



Université Saâd Dahlab, Blida-1
Faculté de Technologie
Département des Énergies Renouvelables



MEMOIRE DE MASTER
Spécialité : Habitat Bioclimatique

THEME :

Évaluation de l'efficacité énergétique dans
le bâtiment

Présenté par :

- HAMAIDI Rafik
- RAHMANI BOUZINA Seyyid Ali

Soutenu devant le jury composé par :

Monsieur	Mr. DJAFAR SEMMAR	Professeur	USDB	Président
Monsieur	Mr. AHMED ALAMI			Encadreur
Monsieur	Mr. HAMID ABD ELKADER			Examineur

Juillet 2021

Remerciement

*Il n'est meilleur remerciement que notre reconnaissance à **DIEU LE TOUT PUISSANT** qui nous a donné du courage et de la volonté pour pouvoir accomplir ce présent travail.*

*Travail présenté dans ce mémoire a été effectué au sein de Département Des Énergies Renouvelables de de Blida sous la direction de notre promoteur **Mr Ahmed Alami**, à qui on présente notre profonde gratitude et notre vif et sincère remerciement pour avoir accepté de diriger ce travail, pour ses disponibilité, tous les conseils et pour les encouragements qu'il nous a prodigués pendant toute la durée de ce travail.*

On tient à remercier également tout le corps professorats de Département Des Énergies Renouvelables. On exprime notre remerciements aux membres du jury de nous avoir honoré en acceptant de juger notre travail.

Enfin, on exprime notre très grande reconnaissance à nos familles, nos parents, et nos frères pour nous avoir encouragés, pour tous les soucis qu'on leur a causés et surtout pour avoir été toujours auprès de nous.

Résumé

Cet étude s'applique dans la thermique du bâtiment ; en découvrant les différents aspects qui y sont liés à fin de pouvoir analyser la conformité des trois projets de conceptions différentes vis-à-vis de la réglementation Algérienne définie par les différents DTR.

Une étude dynamique complète ce travail en analysant le confort et le comportement thermique des bâtisses.

Mots clés : Réglementation algérienne(DTR), confort thermique, comportement thermique.

Abstract

This study applies in the thermal of the building; by discovering the various aspects related to it in order to be able to analyze the conformity of the three projects of different conceptions regarding the Algerian regulation defined by the different DTR.

A dynamic study completes this work by analyzing the comfort and thermal behavior of buildings.

Key words: Algerian regulation (DTR), thermal comfort, thermal behavior.

ملخص

تتطبق هذه الدراسة على حراريات البناء؛ من خلال اكتشاف الجوانب المختلفة المرتبطة بها من أجل التمكن من تحليل المختلفة DTRs مطابقة المشاريع الثلاثة للتصاميم المختلفة مقابل اللوائح الجزائرية المحددة بواسطة

دراسة ديناميكية تكمل هذا العمل من خلال تحليل الراحة والسلوك الحراري للمباني

. الكلمات المفتاحية: اللوائح الجزائرية، الراحة الحرارية ، السلوك الحراري(DTR)

Table des matières

Remerciement	I
Résumé	II
Table des matières	III
Liste des figures	VI
Liste des tableaux	VIII
Abréviations, acronymes	X
Introduction générale	1
CHAPITRE I Etat des lieux et politiques énergétiques	
Introduction.....	3
1 Etat des lieux des consommations et politiques énergétiques.....	3
2 Consommation d'énergie en Algérie	3
3 Programme.....	7
4 Réglementation thermique Algérienne du bâtiment	10
5 Consommation d'énergie au Maroc.....	10
6 Réglementation thermique marocaine du bâtiment	12
7 Calcul des déperditions	13
7.1 Bases de calcul.....	13
7.1.1 Principe général.....	13
7.1.2 Expression générale des déperditions.....	13
7.1.2.1 Déperditions totales d'un logement.....	13
7.1.2.2 Déperditions totales d'un volume.....	13
7.1.2.3 Déperditions par renouvellement d'air d'un volume.....	14
7.1.2.4 Relation entre les déperditions de logement et les déperditions des volumes	14
7.1.3 Vérification et déperditions de référence	14
7.1.3.1 Vérification réglementaire	14
7.1.3.2 Calculs des déperditions de référence.....	15
7.2 Déperditions surfaciques par transmission à travers les parois	16
7.2.1 Parois séparant deux ambiances à des températures différentes	16
7.2.2 Paroi séparant deux ambiances à la même température	16
7.2.3 Résistance thermique d'une couche homogène.....	17
7.2.4 Résistance thermique d'une couche hétérogène.....	18
7.2.5 Résistance thermique d'une lame d'air	18

7.2.6	Coefficient K des parois vitrées	18
7.3	Déperditions à travers les ponts thermiques	20
7.4	Calcul des déperditions par renouvellement d'air	21
7.5	Calcul de la puissance de chauffage	26
7.5.1	Température intérieure de base	27
7.5.2	Température extérieure de base.....	28

CHAPITRE II Analyse de la conformité

1	Introduction.....	29
2	Présentations et calcul des déperditions thermiques des projets.....	30
2.1	Présentation du projet 1	30
2.1.1	Evaluations des différents coefficients thermiques des murs.....	31
2.1.2	Evaluations des coefficients thermiques de la toiture	33
2.1.3	Evaluations des coefficients thermiques des planchers.....	34
2.1.4	Evaluation des déperditions à travers les ponts thermiques	35
2.1.5	Evaluations des coefficients thermiques des parois vitrées.....	35
2.2	Présentation du projet 2	37
2.2.1	Evaluations des différents coefficients thermiques des murs.....	38
2.2.2	Evaluations des coefficients thermiques de la toiture	39
2.2.3	Evaluations des coefficients thermiques des planchers.....	40
2.2.4	Evaluation des déperditions à travers les ponts thermiques	42
2.2.5	Evaluations des coefficients thermiques des parois vitrées.....	43
2.3	Présentation du projet 3	44
2.3.1	Evaluations des coefficients thermiques des murs	45
2.3.2	Evaluations des coefficients thermiques de la toiture	46
2.3.3	Evaluations des coefficients thermiques des planchers.....	48
2.3.4	Evaluations des coefficients thermiques des parois vitrées.....	49
2.4	Résultats de calcul	50
2.4.1	Cité Ouled yaich Blida	50
2.4.1.1	Déperditions par renouvellement d'air.....	52
2.4.1.2	Evaluation de la puissance de chauffage	54
2.4.2	Cité Soumaa blida	55
2.4.2.1	Déperditions par renouvellement d'air.....	57
2.4.2.2	Evaluation de la puissance de chauffage	58
2.4.3	Cité Blida centre.....	59
2.4.3.1	Déperditions par renouvellement d'air.....	61

2.4.3.2	Evaluation de la puissance de chauffage	62
2.5	Analyse de la conformité des différents projets par rapport aux DTR	63
2.5.1	Présentation des résultats du projet des Ouled yaich par rapport au DTR	63
2.5.2	Présentation des résultats du projet des Ouled yaich par rapport au DTR 2011..	68
2.5.3	Présentation des résultats du projet Soumaa par rapport au DTR 2016.....	70
2.5.4	Présentation des résultats du projet Blida centre par rapport au DTR 2016.....	74
	Conclusion.....	78

CHAPITRE III Etude dynamique

1	Introduction.....	79
2	Définition de TRNSYS	79
3	Description de la ville	80
3.1	Géographique.....	80
3.2	Climatique	80
4	Plan de travail.....	81
5	Déroulement de la simulation	82
5.1	Description de la chambre témoin (cellule).....	82
5.2	Lancement de la simulation	83
5.3	Affichage des résultats.....	87
5.3.1	Evolution annuelle de la température intérieure et extérieure.....	87
5.3.1.1	Cité Ouled yaich	87
5.3.1.2	Soumaa Blida.....	88
5.3.1.3	Blida centre	88
5.3.2	Evolution mensuelle de la température intérieure et extérieure.....	89
5.3.2.1	Cité Ouled yaich	89
5.3.2.2	Soumaa Blida	90
5.3.2.3	Blida centre.....	91
5.4	Représentation Gaussienne température intérieure.....	92
5.4.1	Cité Ouled yaich.....	92
5.4.2	Soumaa Blida	93
5.4.3	Blida centre	94
5.5	Représentation des besoins énergétiques de chauffage et climatisation.....	96
	Conclusion générale	99
	Annex	101
	Références et Bibliographe	116

