositions de l'extérieure vers l'intérieure des murs.

✓ Les coefficients

Résistances sup. Hiver	Coéf. K Hiver	Résistances sup. Eté	Coéf. K Eté
$0,17 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$	$1,19 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$	$0,14 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$	$1,24 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$

Tableau 5.43: Les coefficients du mur.

✓ Plancher haut

Les compositions de l'extérieure vers l'intérieure

Matériaux	Conductivité	Epaisseur	Résistance
Carreaux de mosaïque de marbre dit « granito »	$2,10 \text{ m} \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$	0,02 m	$0,01 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$
Sable sec	$0,60 \text{ m} \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$	0,02 m	$0,03 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$
Béton plein	$1,75 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$	0,05 m	$0,03 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$
Cartons feutres et chapes ouples imprégnées	$0,23 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$	0,00 m	$0,02 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$
Polystyrène expansé	$0,23 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$	0,05 m	$1,32 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$
Béton plein	$0,04 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$	0,04 m	$0,02 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$
Entre vous-dalle de compression en béton courant	$1,45 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$	0,16 m	$0,11 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$
Plâtre courant d'enduit	$0,35 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$	0,02 m	$0,06 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$

intérieur			
Total		0,36 m	1,59 m².°C/W

Tableau 5.44: Les compositions de l'extérieure vers l'intérieure du plancher haut.

✓ **Les coefficients**

Résistances sup. Hiver	Coéf. K Hiver	Résistances sup. Eté	Coéf. K Eté
0,22 m².°C/W	0,55 m².°C/W	0,12 m².°C/W	0,58 m².°C/W

Tableau 5.45: Les coefficients du plancher haut.

▪ **Fenêtre nord**

Fenêtre1

Tous les fenêtres de la façade nord ont les mêmes compositions, coefficients K et les apports thermiques par ensoleillement.

Composition

Composition	Kvn Hiver	Kvn Eté	Rv	Rrid	Rocc
Métal /Vitrage Double / 5 à 7	4,00 W/m².°C	3,97W/m².°C	0,03 (m².°C)/W	0,03 (m².°C)/W	0,00(m².°C)/W

Tableau 5.46: Les compositions de la fenêtre.

Coefficient K :

Résistance totale	Coéf. K Hiver	Résistances sup.	Résistances sup.	Coéf. K Eté
-------------------	---------------	------------------	------------------	-------------

		Hiver	Eté	
$0,06(m^2 \cdot ^\circ C)/W$	$3,28W/m^2 \cdot ^\circ C$	$0,17(m^2 \cdot ^\circ C)/W$	$0,14(m^2 \cdot ^\circ C)/W$	$3,26W/m^2 \cdot ^\circ C$

Tableau 5.47: Coefficient K.

Apports thermiques par ensoleillement

Orientation	Surface vitrée	Surface ensoleillée	Facteur solaire	AVE	AVEréf
N	$1,26m^2$	$0,00 m^2$	1,00	66,64W	9,50 W

Tableau 5.48: Les données des apports thermiques par ensoleillement.

5.3.1 Calculs des déperditions calorifiques et des apports calorifiques de la maison moderne :

Les surfaces, les déperditions et les apports de tous les éléments de construction (mur, planchers, fenêtres, etc.) sont exprimées dans les tableaux ci-dessous :

- Pour les murs

Nom	Surface	DT	DTréf	APO	APOréf
Mur façade nord	$54,80 m^2$	$78,46 W/^\circ C$	$65,76 W/^\circ C$	349,91 W	319,59 W

Tableau 5.49: Les surfaces, déperditions et les apportes des murs.

- Pour les fenêtres

Nom	Surface m^2	DT W/°C	DTréf W/°C	AVT W/°C	AVE W	AV W	AVréf W
Fenêtre 1	1,80	7,80	8,10	8,10	66,64	137,02	85,10

Fenêtre 2	1,80	7,80	8,10	8,10	66,64	137,02	85,10
Fenêtre 3	1,80	7,80	8,10	8,10	66,64	137,02	85,10
Fenêtre 4	1,80	7,80	8,10	8,10	66,64	137,02	85,10

Tableau 5.50: Les surfaces, déperditions et les apports des fenêtres.

▪ **Pour la porte**

Nom	Surface	DT	DTréf	APO	APOréf
Porte nord	2,00 m²	13,92 W/°C	7,00 W/°C	91,40 W	11,66 W

Tableau 5.51: La surface, déperditions et les apports de la porte.

▪ **Pour plancher**

Nom	Surface	DT	DTréf	APO	APOréf
Plancher bas	118,83 m²	00,00 W/°C	285,19W/°C	2542,65 W	1283,36 W
Plancher haut	118,83 m²	78,57 W/°C	285,19W/°C	266,08 W	1776,39 W

Tableau 5.52 : La surface, déperditions et les apports des planchers.

Les caractéristiques physiques des matériaux de constructions utilisés, les caractéristiques thermiques et les résistances de toutes les couches des différents éléments (planchers, parois, portes et fenêtres) sont exprimées dans les tableaux suivants :

▪ **Profil de température de mur nord**

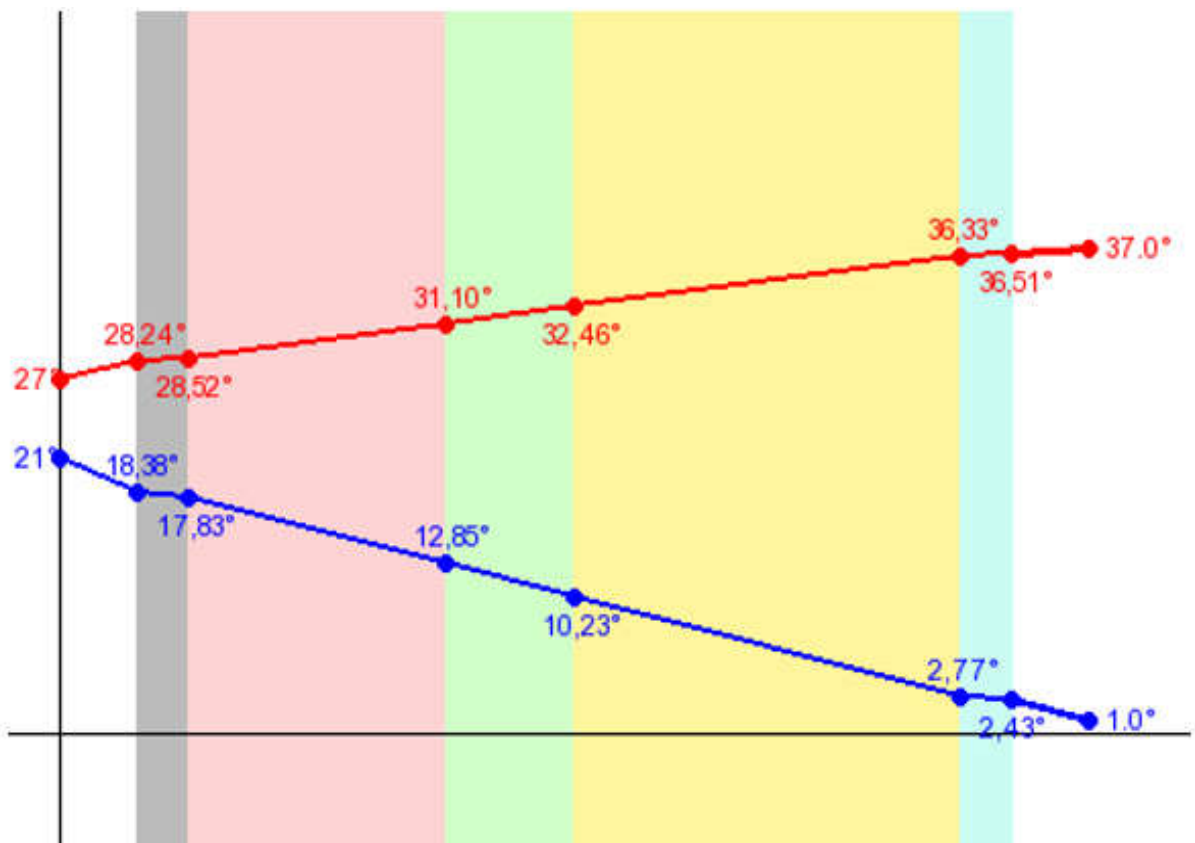


Figure 5.3: profil de température

Profil de température de l'intérieure vers l'extérieure

Couche	Température Hiver	Température Été
Température intérieure	21,00 °C	27,00 °C
Température de surface intérieure	18,38 °C	28,24 °C
1-Mortier de chaudière	17,83 °C	28,52 °C
2-Brique creuse	12,85 °C	31,10 °C
3-Lame d'air pour mur de 5 à 7 mm	10,23 °C	32,46 °C
4- Brique creuse	2,77 °C	36,33 °C
5- Mortier de ciment	2,43 °C	36,51 °C
Température de surface intérieure	2,43 °C	36,51 °C

Température intérieure	1,00 °C	37,00 °C
-------------------------------	---------	----------

Tableau 5.53: Profil de température de l'intérieure vers l'extérieure.

Profil de température (De l'intérieur vers l'extérieur)

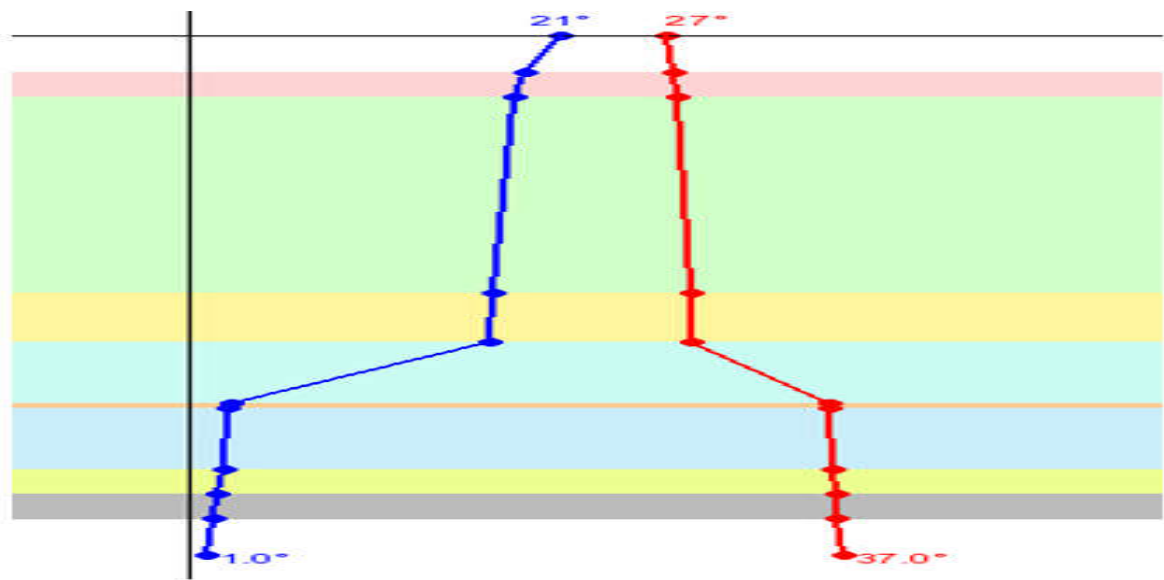


Figure 5.4 : profil de température.