Liste de figures

CHAPITRE I

Figure 1:Consommation énergétique finale en Algérie par type en 2017.....	4
Figure 2:Consommation énergétique finale en Algérie par type en 2018.....	5
Figure 3:Consommation énergétique finale en Algérie par secteur en 2017	7
Figure 4:Consommation énergétique finale en Algérie par secteur en 2018	7
Figure 5:Consommation énergétique finale au Maroc par type en 2018	11
Figure 6:Consommation énergétique finale au Maroc par secteur en 2018.....	11

CHAPITRE II

Figure 1: Plan d'architecture descriptif	30
Figure 2: Composition murale.....	31
Figure 3: Plan d'architecture descriptif	37
Figure 4: Plan d'architecture descriptif	38
Figure 5: Plan d'architecture descriptif	44
Figure 6: Composition murale.....	45
Figure 7: Puissance de chauffage – Cité Ouled yaich	55
Figure 8: Puissance de chauffage –Soumaa Blida.....	59
Figure 9 : Puissance de chauffage - Blida centre	63
Figure 10:Déperditions (calculées/ de références) Cité Ouled yaich	63
Figure 11:Déperditions (calculées/ de références) Cité Ouled yaich éme étage.	64
Figure 12:Déperditions (calculées/ de références) Cité Ouled yaich 1er étage.....	64
Figure 13:Déperditions (calculées/ de références) Cité Ouled yaich dernier étage.....	65
Figure 14:Déperditions (calculées/ de références) Cité Ouled yaich	68
Figure 15:Déperditions (calculées/ de références) Cité Ouled yaich.	69
Figure 16:Déperditions (calculées/ de références) Soumaa Blida.....	70
Figure 17:Déperditions (calculées/ de références) 1er étage Soumaa Blida	71
Figure 18:Déperditions (calculées/ de références) 2éme étage Soumaa Blida.....	71
Figure 19:Déperditions (calculées/ de références) dernier Soumaa Blida	72
Figure 20:Déperditions (calculées/ de références) Blida centre.....	74
Figure 21:Déperditions (calculées/ de références) 1er étage Blida centre.	74
Figure 22: Déperditions (calculées/ de références) 2éme Blida centre.	75
Figure 23:Déperditions (calculées/ de références) dernier étage Blida centre	75

CHAPITRE III

Figure 1: Carte d'Algérie.....	80
Figure 2:Etapes de la simulation.	81
Figure 3: Vue plan de la chambre témoin.	82
Figure 4: Fenêtre de définition de dimensionnement de la chambre.....	83
Figure 5 : Schéma des sources énergétiques.	86

Figure 6: Définition des conditions de simulation.	86
Figure 7: Evolution annuelle de la température - Cité Ouled yaich	87
Figure 8: Evolution annuelle de la température - Soumaa Blida	88
Figure 9: Evolution annuelle de la température - Blida centre.....	88
Figure 10: Evolution mensuelle de la température en été- Cité Ouled yaich.....	89
Figure 11: Evolution mensuelle de la température en hiver- Cité Ouled yaich	89
Figure 12: Evolution mensuelle de la température en hiver- Soumaa Blida.....	90
Figure 13: Evolution mensuelle de la température en été- Soumaa Blida	90
Figure 14: Evolution mensuelle de la température en hiver- Blida centre	91
Figure 15: Evolution mensuelle de la température en été- Blida centre	91
Figure 16: La représentation gaussienne -hiver- Cité Ouled yaich	92
Figure 17: La représentation gaussienne -été- Cité Ouled yaich.....	92
Figure 18: La représentation gaussienne -hiver- Soumaa Blida.....	93
Figure 19: La représentation gaussienne -été- Soumaa Blida.	93
Figure 20: La représentation gaussienne -hiver- Blida centre.....	94
Figure 21: La représentation gaussienne -été- Blida centre	95
Figure 22: Représentation annuelle des besoins énergétiques de chauffage.....	96
Figure 23: Représentation annuelle des besoins énergétiques de climatisions.	97
Figure 24: Consommation énergétique annuelle totale	98

Liste des tableaux

CHAPITRE I

Tableau 1: La consommation finale par produits	4
Tableau 2: La consommation finale par secteur.....	6
Tableau 3:Zones climatique	15
Tableau 4:Résistances thermiques d'échanges superficiels extérieur	17
Tableau 5:Résistance thermique d'une lame d'air	18
Tableau 6:Coefficient de transmission du vitrage nu	19
Tableau 7:Coefficient K à travers les liaisons entre mur et menuiserie extérieure	20
Tableau 8:Coefficient K à travers les liaisons de deux parois extérieures	21
Tableau 9:Coefficient K à travers les liaisons paroi intérieur et paroi extérieure	21
Tableau 10:Débit extrait minimal de référence	23
Tableau 11:Débit extrait maximal de référence	23
Tableau 12:Perméabilité surfacique à l'air des ouvrants.....	24
Tableau 13:Coefficient d'exposition au vent	25
Tableau 14:Températures extérieures de base.....	28

CHAPITRE II

Tableau 1:Déperditions à traves ponts thermiques.....	35
Tableau 2:Déperditions à traves ponts thermiques.....	42
Tableau 3:Déperditions surfaciques 1er étage.....	50
Tableau 4:Déperditions surfaciques 2éme étage	51
Tableau 5:Déperditions surfaciques dernier étage	51
Tableau 6: Comparaison des déperditions (Calculés/de références).....	52
Tableau 7:Déperditions par renouvellement d'air 1 ^{er} étage	53
Tableau 8:Déperditions par renouvellement d'air 2éme étage	53
Tableau 9:Déperditions par renouvellement d'air dernier étage.....	53
Tableau 10:Puissance de chauffage.....	54
Tableau 11: Déperditions surfaciques 1er étage.....	55
Tableau 12:Déperditions surfaciques 2éme étage	56
Tableau 13:Déperditions surfaciques dernier étage	56
Tableau 14: Comparaison des déperditions (Calculés/de références).....	57
Tableau 15:Déperditions par renouvellement d'air 1er étage	57
Tableau 16:Déperditions par renouvellement d'air 2éme étage.....	57
Tableau 17:Déperditions par renouvellement d'air dernier étage.....	58
Tableau 18:Puissance de chauffage.....	58
Tableau 19:Déperditions surfaciques 1er étage.....	59
Tableau 20:Déperditions surfaciques 2éme étage	60
Tableau 21:Déperditions surfaciques dernier étage	60
Tableau 22: Comparaison des déperditions (Calculés/de références).....	61

Tableau 23: Déperditions par renouvellement d'air 1er étage	61
Tableau 24: Déperditions par renouvellement d'air 2ème étage	61
Tableau 25: Déperditions par renouvellement d'air dernier étage.....	62
Tableau 26: Puissance de chauffage.....	62
Tableau 27: Déperdition détaillées 1er étage Cité Ouled yaich.....	66
Tableau 28: Déperdition détaillées 2ème étage Cité Ouled yaich	66
Tableau 29: Déperdition détaillées dernier étage Cité Ouled yaich.....	66
Tableau 30: Déperdition détaillées 1er étage Cité Soumaa Blida.....	72
Tableau 31: Déperdition détaillées 2ème étage Cité Soumaa Blida.....	72
Tableau 32: Déperdition détaillées dernier étage Cité Soumaa Blida	72
Tableau 33: Déperdition détaillées 1er étage Cité Blida centre	76
Tableau 34: Déperdition détaillées 2ème étage Cité Blida centre	76
Tableau 35: Déperdition détaillées dernier étage Cité Blida centre.....	76
Tableau 36: Comparaison des coefficients de référence	77

CHAPITRE III

Tableau 1: Données climatiques de Blida	81
Tableau 2: La composition des murs.....	84
Tableau 3: La composition de plancher haut.....	85
Tableau 4: La composition de plancher bas	85

Abréviations, acronymes

Symbole	Définition	Unités
Q	Chaleur utile	[W]
K	Coefficient d'échange global K des parois opaques (conductance)	[W/m ² °C]
h _i	Coefficients extérieur d'échange superficiel	[W/m ² °C]
h _e	Coefficients intérieur d'échange superficiel	[W/m ² °C]
T	Température	[°C]
K _{vn}	Coefficient K du vitrage nu	[W/m ² °C]
k _i	Coefficient de transmission linéique de la liaison	[W/m.°C]
λ	Conductivité thermique du matériau	[W/m.°C]
λ _{occ}	Conductivité thermique du matériau constituant l'occultation.	[W/m.°C]
Q	Consommation totale de chaleur du bâtiment par jour	[W]
Q _{Vr éf}	Débit extrait de référence	[m ³ /h]
Q _{Vmax}	Débit extrait maximal de référence	[m ³ /h]
Q _{Vmin}	Débit extrait minimal de référence.	[m ³ /h]
Q _v	Débit spécifique de ventilation.	[m ³ /h]
Q _s	Débit spécifique supplémentaire par infiltration dues au vent.	[m ³ /h]
D	Déperditions totales d'un logement	[W/°C]
D _T	Déperditions par transmission du volume	[W/°C]
D _R	Déperditions par renouvellement d'air du volume	[W/°C]
D _L	Déperditions à travers les liaisons	[W/°C]
D _{réf}	Déperditions de référence	[W/°C]
D _s	Déperditions surfaciques par transmission à travers les parois	[W/°C]
e _{occ}	Epaisseur de l'occultation.	[m]
e	Epaisseur de la couche de matériau	[m]
R _i	Résistance thermique ; cas particulier	[m ² °C/ W]
R	Résistance thermique ; cas général	[m ² °C/ W]
r _{occ}	Résistance supplémentaire des occultations	[m ² °C/ W]
S	Surface	[m ²]
A	Surface intérieure de la paroi	[m ²]
T _i	Température intérieure de confort	[°C]
T _e	Température extérieure de base	[°C]
W	Puissance	[W]
V _h	Volume habitable	[m ³]

INTRODUCTION GENERALE

Le développement du modèle économique mondial repose sur une grande quantité d'énergie. Malheureusement, la grande majorité de cette énergie est encore d'origine fossile, elle n'est donc pas renouvelable à court ou moyen terme et constitue la principale source d'émission de gaz à effet de serre. Porté par des associations qui mènent des activités dans le cadre écologique, un consensus s'est dégagé à travers le monde. Plusieurs réunions ont eu lieu pour déterminer une nouvelle politique, qui a abouti à des recommandations globales. L'Algérie a ratifié divers accords et s'est donc engagée dans des politiques de réduction de la consommation d'énergie et des émissions de gaz à effet de serre, d'autant plus que la prévision énergétique à l'horizon 2030 montre que la production d'énergie primaire a du mal à répondre aux besoins du marché intérieur.

Face à ce problème, l'Etat a mis en place deux projets conformes à la « priorité nationale ».

Le premier concerne l'application de mesures d'efficacité énergétique, tandis que le second concerne le développement des énergies renouvelables, avec une puissance installée prévue de 22 000 MW d'ici 2030.

Ce travail est une modeste contribution aux efforts de maîtrise de l'énergie dans le secteur du logement qui préoccupe le gouvernement algérien, et son objectif est d'étudier l'impact des mesures d'efficacité énergétique. Ville de Blida.

Le chapitre 1 présente les problèmes de consommation d'énergie dans le secteur du bâtiment et les réglementations visant à réduire la consommation d'énergie. Il introduit également le cadre réglementaire qui définit les méthodes de calcul des pertes et de vérification de leur conformité.

Au chapitre 2, nous avons évoqué l'impact des mesures de réduction de cette consommation et la portée de cette baisse de la réglementation thermique algérienne à travers trois projets.

Le troisième chapitre complète les recherches précédentes en termes de confort thermique par simulation dynamique.

Enfin, la conclusion résume les résultats et formule des recommandations sur la mise en œuvre et la supervision.

Chapitre I
Etat des lieux et
politiques énergétique

INTRODUCTION :

Ce travail est une modeste contribution aux travaux d'économie d'énergie dans le secteur de l'habitat qui préoccupe le gouvernement algérien, et son objectif est d'étudier l'impact des mesures d'efficacité énergétique. Ville de Blida.

Le chapitre 1 présente les problèmes de consommation d'énergie dans le secteur du bâtiment et les réglementations visant à réduire la consommation d'énergie. Il introduit également le cadre réglementaire qui définit les méthodes de calcul des pertes et de vérification de leur conformité.

1 Etat des lieux des consommations et politiques énergétiques

Le tri type énergie-climat (20, 20, 20) illustre les objectifs des politiques engagées par différents pays pour lutter contre le réchauffement climatique et la forte consommation d'énergie. Il prévoit par rapport à l'année 1999 :

- Diminution de 20% l'émission des gaz à effet de serre (GES)
- Réduction de la consommation d'énergie de 20%
- Intégration de 20 % d'énergie renouvelable

Nous discutons dans ce chapitre le cas de l'Algérie et celui du Maroc jugé si proche à notre pays. Bien que leurs situations énergétiques soient différentes (importateur et exportateur de pétrole), ils ont les points communs suivants :

- Climat
- Objectif : réduire la consommation d'énergie
- Organismes (CNERIB et APRUE pour l'Algérie ; ANDEREE pour le Maroc)

Néanmoins on note l'adoption de critères différents dans l'analyse de l'efficacité énergétique.

2 Consommation d'énergie en Algérie

Selon le bilan du secteur pour 2018, la consommation finale est passée de 44,6 M Tep en 2017 à 48,1 M Tep en 2018, reflétant une hausse importante de 3,5 M Tep, soit (+7,8 %), tirée essentiellement par celle du gaz naturel, et un degré moins l'électricité, les GPL et les produits Pétroliers.

2.1. La consommation énergétique par type d'énergie

L'évolution par produit est détaillée ci-après dans le tableau.

Tableau 1. La consommation finale par produits

produit	Unités	2017	2018	Evolution	
				Quantité	(%)
Produits pétroliers	K Tep	15 338	15 517	179	1,2
	K tonnes	14 664	14 843		
Gaz naturel	K Tep	13 655	16 024	2 369	17,4
	10 ⁶ m ³	14 449	16 956		
Electricité	K Tep	13 270	16 024	656	4,9
	GWh	56 376	58 153		
GPL	K Tep	2 335	2 588	253	10,8
	K Tonnes	1 979	2 193		
Coke sidérurgique	K Tep	38	68	30	80,3
	K Tec	54	97		
Autres : Bois	K Tep	10	22	12	114,1
	K Tep	53	113		
Total	K Tep	44 646	48 146	3 500	7,8