Profil de température de l'intérieure vers l'extérieure

Couche	Température Hiver °C	Température Été °C
Température intérieure	21,00	27,00
Température de surface intérieure	19,13	27,47
1-Plâtre courant d'enduit intérieure	18,50	27,80
2- Entre vous-dalle de compression en béton courant	17,28	28,44

3-Béton plein	17,03	28,58
4- Polystyrène expansé	2,53	36,25
5-Cartons feutres et chapes ouples imprégnées	2,34	36,35
6-Béton plein	2,02	36,52
7-Sable sec	1,66	36,71
8 - Carreaux de mosaïque de marbre dit « granito »	1,55	36,77
Température de surface extérieure	1,55	36,77
Température extérieure	1,00	37,00

Tableau 5.54: Les données Profil de température de l'intérieure vers l'extérieure

5.3.2 Calcul des déperditions thermiques totales

La somme des déperditions par transmissions et les déperditions de référence de l'enveloppe sont données dans le tableau suivant

✓ **Synthèse des échanges thermiques en hiver**

DT	Dréf
199,28 W/°C	675,54 W/°C

Tableau 5.55 : Synthèse des échanges thermiques en hiver

✓ **Renouvellement et infiltration d'air en hiver**

QS	QV	DR	QVinf
26,40 m ³ /h	365,05 m ³ /h	133,09 W/°C	147,80m ³ /h- Orientation N

Tableau 5.56: Renouvellement et infiltration d'air en hiver.

✓ **Vérifications réglementaires**

∑ DT	∑ Dréf	Vérification C-3.2	
199,28 W/°C	675,54 W/°C	0,29 < 1,05	Conforme

Tableau 5.57: Vérification réglementaire en hiver.

D'après le **DTR C 3-2** la condition $D_T \leq 1,05 \times D_{réf}$ est vérifiée donc la maison moderne est conforme en hiver.

✓ **Puissance de chauffage**

Le chauffage à installer pour cette enveloppe est un chauffage individuel à une puissance de **6.6KW**

Cin : Coefficient de Surpuissance	Cr : Coefficient des pertes calorifiques dues au réseau de tuyauteries éventuel	Puissance de chauffage
0,00	0,00	6,6 KW

Tableau 5.58: La Puissance de chauffage.

5.3.3 Calcul des apports calorifiques totaux

Les résultats de calcul des apports calorifiques des fenêtres **AV** et des parois **APO** et les apports de référence sont donné dans le tableau ci-après :

✓ **Synthèse des échanges thermiques en été**

APO non Aériennes	APO Aériennes	APOréf	AV	AVréf	Vérification C-3.2	
0,00 W	3250,04 W	3391,01 W	548,09 W	340,38 W	1,02	Conforme

Tableau 5.59: Les données techniques de l'enveloppe de la maison

✓ **Renouvellement et infiltration d'air en été**

QVan	ARENs	AINFs	ARENI	AINFI	Renouvellement d'air total
365,05 m ³ /h	1168,15 W	472,96 W	0,00 W	0,00 W	1641,11 W

Tableau 5.60: Renouvellement et infiltration d'air en été.

✓ **Vérification réglementaire**

$\Sigma APO + \Sigma AV$	$\Sigma APO_{réf} + \Sigma AV_{réf}$	Vérification DTRC-3.4	
3798,13 W	3731,39 W	1,01 < 1.05	Conforme

Tableau 5.61: Vérification réglementaire en été.

D'après le **DTR C 3-4** la condition **APO (15 h) + AV (15 h) ≤ 1,05 × Aréf(15 h)** est vérifiée donc la maison moderne est conforme en été.

✓ Puissance de climatisation

Nombre d'occupants	Puissance d'éclairage	Autre puissance Dégagées	Puissance de Climatisation
5,00	3750	10	5,4 KW

Tableau 5.62: La Puissance de climatisation.

5.4 CONCLUSION

Le calcul d'un bilan thermique permet de connaître avec précision la quantité d'énergie qu'il faudra pour chauffer et refroidir un local, la justesse de ce calcul est primordiale non seulement pour le coût de l'installation, mais aussi pour son exploitation. Les éléments entrant en compte 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 selon l'altitude, le rayonnement solaire, la localisation géographique.

D'autres éléments doivent être pris en compte comme le renouvellement d'air naturel ou mécanique, les

Résultat du logiciel

divers ponts thermiques ainsi que les apports qui pondéreront le calcul par exemple l'éclairage, l'occupation humaine, les appareils ménagers. Etc.

Chapitre 6

Discussion et présentation des solutions

6.1 Introduction

L'isolation d'une maison est la clé de voute d'un habitat sain et économe en énergie, en rénovation comme en construction. Elle permet notamment de réduire de façon sensible les besoins en chauffage. L'isolation thermique est une technique de limiter les transferts de chaleur par conduction, convection et rayonnement entre l'extérieur et l'intérieur d'un logement. Il retarde le flux de chaleur à l'intérieur ou à l'extérieur d'un bâtiment en raison de sa haute résistance thermique. Elle permet de mieux protéger la forme du bâtiment contre les variations brutales de température et minimiser les déperditions calorifiques

Le problème est que les vieilles maisons sont souvent très mal isolées et consomme beaucoup d'énergie de chauffage, dans ce chapitre en va traiter notre ancienne maison et présenté des solutions pour minimiser les déperditions et les besoins de chauffage pour assurer le confort thermique à l'intérieure de notre maison.

6.2 Les résultats de logiciel pour les deux cas étudiés :

6.2.1 Profil de température de mur nord de la maison moderne

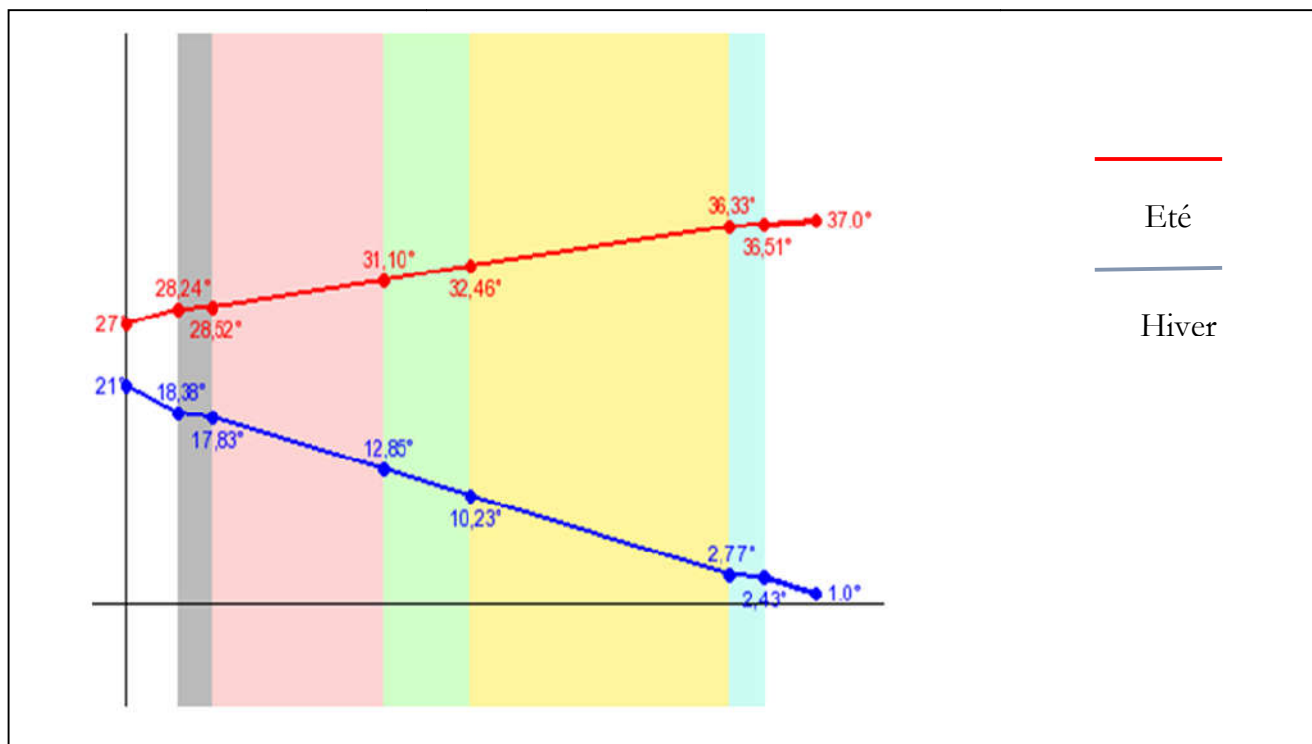


Figure 6.1: profil de température de l'extérieur vers l'intérieure de mur nord de la maison moderne

La figure représente deux profils de température d'un mur nord (profil hiver et profil été) composée de différentes couches à une épaisseur définie. À droite, une couche d'enduit extérieure de **0.02 cm**, suivie de deux murs en brique creuse (le 1^{er} est d'épaisseur de **15 cm** et le deuxième de **10 cm**) séparés par une lame d'air de **5 cm**, et enfin une couche d'enduit intérieure de **0.02 cm**. La ligne rouge représente la variation de la température en été et celle en bleu représente la variation de température en hiver.

▪ **Discussion :**

✓ **Le profil rouge (été)**

A partir de ce profil, on remarque une diminution de 10° de l'extérieure vers l'intérieur. La température de l'extérieur est de 37° en voit une diminution de cette température à 36.5° à la superficie de la 1^{ier} couche et continu à baisser jusqu'à 36.33° quand à travers l'épaisseur de cette couche et de 36.33° vers 32.46° lors qu'elle traverse l'épaisseur de la couche qui suit cette dernière arrive à 31.10° quand passe de l'âme d'air, de la même tendance de 31.10° à 28.52° et à 28.24° successivement quand passe l'avant dernier et la dernier couche, et en arrive à une température intérieure de 27° . L'abaissement de température se fait à cause de la conductivité de chaque couche et son épaisseur.