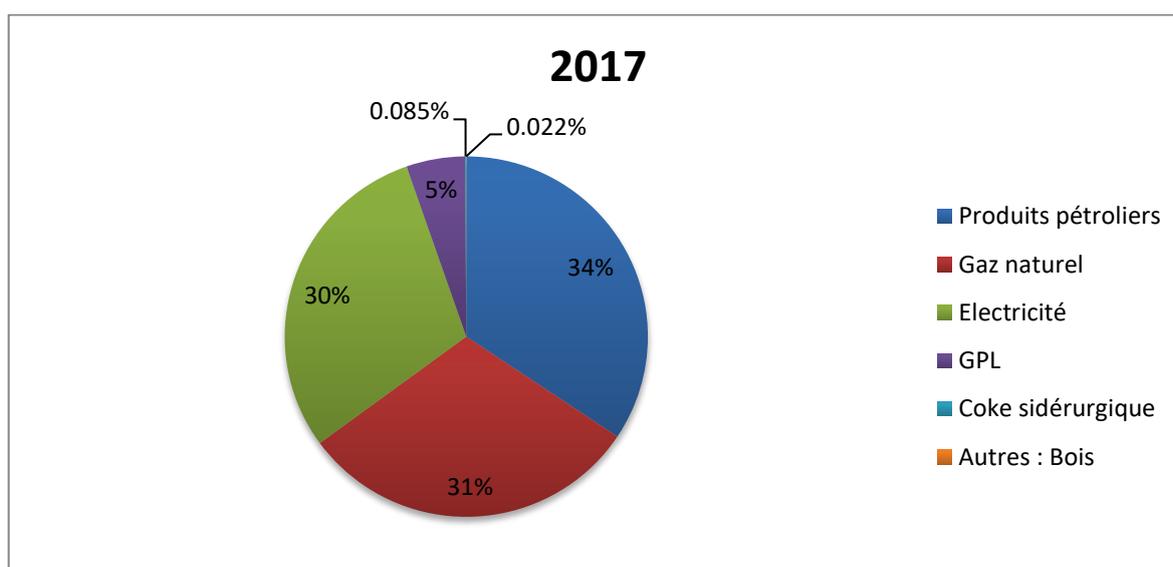


Figure 1. Consommation énergétique finale en Algérie par type en 2017

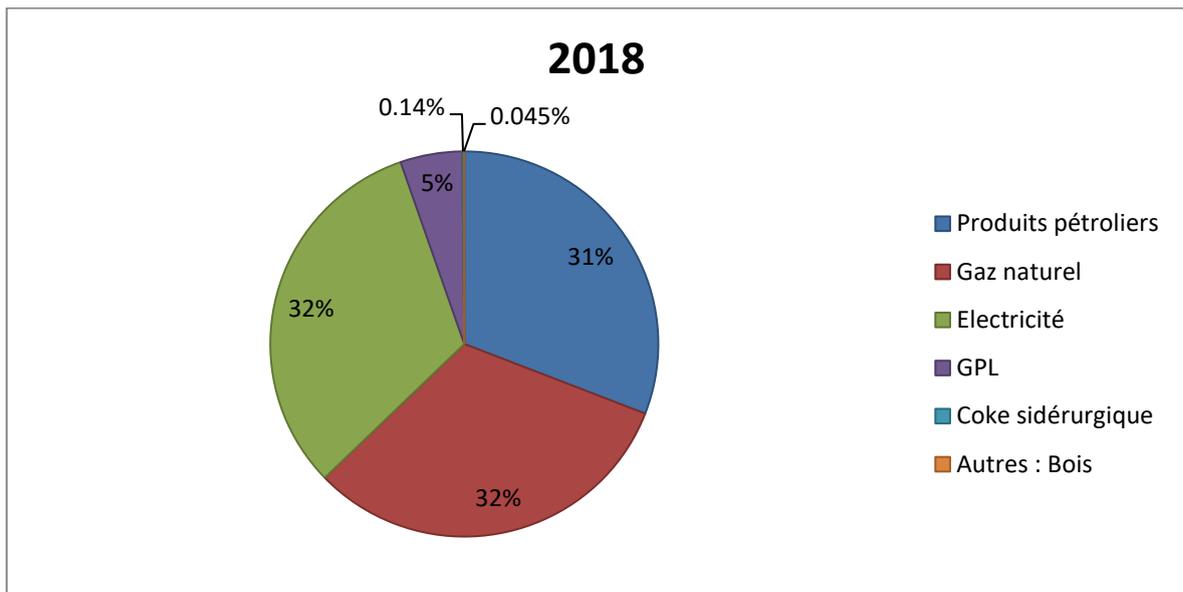


Figure 2. Consommation énergétique finale en Algérie par type en 2018

Gaz naturel

Forte hausse (17,4 %) de la consommation de gaz naturel à 16,0 M Tep, induite par les besoins croissants des clients de Sonelgaz, notamment ceux des ménages, pour qui le nombre total d'abonnés a atteint 5,6 millions en 2018, soit près de 400 mille nouveaux clients ;

Electricité

Croissance de la consommation d'électricité (4,9 %) pour atteindre 13,9 M Tep, suite à la hausse de la demande des clients de Sonelgaz, notamment les ménages, dont le nombre total d'abonnés a dépassé 9,6 millions à fin 2018, contre 9,2 millions à fin 2017 (+4,6 %) ;

Produits pétroliers

Légère reprise (1,2 %) de la consommation des produits pétroliers à 15,5 M Tep, après deux années de baisse, tirée par celle du gasoil (3 %) et du GPL (42%) ;

GPL

Accroissement important de la demande sur les GPL (+11 %) à 2,6 M Tep, tirée par celle du GPL/C qui a connu une forte hausse (42 %)

2.2. La consommation énergétique par secteur

La consommation énergétique selon les différents secteurs est selon l'APRUE (APRUE, 2015b) et le ministère d'énergie. (MEA, 2018). Par secteur d'activité, l'évolution de la consommation finale en 2018, fait ressortir ce qui suit:

Secteur des transports

Hausse (2,6 %) de la consommation du secteur des "transports" à 15,3 M Tep en 2018 comparativement à l'année précédente 2017, tirée par celle des carburants routiers.

Secteur Industries et BTP

Hausse de la consommation du secteur "Industries et BTP" de 5,1%, passant à 10,5 M Tep, suite à la hausse de la consommation du sous-secteur ISMME (68 %), de la chimie (60 %) et des matériaux de construction (+6,6 %).

Secteur ménages et autres

Accroissement important de la consommation des "Ménages et autres" de 13,2 % à 22,4 M Tep, tirée par le sous-secteur résidentiel (17,6 %), essentiellement des besoins croissant en gaz induits par un hiver relativement rigoureux en 2018, combiné à la hausse du nombre des clients de Sonelgaz (notamment BP).

Le détail de la consommation finale par secteur d'activité, est donné le tableau 2 ci-après (MEA, 2018) :

Tableau 2. La consommation finale par secteur.

Unité : k tep	2017	2018	Evolution	
			Quantité	(%)
Industrie et BTP, dont :	9 943	10 450	507	5,1
-Matériaux de construction	4 370	4 659	290	6,6
-ISMME	765	1 283	518	67,7
-BTP	441	486	45	10,3
-Industries manufacturières :	1 134	1 122	-13	-1,1
(Dont : agroalimentaires)	1 011	1 011	-	-
-Chimie	338	541	203	60,1
Autres industries	2 895	2 359	-537	-18,5
Transport, dont :	14 895	15 281	386	2,6
-Routier	14 138	14 342	204	1,4
-Aérien	496	608	112	22,6
Ménages et autres, dont	19 808	22 414	2 607	13,2
-Résidentiel	15 003	17 637	2 634	17,6
-Agriculture	440	362	-78	-17,7
Total	44 646	48 146	3 500	7,8

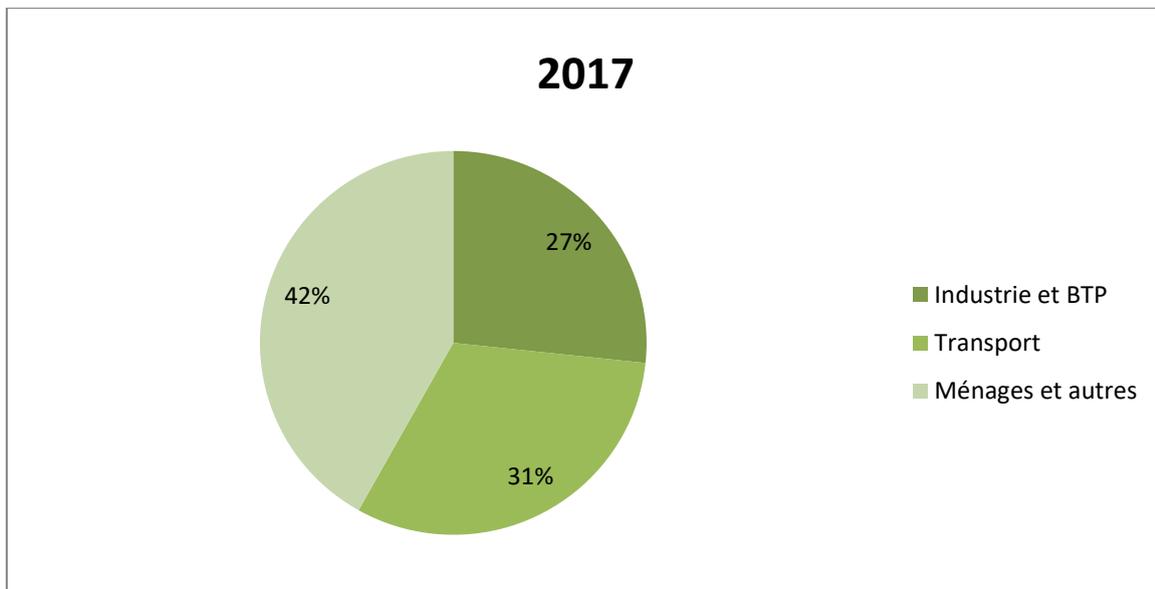


Figure 3. Consommation énergétique finale en Algérie par secteur en 2017

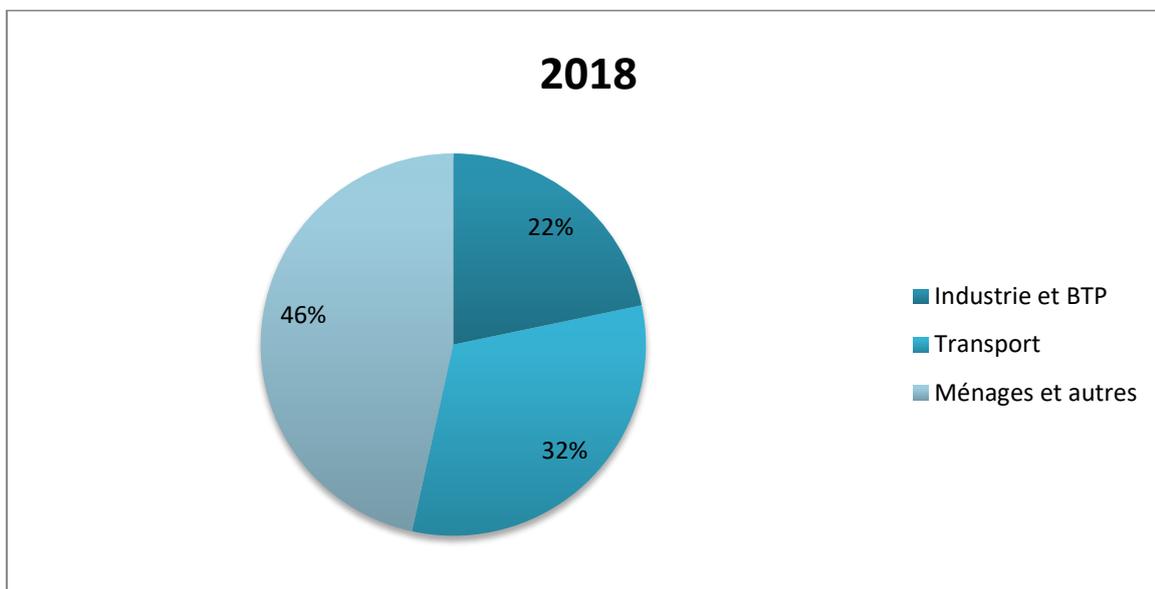


Figure 4. Consommation énergétique finale en Algérie par secteur en 2018

3 Programme

Les prévisions d'ici 2030 montrent que la production d'énergie primaire couvrira à peine les besoins du marché intérieur. Prenant conscience de cette problématique, l'Algérie a lancé un processus de transition énergétique qui lui permettra de protéger son économie et d'assurer sa sécurité énergétique à long terme. Cette transition est mise en place à travers deux programmes considérés comme priorité nationale. Le premier concerne l'application de mesures d'efficacité énergétique, tandis que le second concerne le développement des énergies renouvelables qui prévoit l'installation d'une capacité de 22 000 MW d'ici 2030.

Les deux programmes, s'ils arrivent à être concrétisés, vont permettre une réduction progressive de la croissance de la demande d'énergie, et l'intégration des énergies renouvelables dans le mix énergétique à hauteur de 40%, tout en contribuant à l'effort mondial de lutte contre les changements climatiques.

Le programme d'efficacité énergétique cible trois secteurs qui impactent fortement sur la demande d'énergie. Il s'agit des secteurs du bâtiment, du transport et de l'industrie. Le programme qui se déploie sur une durée de 15 années vise à atteindre une économie d'énergie globale de l'ordre de 60Mtep d'ici 2030 et 30 Tép au-delà de 2030.

Ce programme consiste, principalement, en la réalisation des actions suivantes :

3.1. L'isolation thermique des bâtiments

Le volet bâtiment du programme consiste en l'introduction et la diffusion des Pratiques et des technologies innovantes autour de l'isolation thermique des constructions existantes et nouvelles. Pour ces dernières des mesures adéquates sont prévues au niveau de la phase de leur conception architecturale. L'objectif de ce programme à l'horizon 2030 (APRUE, 2015a) est d'atteindre un gain cumulé d'énergie de 7,6 millions de tonnes équivalent pétrole (MTEP).

3.2. Le développement du chauffe-eau solaire

Concernant l'usage (individuel et collectif) de l'eau chaude sanitaire, la priorité accordée par les pouvoirs publics, par ce programme, est la substitution du chauffage de l'eau par les moyens classiques par le chauffage solaire. A ce titre, des efforts considérables seront fournis, en vue de favoriser la pénétration massive des chauffe-eau solaires avec une attention particulière pour leur fabrication locale à l'horizon 2030,

3.3. La généralisation de l'utilisation des lampes à basse consommation d'énergie

L'objectif, à terme, des actions prévues dans le cadre de ce volet est la substitution de la totalité des lampes à incandescence par des lampes énergétiquement performantes. Pour ce faire, il est prévu, dans une première étape, l'arrêt de l'importation des lampes à incandescence, et l'interdiction de leur commercialisation, dans une deuxième étape. Les gains en énergie escomptés, à l'horizon 2030 avoisineraient 19,5 millions de TEP (APRUE, 2015a). Par ailleurs, la production locale des lampes à basse consommation sera encouragée, notamment, par le recours au partenariat entre les producteurs locaux et étrangers.

3.4. L'introduction de la performance énergétique dans l'éclairage public

Le programme de maîtrise de l'énergie dédié aux collectivités locales consiste à substituer la totalité des lampes à mercure (énergivores et nocives) par des lampes plus efficaces (sodium haute pression).

Ce qui permettra d'atteindre une économie d'énergie d'un million de TEP, à l'horizon 2030 et d'alléger la facture énergétique des collectivités.

3.5. La promotion de l'efficacité énergétique dans le secteur industriel

Le programme vise à amener les industriels à plus de sobriété et de pondération dans leur consommation énergétique. En effet, l'industrie représente un enjeu pour la maîtrise de l'énergie du fait que sa consommation énergétique est appelée à croître à la faveur de la relance de ce secteur. A ce titre, l'objectif attendu en matière d'économie d'énergie est évalué à plus de 34 millions de TEP ; Pour plus d'efficacité énergétique, il est prévu :

- La généralisation des audits énergétiques et du contrôle des procédés industriels qui permettront d'identifier les gisements d'économie d'énergie substantiels et de préconiser des plans d'actions correctifs ;
- L'encouragement des opérations de réduction de la surconsommation des procédés industriels, à travers un soutien de l'Etat financier au financement de ces opérations.

3.6. La promotion du gaz de pétrole liquéfié carburant (GPL/c) et du gaz naturel Carburant (GNc)

Le programme vise à promouvoir les carburants les plus disponibles et les moins polluants, en l'occurrence, le GPLc et le GNc.

L'objectif étant d'enrichir la structure de l'offre des carburants et de contribuer à atténuer les effets des carburants classiques sur la santé et l'environnement.

Ce programme prévoit, à terme, la généralisation de l'utilisation des carburants propres dans les transports individuels et collectifs, notamment, dans les grands centres urbains.