✓ **Le profil bleu (hiver)**

Pour le profil d'hiver, on remarque une augmentations de 21° de l'extérieure vers l'intérieur. La température de l'extérieur est de 1° en voit une augmentations de cette température à 2.43° à la superficie de la 1^{ier} couche et continu à croissant jusqu'à 2.77° quand à travers l'épaisseur de cette couche et de 2.77° vers 10.23° lors qu'elle traverse l'épaisseur de la couche qui suit cette dernière arrive à 12.85° quand passe de l'âme d'air, de la même tendance de 12.85° à 17.83° et à 18.83° successivement quand passe l'avant dernier et la dernier couche, et en arrive à une température intérieure de 21° .

On constate que notre maison moderne durant l'hiver est conforme à la réglementation algérienne avec un écart de 0° ($T_{\text{base}} = 1^{\circ} \text{C} = T_{\text{calculé}} = 1^{\circ} \text{C}$).

On constate que notre maison moderne durant l'été est conforme à la réglementation algérienne avec un écart de 0° ($T_{\text{base}} = 37^{\circ} \text{C} = T_{\text{calculé}} = 37^{\circ} \text{C}$).

6.2.2 Profil de température de mur nord de la maison ancien

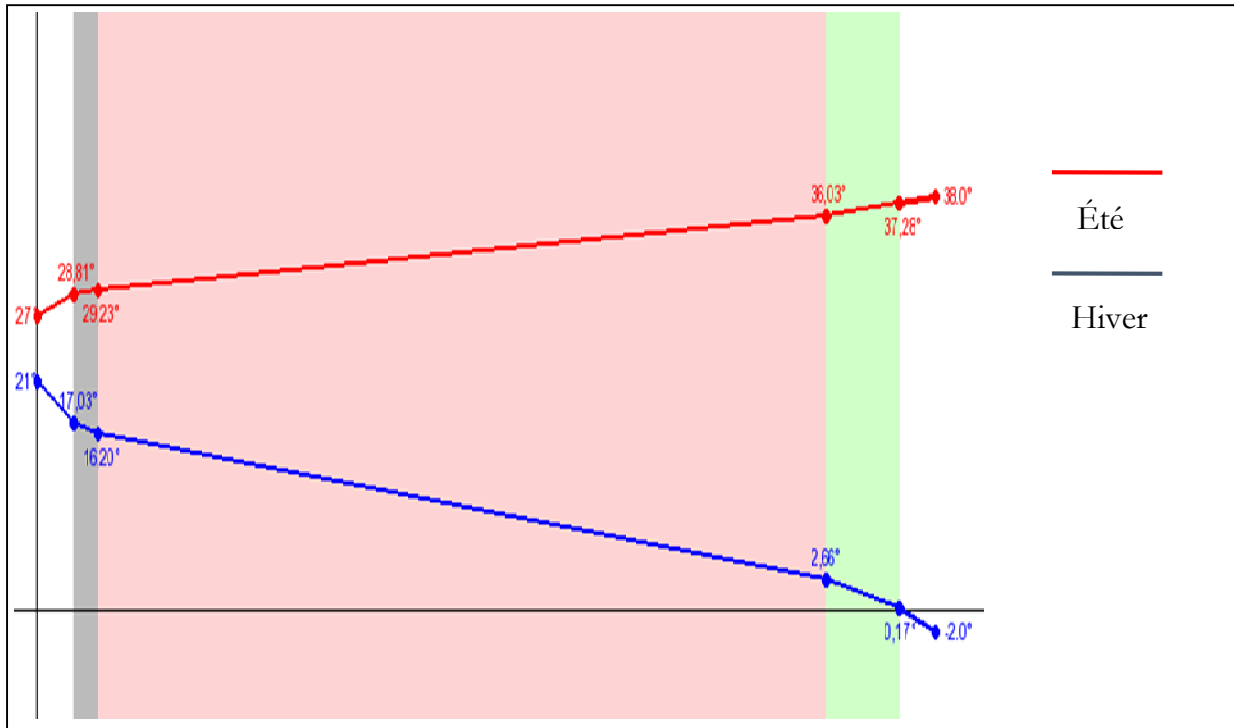


Figure 6.2: profil de température de l'extérieur vers l'intérieure de mur nord de la maison ancien

La figure représente deux profils de température d'un mur nord (profil hiver et profil été) composée de différente couches à une épaisseur définie en site de droite à gauche une couche de 0.06 m d'enduit extérieure et en suite un mur en pierres naturelle de 0.6 m, en fin une couche d'enduit intérieure de 0.02 m. La ligne rouge représente la variation de la température en été et celle en bleu représente la variation de température en hiver.

▪ **Discussion :**

✓ **Le profil rouge (été)**

A partir de ce profil, on remarque une diminution de 11° de l'extérieure vers l'interieur. la température de l'extérieur est de 38° en voit une diminution de cette température à $37,28^{\circ}$ à la superficie de la 1^{ier} couche et continu à baisser jusqu'à $36,03^{\circ}$ quand à travers l'épaisseur de cette couche et de $36,03^{\circ}$ vers $29,23^{\circ}$ lors qu'elle traverse l'épaisseur de la couche qui suit cette dernière

arrive à **28,81°** quand passe l'enduit et en arrive à une température intérieur de **27°** L'abaissement de température se fait à cause de la conductivité de chaque couche et son épaisseur.

✓ **Le profil bleu (hiver)**

Pour le profil d'hiver, on remarque une augmentation de **23°** de l'extérieure vers l'intérieur. la température de l'extérieur est de **-2°** en voit une augmentation de cette température à **0,17°** à la superficie de la **1^{ier}** couche et continu à croissant jusqu'à **2,66°** quand à travers l'épaisseur de cette couche et de **16, 20°.vers17,93°** lors qu'elle traverse l'épaisseur de la couche qui suit, et en arrive à une température intérieure de **21°**.

On constate que notre maison ancienne durant l'hiver est conforme à la réglementation algérienne avec un écart de **8°(T_{base} = 6 C° > T_{calculé} = -2 C°)**.

On constate que notre maison ancienne durant l'été n'est pas conforme à la réglementation algérienne avec un écart de **4°(T_{base} = 34 C° < T_{calculé} = 38 C°)**.

6.2.3 Les résultats de logiciel pour la maison ancienne :

Bilan thermique en hiver

	D_{réf} (W/°C)	∑ D_T (W/°C)	Vérification C-3.2	Puissance chauffage (KW)	Besoin annuel de chauffage (KWh/an)	Conformité Réglementaire
RDC	662,99	690.98	1,04 < 1,05	57.9	172475.27	Conforme
1^{ier} étage	319,15	567.36	1,78 > 1,05	14.1	36762.09	Non conforme

Bilan thermique en été

	$\Sigma APO + \Sigma AV$ (W)	$\Sigma APO_{réf} + \Sigma AV_{réf}$ (W)	Vérification DTR C-3.4	Puissance climatisation (KW)	Conformité Réglementaire
RDC	5959.23	5077.64	1,17 > 1.05	34.9	Non Conforme
1^{ier} étage	4492.12	2335.41	1.92 > 1,05	6.6	Non conforme

Tableau 6.1: résultats de logiciel pour la maison ancien

6.2.4 Les résultats de logiciel pour la maison moderne :

Bilan thermique en hiver

	$D_{réf}$ (W/°C)	ΣD_T (W/°C)	Vérification 3.2 C-	Puissance chauffage (KW)	Besoin annuel de chauffage ECH (KWh/an)	Conformité Réglementaire
Maison Moderne	675,54	199,28	0,29 < 1,05	6,6	9562,43	Conforme

Bilan thermique en été

	$\Sigma APO + \Sigma AV$ (W)	$\Sigma APO_{réf} + \Sigma AV_{réf}$ (W)	Vérification DTR C-3.4	Puissance climatisation (KW)	Conformité Réglementaire
Maison Moderne	3798,13	3731,39	1,01 < 1.05	5.4	Conforme

Tableau 6.2: résultats de logiciel pour la maison moderne

✓ **Les besoins en énergie de chauffage ECh :**

$$ECH = (DT + DR) \times DJ_{Hiver} \times 24 \times 1 / 1000 \quad (\text{kWh})$$

DT : (en W/°C) sont les déperditions par transmission

DR : (en W/°C) sont les déperditions par renouvellement d'air

DJ_{hiver} : est le degré jour Hiver (°C/Jour)

$$ECh = 0,024 \times DJ_{hiver} \times (DT + DR) \quad (\text{kWh})$$

On définit les grandeurs suivantes qui vont servir pour déterminer le DJ

-**T_n :** température maximale du jour J relevée entre J-1 (la veille) à 18h et J à 18h

-**T_x :** température maximale du jour J mesurée entre J à 06h et J+1 (le lendemain) à 06h

-**T_{seuil} :** seuil de température de référence choisi

-**T_{Moy} = (T_n+T_x) /2** Température moyenne de la journée

Pour un calcul de besoin en chauffage :

Si $T_{seuil} \leq T_{Moy}$ alors $DJ_{hiver} = 0$

Si $T_{seuil} \geq T_{Moy}$ alors $DJ_{hiver} = T_{seuil} - T_{Moy}$

Le seuil de température ‘ T_{seuil} ’ à partir duquel on comptabilise les degrés jours hiver dépend de l’état de l’isolation du bâtiment.

On a corrélé ce seuil aux pertes de transmission en hiver ‘DT’ comme le montre le tableau suivant

Condition	$T_{\text{seuil}} \text{ hiver } [^{\circ}\text{C}]$
$DT/D_{\text{réf}} \geq 0.7$	18
$0.3 \leq DT/D_{\text{réf}} < 0.7$	15
$DT/D_{\text{réf}} < 0.3$	12

Tableau 6.3: condition et Le seuil de température $T_{\text{seuil}} \text{ hiver}$

▪ **Discussion**

Le tableau ci-dessus rassemble tous les résultats obtenus par l’application de calcul réglementaire CTBAT pour les deux cas étudiés.

Après avoir calculées les déperditions totales de chaque volume thermique, on peut déterminer le dimensionnement de chauffage et de climatisation suivant les besoins annuels de chauffage.

Le choix du type du matériau de construction c’est un révélateur fondamental dans la détermination du besoin énergétique total à cause de la différence dans la conductivité thermique entre les matériaux en effet, les résultats obtenus ont montré que lors de l’utilisation de la double murette avec brique creuse séparé entre eux par l’âme d’air comme matériau de construction, les déperditions sont moins que les déperditions d’une maison construite par des pierres naturel ou parpaing, Le parpaing à une performance énergétique lamentable contrairement à la double murette en brique creuse.

A travers les résultats, la maison ancienne a des déperditions très élevée par rapport à la maison modern c’est pour ça la puissance de chauffage et de climatisation de son important que celle de maison modern donc La consommation d’énergie pour le chauffage de logement ancien est supérieure que de logement actuel.