4 Règlementation thermique Algérienne du bâtiment

La réglementation thermique du bâtiment est une discipline de la thermique visant à étudier les besoins énergétiques des bâtiments. Elle aborde principalement les notions d'isolation thermique et de ventilation afin d'offrir le meilleur confort thermique aux occupants. Elle aborde aussi les problématiques de fourniture d'énergie pour le chauffage et de production d'eau chaude sanitaire. 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 (généralement de l'intérieur vers l'extérieur). Les lois relatives à la maîtrise d'énergie sont : La loi 09 - 99 du 28 juillet 1999 : Elle est considéré comme une loi cadre relative à la maîtrise d'énergie, son rôle est d'assurer un des objectifs fondamentaux de la politique énergétique en Algérie. Par la gestion rationnelle de la demande d'énergie et fixe des nombreux aspects liés à la maîtrise d'énergie dans le domaine de la construction. Le décret exécutif n° 2000-90 du 24 Avril 2000 : Il porte la réglementation thermique dans les bâtiments neuf à usage d'habitation. La loi 04 – 09 du 14 Août 2004 : Elle est relative à la promotion des énergies renouvelables dans le cadre du développement durable. Le décret exécutif 04- 149 du 19 Mai 2004 : Il fixe les modalités d'élaboration du programme national de la maîtrise d'énergie. Décret exécutif n° 05-16 du 11 janvier 2005 : Il fixe les règles spécifiques d'efficacité énergétique applicables aux appareils fonctionnant à l'électricité, au gaz et aux produits pétroliers. Arrêté interministériel du 29 Novembre 2008 : Il définit la classification d'efficacité énergétique des appareils à usage domestique soumis aux règles spécifiques d'efficacité énergétique pour ceux qui fonctionnent à l'énergie électrique.

5 Consommation d'énergie au Maroc

La consommation d'énergie au Maroc diffère un peu de celle de l'Algérie.

5.1. La consommation énergétique par type d'énergie

La consommation finale d'énergie au Maroc (après raffinage, transformation en électricité ou en chaleur de réseau, transport, etc) a évolué comme suit :

La consommation totale en 2018 est 16,29 M Tep

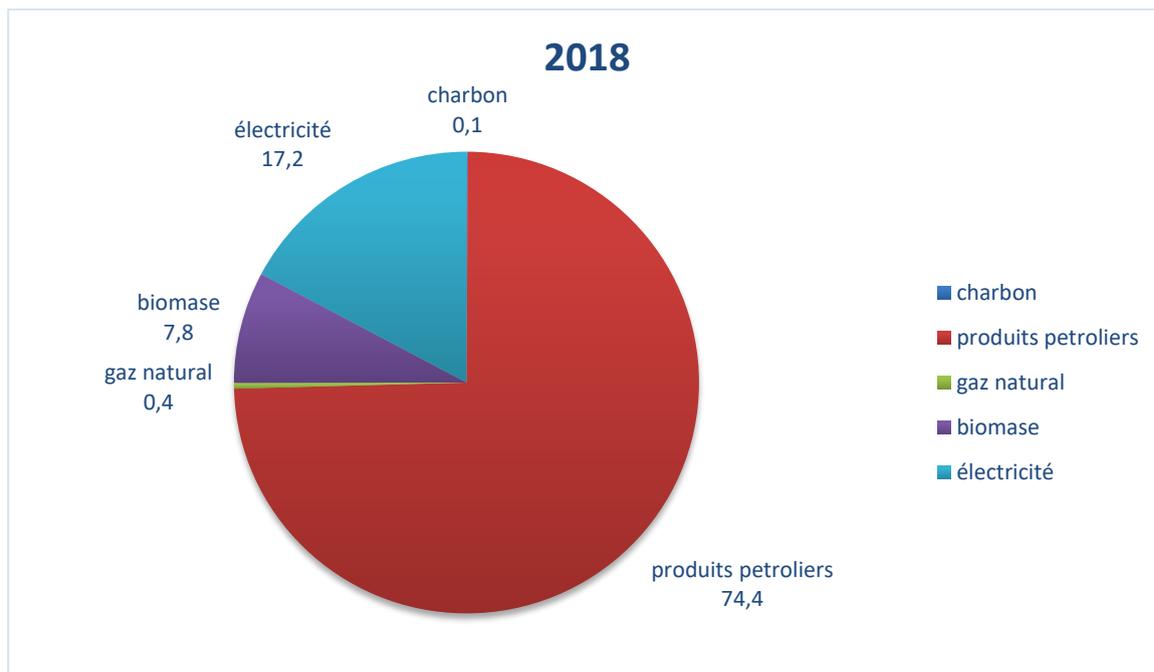


Figure 5. Consommation énergétique finale au Maroc par type en 2018

5.2. La consommation énergétique par secteur

La figure suivante présente la répartition de la consommation d'énergie par secteur.

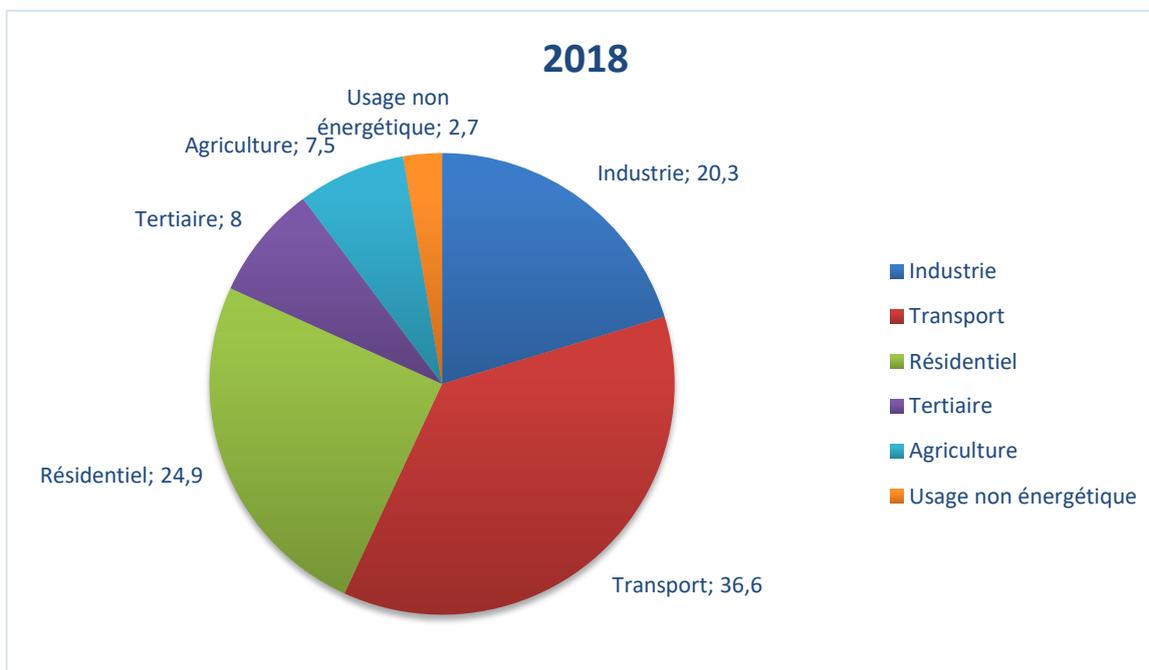


Figure 6. Consommation énergétique finale au Maroc par secteur en 2018

On remarque que le secteur le plus énergivore est le transport (36.6%) suivi du secteur résidentiel (24.9%). Les secteurs de l'industrie et l'agriculture occupent la troisième et la quatrième place ; classement similaire à celui de l'Algérie.

6 Réglementation thermique marocaine du bâtiment

Ce règlement, développé par l'agence nationale pour le développement des énergies renouvelable et de l'efficacité énergétique ; présente les exigences techniques du nouveau Règlement Thermique de Construction au Maroc (RTCM), développé dans le cadre du projet de code d'efficacité énergétique dans le bâtiment. Ce code est axé sur deux volets, un volet passif relatif aux exigences de performance énergétique de l'enveloppe (isolation thermique des parois, orientation, matériaux de construction), et un volet actif (éclairage, climatisation, chauffage, ventilation et équipements électroménagers).

Pour une application optimale du Règlement Thermique de Construction au Maroc, ce document présente également la première carte de zonage climatique du Maroc, avec les six zones identifiées.

Deux approches sont définies et détaillées dans ce document. Une approche performancielle, pour laquelle les niveaux sont exprimés en termes de besoins spécifiques annuels de chauffage et de climatisation, en kWh/m²/an, par rapport à des températures intérieures de référence. Une deuxième approche dite prescriptive vient compléter la première, où les niveaux sont exprimés, pour chaque type de bâtiments et chaque zone climatique, sous forme de coefficients maximaux de transmission thermique (U en W/m².K) des murs, de la toiture, des planchers bas et de facteurs solaires (FS) des fenêtres, en fonction du rapport de la surface des ouvertures vitrées à la surface brute de la façade.

7 Calcul des déperditions

Calculer les déperditions thermiques c'est déterminer la quantité de chaleur à fournir pour le chauffage d'une pièce à température donnée. Cette chaleur fournie compense les pertes par les parois et l'aération du local, on peut synthétiser les différentes déperditions thermiques d'un bâti.

- par transmission à travers les murs et parois,
- par les liaisons entre murs et parois,
- par les sols et planchers,
- par la ventilation naturelle ou forcée

7.1 Bases de calcul

7.1.1 Principe général

Le calcul des déperditions d'une maison repose sur :

- définir les volumes thermiques,
- calculer pour chaque volume thermique les pertes par transmission et les pertes par renouvellement d'air,

7.1.2 Expression générale des déperditions

7.1.2.1 Déperditions totales d'un logement

Les déperditions totales pour un logement, contenant plusieurs volumes thermiques, sont données par :

$$D = \sum D_i \text{ [W/°C]}$$

Où (D_i) représentent les déperditions totales du volume i .

7.1.2.2 Déperditions totales d'un volume

Les déperditions totales d'un volume i sont données par l'équation 1 :

$$D_i = (D_T)_i + (D_R)_i \text{ [W/°C]}$$

Équation 1: Déperditions totales

Où :

- ($(D_T)_i$) représente les déperditions par transmission du volume i .
- ($(D_R)_i$) représente les déperditions par renouvellement d'air du volume i

Déperditions par transmission d'un volume

Les déperditions thermiques par transmission $(DT)_i$ d'un volume i sont données par l'équation 2

$$(DT)_i = (Ds) + (Dli) + (Dsol) + (Dlnc) \quad [W/^\circ C]$$

Équation 2: Déperditions thermiques par transmission

Où :

- $(Ds)_i$ représente les déperditions surfaciques à travers les parties courantes des parois en contact avec l'extérieur.
- $(D li)_i$ représente les déperditions à travers les liaisons.
- $(D sol)_i$ représente les déperditions à travers les parois en contact avec le sol.
- $(D lnc)_i$ représente les déperditions à travers les parois en contact avec les locaux non chauffés.

7.1.2.3 Déperditions par renouvellement d'air d'un volume

Les déperditions par renouvellement d'air d'un volume i $(DR)_i$ sont données par l'équation 3 :

$$(DR)_i = (DR_v) + (DR_s) \quad [W/^\circ C]$$

Équation 3: Déperditions par renouvellement d'air.

Où :

- $(DR_v)_i$ représente les déperditions dues au fonctionnement normal des dispositifs de ventilation.
- $(DR_s)_i$ représente les déperditions supplémentaires dues au vent.

7.1.2.4 Relation entre les déperditions de logement et les déperditions des volumes

Les déperditions par transmission du logement sont égales à la somme des déperditions par transmission des différents volumes i , soit $D_T = (D_T)_i$.

Les déperditions par renouvellement d'air du logement sont égales à la somme des déperditions par renouvellement d'air des différents volumes i , soit $D_R = (D_R)_i$.

7.1.3 Vérification et déperditions de référence*7.1.3.1 Vérification réglementaire*

Les déperditions par transmission D_T du logement doivent vérifier : $D_T \leq 1.05 D_{réf} \quad [W/^\circ C]$

- (D_T) représente les déperditions par transmission du logement.
- $(D_{réf})$ représente les déperditions de référence.

7.1.3.2 *Calculs des déperditions de référence*

Les déperditions de référence sont calculées par l'équation 4 :

$$DT = a S1 + b S1 + c S1 + d S1 + e S1 [W/°C]$$

Équation 4: Déperditions de référence

Où:

Les Si en (m2), représentent les surfaces des parois en contact avec l'extérieur, un comble, un vide sanitaire, un local non chauffé ou le sol, elles concernent respectivement :

- S1 La toiture.
- S2 Le plancher bas, y compris les planchers bas sur locaux non chauffés ou sur sols.
- S3 Les murs.
- S4 Les porte.
- S5 Les fenêtres et la porte-fenêtre

S1, S2 et 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.

Les coefficients (a, b, c, d, e) [W/m²°C] sont donnés dans le tableau 1. Ils dépendent de la nature du logement et de la zone climatique.

Tableau 3. Zones climatique

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
A1	1,10	2,40	1,40	3,50	4,50	0,90	2,40	1,20	3,50	4,50
B	1,10	2,40	1,20	3,50	4,50	0,90	2,40	1,20	3,50	4,50
C	1,10	2,40	1,20	3,50	4,50	0,90	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

Pour le calcul des déperditions de référence, on ne prend pas en compte les déperditions de références par renouvellement d'air. Les coefficients (a, b, c, d, e) correspondent en fait à des coefficients K globaux bien entendus, ils ne représentent pas chacun une valeur limite intrinsèque à ne pas dépasser puisque seul le total de l'addition est caractéristique et que des compensations sont possibles.

7.2 Déperditions surfaciques par transmission à travers les parois

Expression générale

7.2.1 Parois séparant deux ambiances à des températures différentes

Les déperditions surfaciques par transmission à travers une paroi, pour une différence de température de 1°C entre les ambiances qui séparent ces parois, sont données par l'équation 5 :

$$D_s = K \cdot A \text{ [W/°C]}$$

Équation 5: déperditions de surfacique

Où :

- K en [W/m²°C] est le coefficient de transmission surfacique (appelé aussi conductance).
- A en (m²) est la surface intérieure de la paroi.

7.2.2 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 nulles. 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 aient des températures différentes.

Limites de calcul

Pour les panneaux légers à parement et ossature conducteurs avec ou sans coupure isolante, pour les panneaux sandwichs, et d'une façon générale pour tous les procédés de construction non traditionnels, le coefficient K à utiliser dans les calculs est celui donné par le document d'avis technique. Ou à défaut celui fourni par le fabricant.

Coefficient d'échange global K des parois opaques

Principes de calcul

Si la paroi est homogène sur toute sa surface, le coefficient K à utiliser est celui calculé pour la partie courante.

Expression générale

Le coefficient d'échange global K est donné par l'équation 6 :

$$\frac{1}{k} = \sum R_i + \frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i} \text{ [m}^2 \cdot \text{°C/w]}$$

Équation 6: Coefficient d'échange global K des parois opaques

Où :

- $\sum R_i$ 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 dépend de la nature du matériau, c'est-à-dire s'il est homogène ou non.

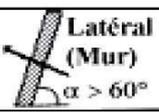
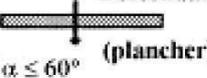
- $\frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i}$ Représente la somme des coefficients d'échange superficiel, prise conformément h_e h_i

Aux conventions adoptées.

Pour une toiture, les matériaux de protection placés au-dessus de l'étanchéité ne sont pas pris en compte dans le calcul du coefficient K

Les résistances thermiques d'échanges superficiels extérieurs sont données dans le tableau 2

Tableau 4. Résistances thermiques d'échanges superficiels extérieurs

$\frac{1}{h}$ en m ² .C/W	Paroi en contact avec :			Paroi en contact avec :		
	1/h _i	1/h _e	1/h _i + 1/h _e	1/h _i	1/h _e	1/h _i + 1/h _e
 Latéral (Mur) $\alpha > 60^\circ$	0,11	0,06	0,17	0,11	0,11	0,22
 Ascendant (toiture) $\alpha \leq 60^\circ$	0,09	0,05	0,14	0,09	0,09	0,18
 Descendant (plancher) $\alpha \leq 60^\circ$	0,17	0,05	0,22	0,17	0,17	0,34

7.2.3 Résistance thermique d'une couche homogène

La résistance thermique d'une couche est donnée par la formule équation 7 :

$$R_i = \frac{e_i}{\lambda}$$

Équation 7: La résistance thermique d'une couche homogène

Où :

- R_i représente la résistance thermique de la couche i .
- e_i en(m) représente l'épaisseur de la couche de matériau.
- λ_i en (W/m. °C) représente la conductivité thermique du matériau.