6.3 Les sources de déperdition de chaleur

Les pertes de chaleur d'une habitation peuvent provenir de partout mais certains endroits sont plus convenables. Voici les sources de déperditions le plus important :

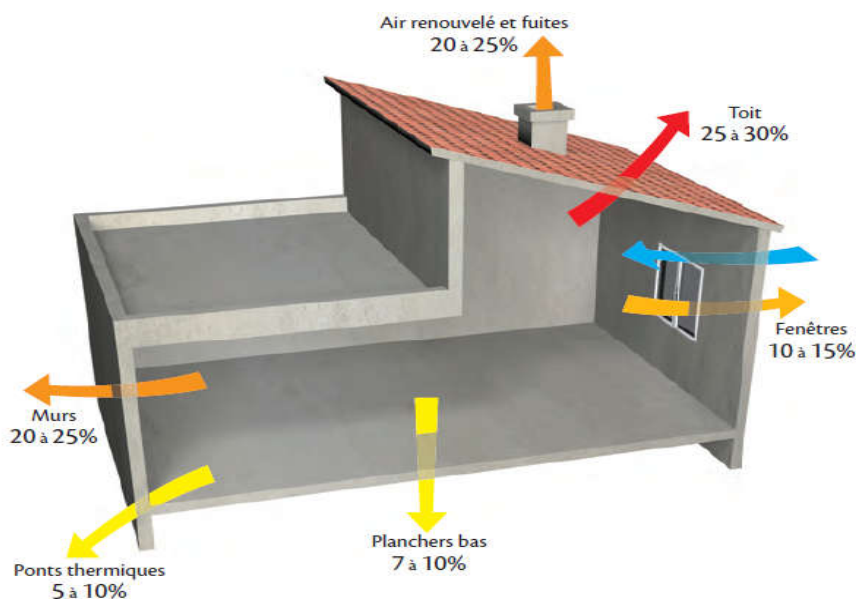


Figure 6.3: les déperditions thermiques d'une habitation

- ✓ **Le toit** : la chaleur monte, environ 30 % de chaleur s'y échappe notamment à cause des combles peu ou pas isolés. Donc le toit est l'importante source de déperditions d'une habitation.
- ✓ **Les murs** : 20% de la chaleur quitte l'habitation .la cause principale de ses déperditions est l'insuffisante de l'isolation par l'extérieure.
- ✓ **Les fenêtres et les portes** : et plus précisément les vitrages et les joints qui dégagent 15% de la chaleur.
- ✓ **Le renouvellement d'air et les fuites** : sont de 20% des déperditions de chaleur d'un logement. Ensuite, la ventilation, les seuils, les fissures, la cheminée, sont autant de passages permettant à l'air extérieure d'infiltrer chez nous et inversement.

- ✓ **Les plancher bas** : représentent 10% des déperditions totald'un logement. Mal isolé, le sol est conducteur de froid et générer de l'inconfort.
- ✓ **Les ponts thermiques** : ce sont des zones discontinues entre les parois et les matériaux de la structure rompant ainsi la barrière isolante. Ils représentent 5% d'infiltration d'aire.

6.4 Les solutions pour une isolation optimale

Les solutions sont diverses, le mieux est de se rapprocher d'un professionnel qui sera en mesure de diagnostiquer l'efficacité énergétique de logement et d'identifier les sources de déperdition à traiter. Voici quelques solutions pour diminuer les pertes de chaleur d'une habitation :

1-Isoler le toit

Avec son contact permanent entre l'intérieur et l'extérieur et son exposition au vent, il est la première cause de déperdition de chaleur d'une maison. Pour diminuer ces pertes, plusieurs solutions existent :

- si les combles sont accessibles, les fibres minérales et végétales seront efficaces.
- s'ils ne sont pas accessibles, il faut incorporer ces fibres par le toit ou à l'aide d'une trappe.
- autre solution : isoler le plancher des étages pour que la chaleur s'échappe moins par le haut.

2-Isoler les murs

Généralement isolés de l'intérieur, l'idéal est de réaliser une isolation thermique par l'extérieur (ITE) avec de l'enduit ou des planches de bois. Il est également possible de jouer sur l'épaisseur des murs lors de la construction.

3-Choisir des fenêtres et des portes isolantes

Pour empêcher les déperditions de chaleur au niveau des vitrages, il est important de choisir un double voire un triple vitrage. D'autre part, pour une meilleure isolation de votre logement, optez pour une porte d'entrée à haute performance thermique. Elle permettra de réduire la consommation d'énergies, de réaliser des économies.

4-Limiter les fuites d'air

L'aération de notre maison est essentielle pour qu'elle reste saine. Malgré cela, il faut faire attention aux petites pertes de chaleur possibles dans toute la maison. En fonction de leur nature, utilisez du calfeutrage, la pose de joints, de mortier et l'injection de mousse polyuréthane.

5-Isoler le sol

La meilleure solution pour une bonne isolation thermique de votre sol c'est la réalisation d'un vide sanitaire accessible ou non. Si ce n'est pas possible, il existe différentes solutions d'isolation. Attention : pour limiter les problèmes acoustiques, l'isolant doit être posé sous le revêtement (carrelage, béton ciré...).

6-Réduire les ponts thermiques

Idéalement, il faut isoler par l'extérieur. L'autre solution est de renforcer les planchers avec du béton cellulaire et des dalles flottantes. Sinon, intégrer d'un chauffage au sol.

6.5 Les deux méthodes d'isolation

6.5.1 L'isolation par l'intérieure

Cette méthode consiste à isoler un habitat de l'intérieur en apposant un isolant derrière une cloison maçonnée ou une ossature, elle est la plus utilisée par les constructeurs à cause de sa facilité de mise en œuvre. Son inconvénient est qu'il annule l'inertie thermique de la paroi isolée et n'évite pas les ponts thermiques sur la maçonnerie.

6.5.2 L'isolation par l'extérieur

Cette méthode consiste à installer l'isolant sur la surface extérieure du mur. Ce souvent la solution la plus couteuse mais aussi la plus performante. Elle constitue la meilleure isolation pour le confort d'été et d'hiver car elle permet de conserver l'inertie thermique forte des murs intérieurs et éviter les ponts thermiques.

Un bon isolant est évidemment un mauvais conducteur de la chaleur. En générale les matériaux les plus légers sont de meilleurs isolants plus le matériau est dense, plus les atomes sont proches les uns des autres, ce qui signifie que le transfert d'énergie d'un atome à un autre est plus facile.

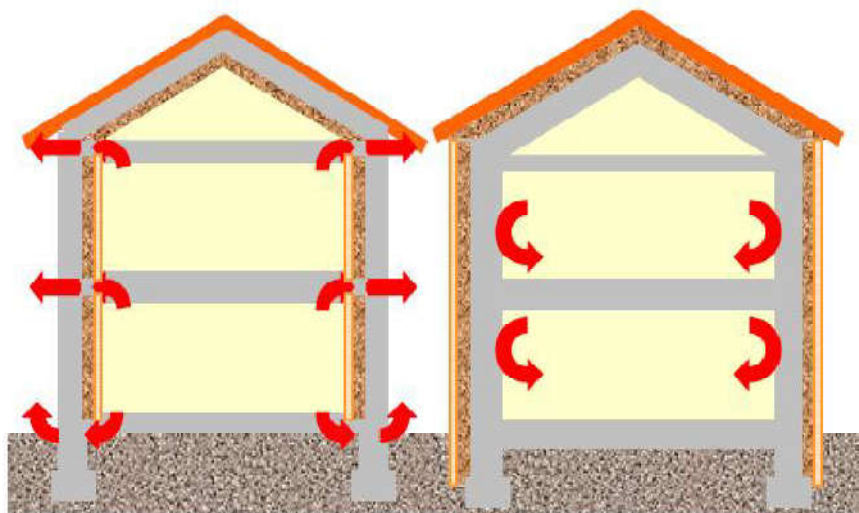


Figure 6.4: isolation intérieure et extérieure [12]

La figure ci dessus représente les deux types d'isolation : à gauche, isolation intérieure, de nombreux ponts thermiques sont inévitables à chaque étage. A droite, isolation extérieure, entourant complètement la structure.

6.6 Les différents types d'isolants thermiques en Algérie

Les actions de maîtrise de l'énergie proposées pour le secteur du bâtiment portent notamment sur l'introduction de l'isolation thermique des bâtiments qui permettront de réduire la consommation d'énergie liée au chauffage et la climatisation d'un logement d'environ 40% [APRUE, 2011]. Un matériau est généralement considéré comme étant un isolant thermique lorsque la valeur de sa conductivité thermique est inférieure à $0,065 \text{ W/m. } ^\circ\text{C}$. On distingue trois grandes familles d'isolant thermique [12] :

6.6.1 Isolants d'origine minérale

✓ Laine de roche

La laine de roche est un matériau isolant fabriqué à partir d'un matériau naturel issu de l'activité volcanique (le basalte). La conductivité thermique des laines de roche varie de **0.042W/(m.°C)** à **0.033W/ (m.°C)**. La laine de roche est un isolant non hydrophile. La laine de roche prend diverses formes : rouleaux, panneaux rigides, coquilles (calorifugeage) et flocons (épandage mécanique ou manuel). La laine de roche, incombustible, est particulièrement adaptée à des applications nécessitant une forte résistance mécanique. [12]

✓ Laine de verre

La laine de verre est un matériau isolant fabriqué à partir de produit naturel (sable). On l'utilise comme isolant thermique, isolant acoustique, absorbant acoustique et pour la protection contre l'incendie. La conductivité thermique des laines de verre varie de **0.030W/(m.°C)** à **0.040W/(m.°C)**. Pour son usage dans le bâtiment, la laine de verre est classée non hydrophile. la laine de verre prend la forme de rouleaux, panneaux et flocons. Sa structure poreuse et élastique permet d'affaiblir la transmission des bruits aériens, de chocs et d'assurer la correction acoustique à l'intérieur des locaux. La réaction au feu est performante puisque les laines minérales sont incombustibles par nature. [12]

6.6.2 Les isolants synthétiques

✓ Polyuréthane

Le polyuréthane (PUR) est obtenu par le mélange de trois composants, un polyol, un isocyanate et un agent d'expansion en présence de catalyseurs. Le polyuréthane se présente ainsi sous forme d'une structure alvéolaire renfermant un gaz encore plus isolant que l'air.

Aussi il est employé en panneaux pour des isolations sous chapes, sur terrasses ou pour l'isolation extérieure des murs, ainsi employé sous forme de mousse pour les doubles cloisons. Les isolants en polyuréthane ont une conductivité thermique qui varie de **0,021 W/m. °C** à **0,028 W/m. °C** suivant la technique de production et les types de parements utilisés.

✓ **Polystyrène expansé (EPS) et extrudé (XPS)**

Le polystyrène est un matériau qui présente de hautes performances en matière d'isolation et de nombreux avantages aussi bien pour les utilisateurs que pour les professionnels de la construction.

Le polystyrène expansé (EPS) à faible ou à moyenne densité pour l'isolation des parois verticales. Le polystyrène extrudé (XPS) est recommandé pour l'isolation des toitures inversées.

6.6.3 Isolants d'origine naturelle

✓ **Isolation végétale (Liège)**

Matériau naturel, l'utilisation de l'écorce du chêne liège dans l'habitat est ancienne : décoration des murs et sols, isolation et correction acoustique, isolation thermique. La récolte de l'écorce de liège ne peut être faite que tous les **9 ans**. Le liège décoratif étant utilisé en épaisseurs relativement faibles (tissu mural ou dalles de **2,5 à 15 mm**), il ne peut constituer un isolant thermique suffisant. Il faut alors se tourner vers le liège manufacturé aggloméré ou expansé pour pouvoir obtenir une isolation thermique suffisante. Proposé sous forme de granulés ou de panneaux, la conductivité thermique déclarée du liège varie de **0.038 à 0.043 W/m.°C**. Le liège expansé en panneaux est utilisé dans l'habitat pour l'isolation tant en murs qu'en toitures ; sa bonne résistance à la compression lui permet également d'être utilisé en application nécessitant de fortes résistances mécaniques (dalle, toiture-terrasse). Il est naturellement imputrescible et possède une bonne stabilité dans le temps.

✓ **Laine de bois**

Ils sont fabriqués à partir de longs copeaux de bois issus d'un processus de rabotage, liés par un liant minéral et moulés à leur épaisseur finale par procédé humide. Ils sont disponibles sous forme de panneaux ou plaques rectangulaires rigides. La résistance à la compression de ces plaques ou panneaux en fait des produits généralement utilisés dans des applications du bâtiment nécessitant une résistance mécanique. Leur coefficient de conductivité thermique varie de **0,041 à 0,050 W/m.°C** selon la masse volumique du produit choisi. Il faut veiller à ce qu'il n'y ait pas d'humidité au sein des laines de bois. Toute retenue d'humidité est susceptible d'engendrer une dégradation de la performance thermique.

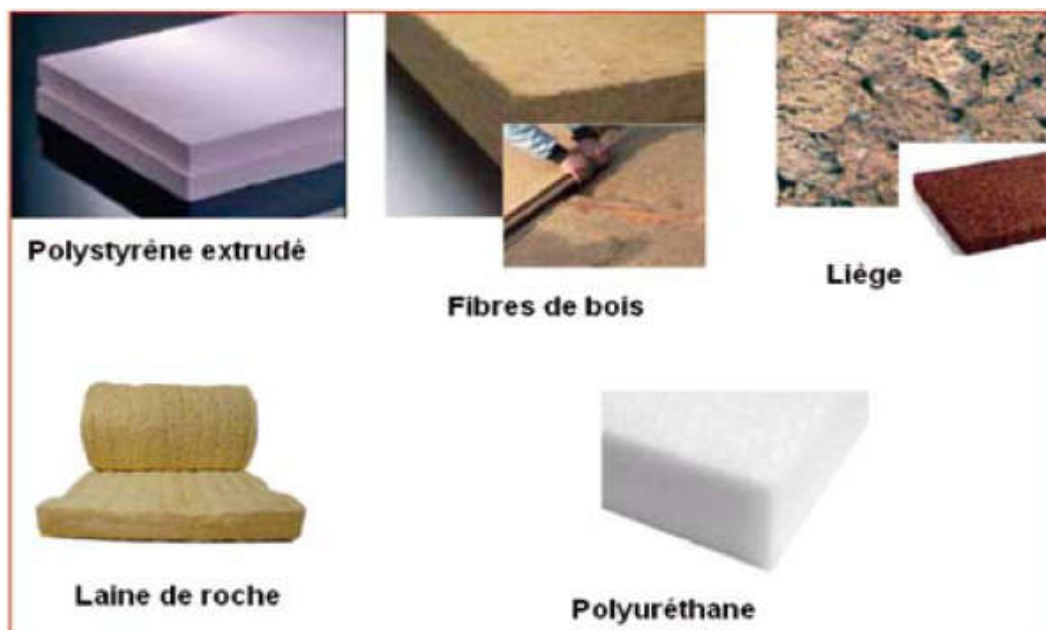


Figure 6.5: Exemples de matériaux d'isolation thermique [12]

6.7 Les solutions proposées pour la rénovation de notre maison ancienne

✓ Utilisation de lampes à basses consommations et à haut rendement

En utilisant des lampes à basses consommations et des tubes fluorescents haut rendement respectivement en remplacement des lampes à incandescence et des tubes fluorescents classiques, il est donc possible de réduire de **30%** la consommation électrique due à l'éclairage.

✓ Fenêtre double vitrage

Au niveau des ouvertures, il faut changer les fenêtres à simple vitrage avec cadre en bois par le double vitrage en PVC, le survitrage est une solution simple et économique qui vous permet une réduction de 45 à 50% des déperditions de chaleur occasionnées par du simple vitrage.

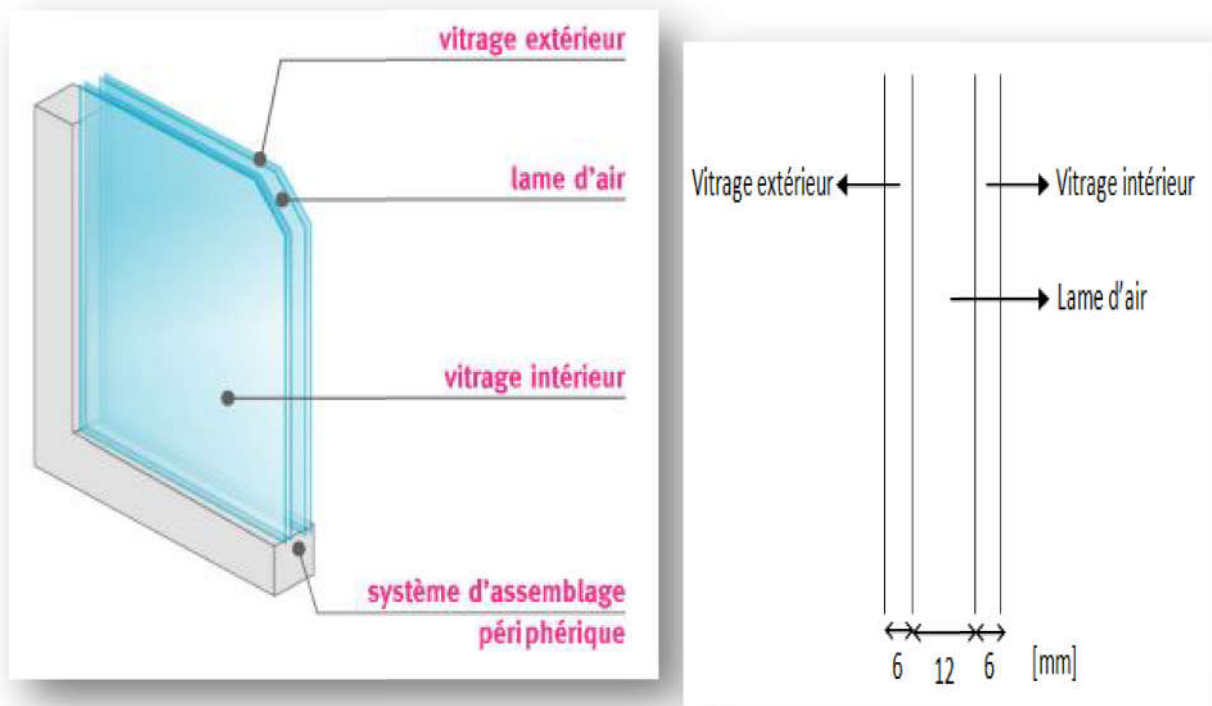


Figure 6.6: fenêtres à Double vitrage

✓ **Amélioration de la construction énergivore par laine de verre par l'intérieure**

Nous avons utilisé la laine de verre pour isoler notre maison à l'intérieure. Cette méthode permet de placer l'isolant d'une épaisseur de 18 cm qui nous donne l'efficacité énergétique et aussi d'un revêtement en panneau en plâtre courant.

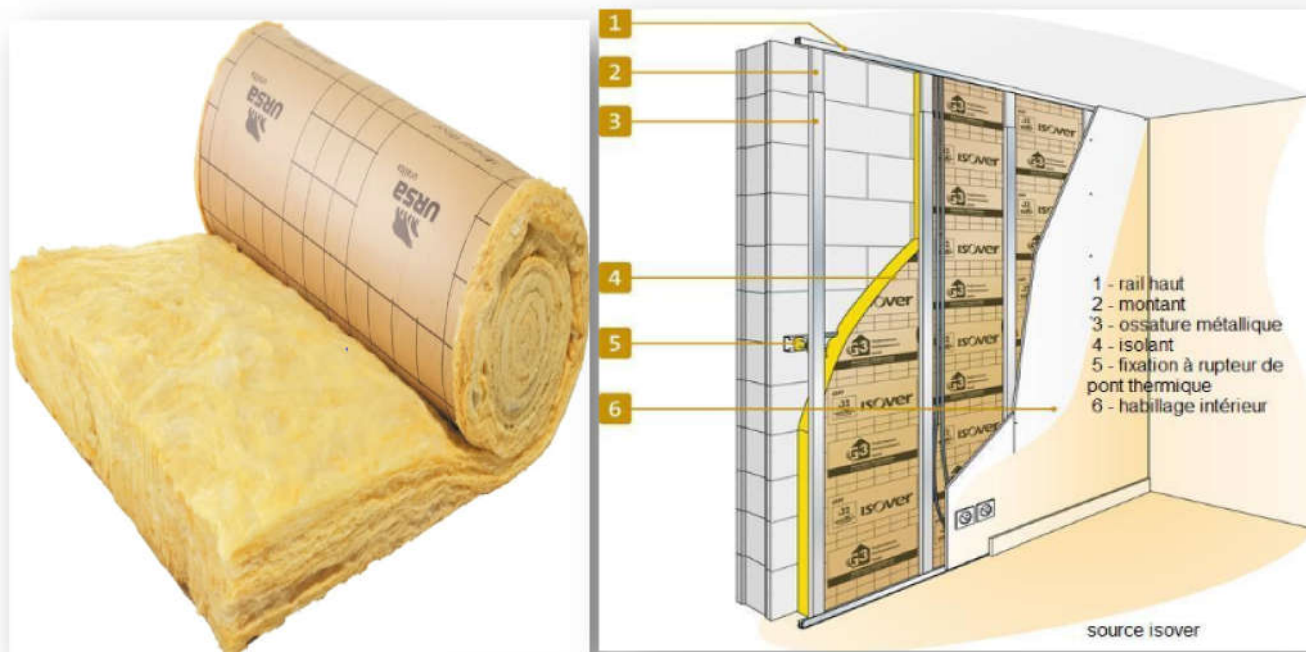


Figure 6.7: Amélioration de la construction avec laine de verre par l'intérieure.

✓ **Amélioration de la construction énergivore par le polystyrène expansé**

Notre travail consiste à améliorer les performances thermiques du bâtiment et réduire la consommation d'énergie pour le chauffage par une isolation par l'extérieur. L'épaisseur de cette isolation est de **16 cm** (guide des matériaux isolants), le polystyrène expansé nous donne l'efficacité énergétique et aussi d'un revêtement d'enduit par panneau courant de **2 cm** sur l'extérieur qui a des caractéristiques qui permettent la respiration des murs afin d'éviter le phénomène de la condensation dans le mur. Les avantages de ce système sont multiples, qui sont :

- La rapidité et l'économie qui consistent à réduire le temps et les coûts des constructions
- L'élimination de tous les ponts thermiques des éléments constructifs
- La finition parfaite obtenue par la planéité du polystyrène et l'alignement des baguettes d'angle fabriqués en usine

- L'augmentation considérable du confort intérieur pour les occupants

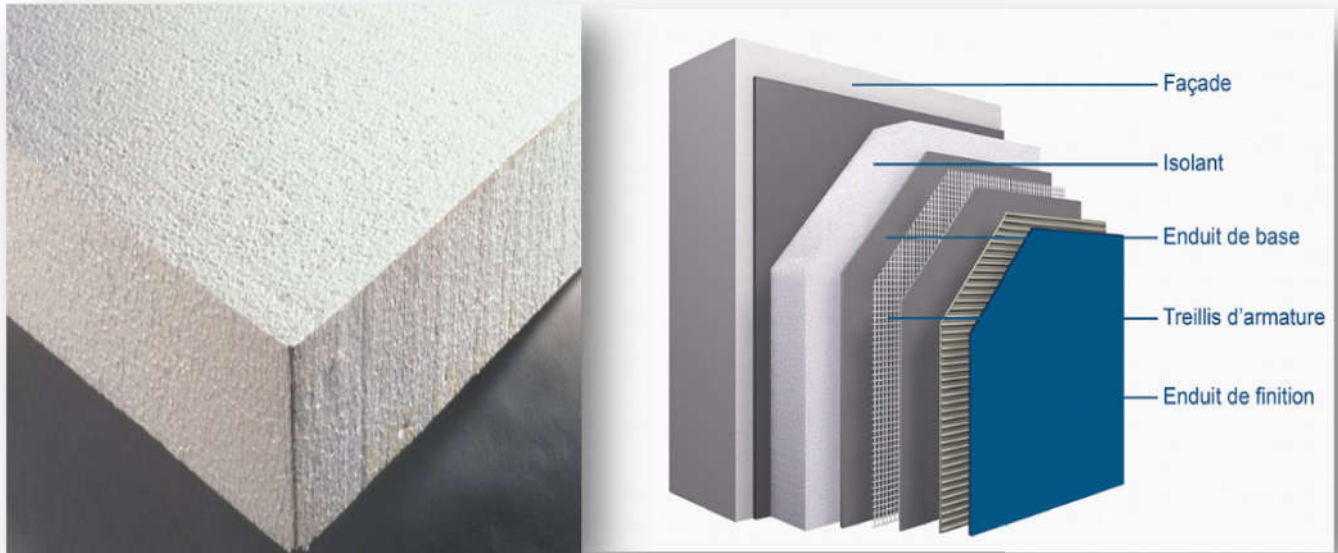


Figure 6.8: Amélioration de la construction avec polystyrène expansé par l'extérieur.

6.8 Les résultats :

Dans cette partie on va faire une étude thermique de la maison ancienne en ajoutant des isolants :

- Isolation intérieure avec laine de verre
- Isolation intérieure avec laine de verre +fenêtres double vitrage + LED
- Isolation intérieure avec laine de verre +LED
- Isolation extérieure avec polystyrène expansé

A la fin, on va faire une étude comparative entre maison ancien sans isolation, avec isolation intérieure, avec isolation extérieure

6.8.1 Isolation intérieure avec laine de verre

	$\sum DT(W/^{\circ}C)$	$\sum D_{réf}(W/^{\circ}C)$	$\sum APO + \sum AV(W)$	$\sum APO_{réf} + \sum AV_{réf}(W)$
RDC	568.09	662.99	5 255,24 W	5078.55
1^{ier} étage	323.62	319.15	2 350,36	2344.88
Totale	891.71	982.14	7605.6	7423.43

Tableau 6.4: les déperditions et les apports de maison ancienne après isolations

✓ **Bilan thermique :**

	Puissance de chauffage (KW)	Puissance de climatisation (KW)	Besoin annuel de chauffage (KWh/an)
RDC	57.2	35.6	137503.68
1^{ier} étage	9.2	4.4	21275.20
Maison	66.4	40	158778.88

Tableau 6.5: bilan thermique de maison ancien après l'isolation

L'isolation par l'intérieure permettent de diminuer les déperditions de **365.65 (W/°C)** et réduisent la puissance de chauffage de **5.6 KW**.

✓ Synthèse des enveloppes :

Nom de l'enveloppe	Conformité hiverC-3.2	Conformité étéC-3.4
RDC	Conforme	Conforme
1 ^{ier} étage	Conforme	Conforme

Tableau 6.6: synthèses des enveloppes

**6.8.2 Isolation intérieure avec laine de verre +fenêtres double vitrage
+LED**

	$\sum DT(W/^\circ C)$	$\sum D_{réf}(W/^\circ C)$	$\sum APO + \sum AV(W)$	$\sum APO_{réf} + \sum AV_{réf}(W)$
RDC	493.40	662.99	4435.98	5078.55
1^{ier} étage	314.92	319.15	2322.20	2344.88
Totale	808.32	982.14	6758.18	7423.43

Tableau 6.7: les déperditions et les apports de maison ancienne après isolations

✓ **Bilan thermique :**

	Puissance de chauffage(KW)	Puissance de climatisation(KW)	Besoin annuel de chauffage (KWh/an)
RDC	55.8	34.12	137503.68
1^{ier} étage	9.1	4.42	21275.20
Totale	64.9	38.54	158778.88

Tableau 6.8: bilan thermique de maison ancien après l'isolation

L'isolation par l'intérieure et les fenêtres double vitrage permettent de diminuer les déperditions de **449.04 (W/°C)** et réduisent la puissance de chauffage de **7.1 KW** donc les fenêtres double vitrage permette de diminuer les déperditions de **83.39 (W/°C)** et une réduction de **1.5 KW** pour la puissance de chauffage

✓ **Synthèse des enveloppes :**

Nom de l'enveloppe	Conformité hiverC-3.2	Conformité étéC-3.4
RDC	Conforme	Conforme
1^{ier} étage	Conforme	Conforme

Tableau 6.9: synthèses des enveloppes

6.8.3 Isolation intérieure + LED

Même résultats que celle de l'isolation intérieure. Donc La modification des lampes classique par des lampes à basse consommations n'a aucun impact sur les déperditions et le besoin annuel de chauffage mais ils réduisent la consommation en électricité.

6.8.4 Isolations par extérieure (ITE) avec polystyrène expansé

	$\sum DT(W/^{\circ}C)$	$\sum D_{réf}(W/^{\circ}C)$	$\sum APO + \sum AV(W)$	$\sum APO_{réf} + \sum AV_{réf}(W)$
RDC	553,18	662.99	5158.75	5077.64
1^{er} étage	308,00	319.15	2226.69	2335.37
Totale	861.18	982.14	7385.44	7413.01

Tableau 6.10: les déperditions et les apports de maison ancienne après isolations par ITE

✓ Bilan thermique

	Puissance de chauffage(KW)	Puissance de climatisation(KW)	Besoin annuel de chauffage (KWh/an)
RDC	31,6	12,6	66 064,52
1^{er} étage	10,0	3,6	20 963,14
Totale	41.6	16.2	87027.66

Tableau 6.11: bilan thermique de maison ancien après l'isolation par ITE

L'isolation par l'extérieure **396.18** et les fenêtres double vitrage permettent de diminuer les déperditions de **449.04 (W/°C)** et réduisent la puissance de chauffage de **30.4 KW**.

✓ **Synthèse des enveloppes :**

Nom de l'enveloppe	Conformité hiverC-3.2	Conformité étéC-3.4
RDC	Conforme	Conforme
1 ^{ier} étage	Conforme	Conforme

Tableau 6.12: synthèses des enveloppes

6.9 Comparaison des résultats des types d'isolations

	Maison ancienne sans isolation		Avec isolation intérieure		Avec isolation extérieure	
	RDC	1 ^{er} étage	RDC	1 ^{er} étage	RDC	1 ^{er} étage
$\sum D_{\text{réf}}$ (W/°C)	662,99	319,15	662.99	319.15	662.99	319.15
$\sum DT$ (W/°C)	690,98	567,36	568.09	323.62	553,18	308,00
Puissance de chauffage (KW)	57,9	14.1	57.29	9.2	31,6	10
Puissance de climatisation (KW)	34.9	6.6	35.6	4.4	12.6	3.6
Besoin annuel de chauffage (KWh/an)	66 762,09	192 475,27	137503.68	21275.2	66 064,52	20 963,14
Conformité été C-3.4	Conforme	Non conforme	Conforme		Conforme	
Conformité été C-3.4	Non conforme		Conforme		Conforme	

Tableau 6.13: comparaison des résultats avant et après rénovation

Pour tous les types des matériaux de construction le besoin énergétique finale pour le chauffage est beaucoup plus important par rapport le besoin énergétique finale pour la climatisation.

L'isolation thermique est la propriété que possède un matériau de construction pour diminuer le transfert de chaleur entre deux ambiances. Elle permet à la fois de réduire les consommations d'énergie de chauffage ou de climatisation (limite les déperditions en hiver et les apports en été), et d'accroître le confort (maintien les températures et l'hygrométrie aux niveaux de confort d'été comme d'hiver et règle le problème de parois froides en hiver et chaude en été).

La façon la plus efficace pour isoler à partir de ces résultats est l'isolation extérieur du bâtiment est parce qu'elle permet de profiter de l'inertie thermique des murs pour réguler la température dans la pièce, quand elle est chauffée. L'inconvénient est qu'elle nécessite un temps plus important pour réchauffer une pièce froide.

D'autre part, elle maintient la fraîcheur en été et évite les ponts thermiques. Par contre on remarque que l'isolation par l'intérieure a un gain énergétique faible que l'isolation par l'extérieur et elle ne résout pas les ponts thermiques.

6.10 Comparaison entre maison isolé et non isolé :

6.10.1 Construction non isolée

En hiver, les déperditions sont maximales au niveau des parois opaques et vitrées et des liaisons de la structure. La ventilation naturelle n'est pas contrôlée et augmente les déperditions. En été, les apports calorifiques sont maximaux, le soleil surchauffe l'ambiance intérieure.

6.10.2 Construction bien isolée

En hiver comme en été, les transferts de chaleur sont réduits sur toutes les parois. La ventilation mécanique contrôlée, optimise le renouvellement d'air pour le moins de déperditions possibles. Selon l'orientation, la taille des baies, le mode de vie des occupants, et les apports gratuits d'énergie peuvent représenter jusqu'à 20 % des besoins. Ils diminuent d'autant les besoins d'énergie.

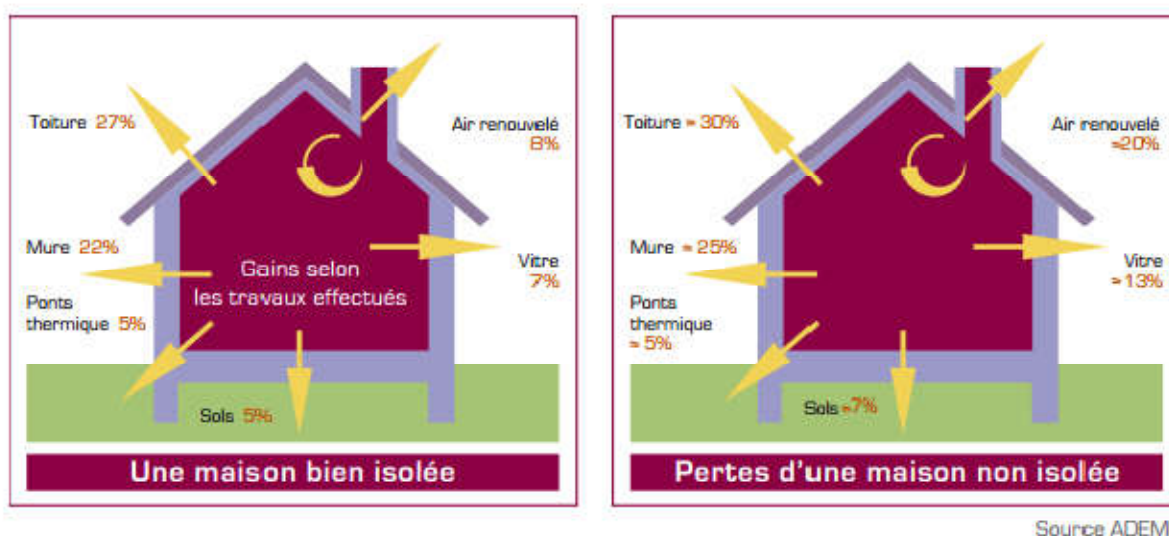


Figure 6.9: Comparaison entre une construction bien isolée et non isolée (ADEME)

6.11 Conclusion

Ce travail concrétise une étude comparative relative à la quantité des déperditions échappées et la puissance de chauffage et leur besoin annuelle entre une maison ancienne avant l'isolation et après l'isolation. Nous pouvons conclure que la simulation par le logiciel CTBAT, et un calcul réglementaire, nous a montré que :

- En fonction de la géométrie en fonction des matériaux en utilisant la réglementation algérienne la maison moderne est conforme mais l'ancienne maison le RDC conforme en hiver et non conforme en été, le 1^{er} étage n'est pas conforme ni en été ni en hiver.

- Les fenêtres en double vitrage permettent de réduire les déperditions et la puissance de chauffage
- Le choix d'isolant est important, Un bon isolant est évidemment un mauvais conducteur de la chaleur.
- L'isolation extérieure de l'enveloppe du bâtiment est la meilleure solution que l'isolation intérieure, L'isolation extérieure augmentera la résistance thermique des éléments constructifs, afin de diminuer les déperditions calorifiques. Donc cette isolation peut être aussi intéressante dans des pays comme l'Algérie.

On déduit :

- Les besoins énergétiques en hiver viennent compenser les déperditions à travers l'enveloppe du bâtiment. Ces déperditions dépendent des matériaux constituant les parois opaques et vitrées ainsi que de leurs surfaces.
- Réaliser une isolation performante réduit les déperditions thermiques donc cela réduit également nos besoins en chauffage/climatisation donc nous chauffons/refroidissons moins pour notre habitation donc nous faisons des économies
- Isoler nos habitations permet donc d'assurer à la fois le confort et réduit le coût de la facture Sonal gaz. Il est devenu donc plus que nécessaire d'introduire la propriété d'isolation de la couverture des bâtiments comme exigence dans la construction.

Conclusion

En Algérie, un grand nombre de logements ne semblent pas répondre aux exigences du confort thermique et d'économie d'énergie. Cela s'explique par l'absence d'une réglementation spécifique d'une part, par le manque de savoir-faire et une méconnaissance du sujet par les maîtres d'ouvrage. L'amélioration des techniques au niveau des matériaux de construction et d'isolation permet aujourd'hui de réaliser des bâtiments qui rassemblent à la fois les qualités esthétiques et thermiques, tout en offrant un cadre de vie plus confortable en étant consommateur de très peu d'énergie.

Le calcul d'un bilan thermique permet de connaître avec précision la quantité d'énergie qu'il faudra pour chauffer et refroidir un local, la justesse de ce calcul est primordiale non seulement pour le coût de l'installation, mais aussi pour son exploitation. La modeste recherche que nous avons effectuée se fait à l'aide d'un logiciel CT BAT qui vérifie la conformité des constructions avec le DTR C3.2 pour le calcul des déperditions thermiques et le DTR C3.4 pour le calcul des apports calorifique. Les éléments entrant en compte 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 selon l'altitude, le rayonnement solaire, la localisation géographique. D'autres éléments doivent être pris en compte comme le renouvellement d'air naturel ou mécanique, les divers ponts thermiques ainsi que les apports qui pondéreront le calcul par exemple l'éclairage, l'occupation humaine, les appareils ménagers...Etc.

Les déperditions thermiques ou pertes de chaleur qui se produit dans une habitation sont donc plus souvent dus à cause d'une mauvaise isolation thermique. Son impact sur la consommation énergétique sera beaucoup plus important que celui de la performance des équipements de chauffage. Ainsi, trouver les causes et les traiter est primordial.

Les résultats obtenus ont montré que l'isolation thermique de l'enveloppe et le type de vitrage sont parmi les solutions les plus efficaces qui permettent une réduction notable des besoins énergétiques. Ils constitueront en effet une barrière aux échanges thermiques. L'isolant est disposé à l'extérieur de la paroi et les avantages majeurs sont la réduction des ponts thermiques et les surfaces intérieures restent inchangées. Ainsi une bonne isolation thermique nous permet d'avoir un gain d'énergie pour l'état et pour le citoyen (électrique et gaz). L'isolation thermique permet à la fois de

réduire nos consommations d'énergie de chauffage et/ou de climatisation, diminuer les déperditions et d'accroître notre confort.

Annexes A

- Expressions générales des déperditions

- Déperditions totales d'un logement

$$D = \sum D_i \quad [W/°C]$$

Où

- $D_i [W/°C]$: représente les déperditions totales du volume « i ».

- Déperditions totales d'un volume

$$D_i = (D_T)_i + (D_R)_i [W/°C]$$

- $(D_T)_i$ en $[W/°C]$ représente les déperditions par transmission du volume i.

- $(D_R)_i$ en $[W/°C]$ représente les déperditions par renouvellement d'air du volume i.

- Déperditions par transmission d'un volume

$$(D_T)_i = (D_s)_i + (D_{li})_i + (D_{sol})_i + (D_{inc})_i [W/°C]$$

- $(D_s)_i [W/°C]$ représente les déperditions surfaciques à travers les parties courantes des parois en contact avec l'extérieur.

- $(D_{li})_i [W/°C]$ représente les déperditions à travers les liaisons.

- $(D_{sol})_i [W/°C]$ représente les déperditions à travers les parois en contact avec le sol.

- $(D_{inc})_i [W/°C]$ représente les déperditions à travers les parois en contact avec les locaux non chauffés.

- Déperditions par renouvellement d'air

$$(D_R)_i = (D_{RV})_i + (D_{RS})_i [W/°C]$$

- $(D_{RV})_i [W/°C]$ représente les déperditions dues au fonctionnement normal des dispositifs de ventilation.

- $(D_{RS})_i [W/°C]$ représente les déperditions supplémentaires dues au vent

- Tableau de Coefficients de référence (DTR)

Zone	Logement individuel					Logement en immeuble collectif				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
A	1.10	2.40	1.40	3.50	4.50	1.10	2.40	1.20	3.50	4.50
B	1.10	2.40	1.20	3.50	4.50	0.90	2.40	1.20	3.50	4.50
B'	1.10	2.40	1.20	3.50	4.50	0.90	2.40	1.20	3.50	4.50
C	1.10	2.40	1.40	3.50	4.50	0.85	2.40	1.20	3.50	4.50
D	2.40	3.40	1.40	3.50	4.50	2.40	3.40	1.40	3.50	4.50
D'	2.40	3.40	1.4	3.50	4.50	2.40	3.40	1.40	3.50	4.50

- **Température intérieure de base :**

Sauf spécifications, on prendra les valeurs suivantes de la température intérieure de base :

- Immeuble d'habitation, maison individuelle :

- Pièce principale, pièce de service => 21°C
- Cage d'escalier chauffée, circulation chauffée en continu => 18°C
- Bureau chauffé en continu => 21°C
- Magasin chauffé en continu => 21°C
- Local artisanal chauffé en continu => 21°C

- **Température extérieure de base**

La température extérieure de base est fonction de l'altitude et de la zone climatique où est implanté le projet. Le tableau suivant fixe les valeurs de température extérieure de base :

Tableau de Températures de bases selon DTR

Zone	Altitude (m)	T _{be} (°C)	Zone	Altitude (m)	T _{be} (°C)
A	< 300	6	C	500 à 1000	-2
	300 à 500	3			
	500 à 1000	1		≥ 1000	-4
	≥ 1000	-1			
B	<500	2	D	<1000	5
	500 à 1000	1		≥ 1000	4
	≥ 1000	-1			
B'	<500	0	D'	<1000	5
	≥ 500	Voir zone B			

-Le coefficient c_{in} est appliqué aux seules déperditions par transmission. Il est introduit pour diminuer le temps nécessaire à l'obtention de la température désirée lors d'une mise en route ou d'une relance. « c_{in} » Prend les valeurs suivantes :

- 0,10 en cas de chauffage continu.
- 0,15 en cas de chauffage discontinu, et dans le cas d'une construction dont la classe d'inertie est –faible- ou –moyenne-.
- 0,20 en cas de chauffage discontinu, et dans le cas d'une construction dont la classe d'inertie est –forte-.

-Le coefficient « c_r » prend les valeurs suivantes :

- 0 pour les installations de type “chauffage individuel”.
- 0,05 pour les installations de type “chauffage central” dans lesquelles toutes les tuyauteries sont calorifugées.

- 0,10 pour les installations de type “chauffage central” dans lesquelles les tuyauteries sont calorifugées seulement dans les zones non chauffées.
- 0,20 pour les installations de type “chauffage central” dont le réseau de tuyauteries n’est pas calorifugé.

- **Paroi séparant deux ambiances à la même température**

Dans le cas où une paroi sépare deux ambiances chauffées à la même température, les déperditions par transmission à travers cette paroi sont considérées nulle.

Les flux de chaleur d’un volume à un autre, dans un logement, ne doivent pas être pris-en compte à condition que les pièces du marché fixent des températures différentes pour les pièces d’un même logement.

Dans le cas où une paroi sépare deux bâtiments adjacents chauffés, on considérera, sauf spécification contraire, qu’ils sont à la même température ; par conséquent, les déperditions à travers cette paroi sont nulles.

- **Plancher haut enterré :**

1-Les déperditions D_{sol} pour un plancher haut enterré sont données par la formule :

$$D_{sol} = K \times A \quad [W/°C]$$

-K [W/m². °C] : représente le coefficient K du plancher haut enterré.

-A [m²] : représente la surface intérieure du plancher.

2-Le coefficient K d’un plancher haut enterré est donné par la formule :

$$\frac{1}{K} = 0,14 + R_p + \frac{e}{1,9} \quad [m^2 \cdot °C/W]$$

-R_p[m²°C/W] est la résistance du plancher, résistances superficielles non comprises.

-«e»[m] est l’épaisseur de la couverture de sol.

- **Plancher bas et mur enterré :**

Les déperditions D_{sol} pour un plancher bas ou un mur enterré, sont données par la formule

$$D_{sol} = k_s \times p \quad [W/°C]$$

-k_s[W/m. °C] est le coefficient de transmission linéique du plancher bas ou du mur.

-p [m] est la longueur de la paroi.

Les valeurs des coefficients k_s sont données en fonction de la différence de niveau. On trouve les différentes valeurs de k_s dans le document DTR C.3.2 et pour différents cas.

Bibliographie

[1] DONALD.W. CURRAN, LA NOUVELLE DONNEE ENERGETIQUE, MASSON, COLLECTION GEOGRAPHIE, 1981 p.17.

[2] DEPECKER.P, ORGANISATION DES CONTENUS SUR LE THEME DE L'ENERGIE, 1985.

[3] CHATEAU, B.ET LAPPILONNE B. LA PREVISION A LONG TERME DE LA DEMANDE D'ENERGIE PROPOSITIONS METHODOLOGIQUES EDITIONS DU CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE, PARIS 1977 p.90.

[4] COLLARD F. « LES ENERGIES RENOUVELABLES », COURRIER HEBDOMADAIRE DU CRISP 2015 ; p. 5-72.

[5] CONNAISSANCE DES ÉNERGIES, D'APRES (KEY WORLD ENERGIE STATISTIQUES 2014, AI

[6] MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT, DE L'ENERGIE ET DE LA MER-DONNES PROVISOIRES MAI 2017 : SERVICE DE L'OBSERVATION ET DES STATISTIQUES –CHIFFRE CLES DE L'ENERGIE 2015 PUBLIES EN 2017)

[7] APRUE : AGENCE NATIONALE POUR LA PROMOTION ET LA RATIONALISATION DE L'ENERGIE (ALGERIE) 2014.

[8] MEM : MINISTERE DE L'ENERGIE ET DES MINES, BILAN ENERGETIQUE NATIONAL DE L'ANNEE (2010-2014).

[9] LA SOCIETE NATIONALE DE L'ELECTRICITE ET DU GAZ UNITE DE TLEMCEM

[10] SITE INTERNET :[HTTP://OUTILSSOLAIRES.COM/DEVELOPPEMENT-DURABLE/ENERGIE SOLAIRE/CONSOMMATION-LOGEMENTS+AL](http://outilssolaires.com/developpement-durable/energie-solaire/consommation-logements+al)

[11] NEUF : « CLIMAT INTERIEUR/ CONFORT, SANTE, CONFORT VISUEL » REVUE EUROPEENNE D'ARCHITECTURE N°77, NOVEMBRE -DECEMBRE 1978. P 12.

[12] ASTRID DENKER, DR S.M K EL HASSAR, SAAD BARADIY.2014. GUIDE POUR LA CONSTRUCTION ECO-ENERGETIQUE EN ALGERIE.

[13] SOURCE : AGENCE NATIONALE DE DEVELOPPEMENT DE L'INVESTISSEMENT (ANDI)-2015.

[14] [HTTPS://WWW.ENERGIEPLUS-LESITE.BE/INDEX.PHP?ID=10250](https://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=10250)

[15] BODART M., « CREATION D'UN OUTIL D'AIDE AU CHOIX OPTIMISE DU VITRAGE DU BATIMENT, SELON DES CRITERES PHYSIQUES, ECONOMIQUES ET ECOLOGIQUES, POUR UN MEILLEUR CONFORT VISUEL

ET THERMIQUE », THESE DE DOCTORAT, UNIVERSITE CATHOLIQUE DE LOUVAIN, FACULTE DES SCIENCES APPLIQUEES, UNITE D'ARCHITECTURE – BELGIQUE. 2002. P.110

[16] RGPT. (LA REGLEMENTATION GENERALE FRANÇAISE POUR LA PROTECTION DU TRAVAIL) CITE IN. BODART M., 2002 OP, CITE.P.110

[17] LIEBARD, A.ET DE HERDE, A. « TRAITE D'ARCHITECTURE ET D'URBANISME BIOCLIMATIQUES ». ED. LE MONITEUR. PARIS 2005 P. 30A

[18] HUGUES BOIVIN « LA VENTILATION NATURELLE DEVELOPPEMENT D'UN OUTIL D'EVALUATION DU POTENTIEL DE LA CLIMATISATION PASSIVE ET D'AIDE A LA CONCEPTION ARCHITECTURALE », MEMOIRE DE MAITRISE, UNIVERSITE LAVAL QUEBEC, 2007, P 115

[19] IZARD-L. « ARCHITECTURES D'ETE CONSTRUIRE : POUR LE CONFORT D'ETE », EDITION EDISUD, 1994, P141

[20] CHAHWANE, LAYAL, 2011. VALORISATION DE L'INERTIE THERMIQUE POUR LA PERFORMANCE ENERGETIQUE DES BATIMENTS [EN LIGNE] THESE DE DOCTORAT. GENIE CIVIL ET SCIENCES DE L'HABITAT. GRENOBLE. UNIVERSITÉ DE GRENOBLE.

[21] JDIDI, M.ET BENJEDDOU, O. LATHERMIQUE DU BATIMENTS DU CONFORT THERMIQUE AU CHOIX DES EQUIPEMENTS DE CHAUFFAGE ET DE CLIMATISATION.5 RUE LAROMIGUIERE ,75005 PARIS : DUNOD, 2016.ISBN 978_2_10_074481_7.

[22] ZOLPAN (PAGE CONSULTEE LE 09/07/2016). SITE DE DE ZOLPAN SOCIETE SPECIALISE DANS LA RENOVATION THERMIQUE DES BATIMENTS, [EN LIGNE], [HTTP://WWW.ZOLPAN-ISOLATION-ITE.FR](http://www.zolpan-isolation-ite.fr).

[23] LES ESSENTIELS DE L'HABITAT (PAGE CONSULTEE LE 09/07/2016). SITE DE SAINT-GOBAIN, [EN LIGNE], [HTTP://WWW.CONSTRUIREAVECSAINT-GOBAIN.FR/](http://www.construireavecsaint-gobain.fr/)

[24] PAUL DE HAUT. CHAUFFAGE, ISOLATION ET VENTILATION ECOLOGIQUES. EDITION EYROLLES. PARIS. 2007. ISBN 978-2-212-12105-6.

[25] BOUVENOT, A. « TRANSFERTS DE CHALEUR », EDITION 2010.

[26] CLONED, J. « LES MATERIAUX ISOLANTES THERMIQUES POUR LE BATIMENT », CENTRE D'ANIMATION REGIONAL EN MATERIAUX AVANCE, MAI 2010. [26] REME, « GUIDE MAGHREBIN DES MATERIAUX D'ISOLATION THERMIQUE DE BATIMENT », EDITION 2010.

[27] HADDAD ABDELKRIM, « TRANSFERTSTHERMIQUES », ALGER 2001.

[28] REME, « GUIDE MAGHREBIN DES MATERIAUX D'ISOLATION THERMIQUE DE BATIMENT », EDITION 2010.

[29] [HTTPS://FR.SCRIBD.COM DOCUMENT 4-ESS6HAB-INTRODUCTION –THERMIQUE.PDF](https://fr.scribd.com/document/4-ESS6HAB-INTRODUCTION-THERMIQUE.PDF)

[30] HOLLAERT, LAURIE « ANALYSE DE LA RENTABILITE FINANCIERE ET DES AVANTAGES LIES A L'ISOLATION THERMIQUE : ETUDE DE CAS ADAPTES AU MODELE BELGE » MEMOIRE DE MASTER, UNIVERSITE LIBRE DE BRUXELLES 2014.

[31] DENKER, A., S. EL HASSAR ET S. BARADIY. GUIDE POUR UNE CONSTRUCTION ÉCOENERGETIQUE EN ALGERIE.

[32] CT-BAT .2014. LOGICIEL POUR LE CALCUL ET LA CONCEPTION THERMIQUES DES BATIMENTS EN ALGERIE. GIZ-APRUE

[33] DTR C.3.2.1997.DOCUMENT TECHNIQUE REGLEMENTAIREALGERIEN DU CALCUL DES DEPERDITIONSCALORIFIQUES. CNERIB

Règlements et Arrête Ministériel

- C3.2 Réglementation thermique des bâtiments d'habitation, règles de calcul des déperditions calorifiques 2ème édition en 2007.
- C3.4 Règles de calcul des apports calorifiques des bâtiments "Climatisation" 2ème édition en 2005.

Organismes

- ADEME : Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie.
- APRUE : Agence Nationale pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'Energie.
- CDER : Centre de Développement des Energies Renouvelables.

Site officiel de l'ADEME : <http://www.ademe.fr>

Site officiel de l'APRUE : [http:// www.aprue.org.dz](http://www.aprue.org.dz)

Site officiel de CDER : <http://www.cder.dz>

Site officiel de sonelgaz : <http://www.sonelgaz.dz>