7.2.4 Résistance thermique d'une couche hétérogène

La résistance thermique d'une couche hétérogène est donnée directement en fonction de l'épaisseur de la couche de matériau. Les valeurs des résistances thermiques sont soit tirées des tableaux donnés en annexe, soit fournies par le document d'avis techniques, ou à défaut par le fabricant.

7.2.5 Résistance thermique d'une lame d'air

La résistance thermique d'une lame d'air est obtenue à partir du tableau 3

Tableau 5. Résistance thermique d'une lame d'air

Position de la lame d'air	Sens du flux de chaleur	Epaisseur de la lame d'air en mm						
		5 à 7	8 à 9	10 à 11	12 à 13	14 à 24	25 à 50	55 à 300
Verticale	Horizontal	0,11	0,13	0,14	0,15	0,16	0,16	0,16
Horizontale	Ascendant	0,11	0,12	0,13	0,14	0,14	0,14	0,14
	descendant	0,11	0,13	0,14	0,15	0,16	0,18	0,20

7.2.6 Coefficient K des parois vitrées

Limites du calcul

Les parois vitrées sont celles dont les menuiseries sont en bois, ou métallique, de fabrication courante. Pour tout autre type de menuiserie, on pourra se reporter aux avis techniques les concernant, ou à défaut se rapprocher du fabricant.

Le coefficient K des parois vitrées est donné par l'équation 8 :

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{k_{vN}} + r_v + r_{rid} + r_{occ} \text{ [m}^2 \cdot \text{°C/w]}$$

Équation 8: Coefficient d'échange global K des parois vitrées

Où :

- K_{vn} en (W/m². °C) représente le coefficient K du vitrage nu, voir tableau
- r_v en (m². °C/W) représente la résistance supplémentaire des voilages éventuels, on adapte :
 $r_v = 0.025$.
- r_{rid} en (m². °C/W) représente la résistance supplémentaire des rideaux éventuels on adapte :
 $r_{rid} = 0.030$
- r_{occ} (m². °C/W) représente la résistance supplémentaire des occultations.

La résistance des occultations ou des systèmes associés aux vitrages dans le but de constituer une isolation thermique nocturne (volet, stores,...), r_{occ} est donnée par l'équation 9 :

$$r_{occ} = 0.16 + \frac{e_{occ}}{\lambda_{occ}} \text{ [m}^2 \cdot \text{°C/w]}$$

Équation 9: Résistance thermique de l'occultation

Où :

- e_{occ} en (m) représente l'épaisseur de l'occultation.
- λ_{occ} en (W/m. °C) est la conductivité thermique du matériau constituant l'occultation.

Tableau 6. Coefficient de transmission du vitrage

Type de vitrage	Epaisseur de la lame d'air (en mm)	Nature de la menuiserie	Paroi verticale	Paroi horizontale
Vitrage Simple	-	Bois	5,0	5,5
		Métal	5,8	6,5
Vitrage Double	5 à 7	Bois	3,3	3,5
		Métal	4,0	4,3
	8 à 9	Bois	3,1	3,3
		Métal	3,9	4,2
	10 à 11	Bois	3,0	3,2
		Métal	3,8	4,1
	12 à 13	Bois	2,9	3,1
		Métal	3,7	4,0
Double Fenêtre	plus de 30	Bois	2,6	2,7
		Métal	3,0	3,2

7.3 Déperditions à travers les ponts thermiques :

Les liaisons à la jonction des parois (entre deux parois extérieures, entre une paroi intérieure et une paroi extérieure) et les liaisons entre les murs et les menuiseries, appelées communément ponts thermiques, constituent des sources supplémentaires de déperditions. En outre ces liaisons, points faibles thermiques, sont souvent à l'origine de désordres dans la construction (dus à la condensation principalement). Les déperditions à travers les liaisons, ou pont thermique, D_{li} pour une différence de température de 1°C , sont données par la formule 10 :

$$D_{li} = k_l \times L \text{ [W/}^{\circ}\text{C]}$$

Équation 10: Déperditions à travers les liaisons

Où :

k_l en (W/m. $^{\circ}\text{C}$) représente le coefficient de transmission linéique de la liaison.

L en (m) représente la longueur intérieure de la liaison.

Type des liaisons :

On distingue trois types de liaisons :

- Liaisons entre un mur et une menuiserie extérieure.
- Liaisons de deux parois extérieures.
- Liaisons entre une paroi intérieure et une paroi extérieure

Tableau 7. Coefficient K à travers les liaisons entre mur et menuiserie extérieure

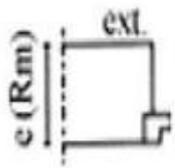
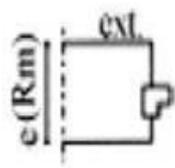
Schéma Vue en plan		
Signification	Menuiserie au nu intérieur	Menuiserie en ébrasement
Valeurs de k_l (W/m. $^{\circ}\text{C}$)	$\frac{0,9 \times e}{1,25 + R_m}$	

Tableau 8. Coefficient K à travers les liaisons de deux parois extérieures

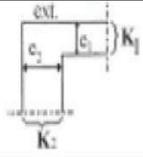
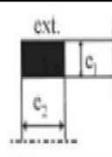
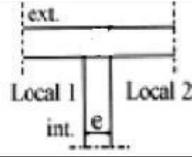
Schéma Vue en plan		
Signification	Parois identiques ou s'imbriquant	L'angle est constitué par un poteau en béton armé ou par un chaînage.
Valeurs de k (W/m.°C)	0,2 × K × e	0,45 × e

Tableau 9. Coefficient K à travers les liaisons paroi intérieur et paroi extérieure

Schéma	
Signification	Paroi extérieure courante. Paroi intérieure non isolée qu'elle fasse saillie ou non.
Valeurs de k ₁ (W/m.°C)	$\frac{0,4 \times e}{R + 0,15}$

7.4 Calcul des déperditions par renouvellement d'air

Expression générale

Les déperditions par renouvellement d'air DR d'un logement ont pour expression l'équation

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

Équation 11: Déperditions par renouvellement d'air

Où :

0,34 (en Wh/m³.°C) est la chaleur volumique de l'air ;

Q_v (en m³/h) est le débit spécifique de ventilation ;

Q_s (en m³/h) est le débit supplémentaire par infiltrations dues au vent.

$0,34 \times Q_v$ (en $W/^\circ C$) représente les déperditions dues au fonctionnement normal des dispositifs de ventilation, notées D_{Rv} ; de même, $0,34 \times Q_s$ (en $W/^\circ C$) représente les déperditions supplémentaires dues au vent, notées D_{Rs}

Débit spécifique de ventilation

Le débit spécifique de ventilation Q_v est calculé par rapport au débit extrait de référence Q_{vref} .

Le débit extrait de référence Q_{vref} est déterminé en considérant que la ventilation est générale et permanente.

Une ventilation est dite générale (système de ventilation le plus courant) lorsque l'extraction de l'air vicié s'effectue dans les pièces de service (SDB, W-C, salle d'eau et cuisine).

L'aération est considérée permanente car l'enveloppe d'un bâtiment n'est jamais parfaitement étanche à l'air.

La détermination du débit spécifique de ventilation s'effectue de la même manière quel que soit le système de ventilation. En effet, ce débit est lié principalement aux exigences d'hygiène.

Le débit spécifique de ventilation Q_v pour un logement est donné par l'équation 12 :

$$Q_v = \text{Max} \left[0,6 \times Vh \cdot Q_{vref} \right] \left[m^3 / h \right]$$

Équation 12: Débit spécifique de ventilation Q_v

Le débit extrait de référence Q_{vref} est donné par la formule 13 :

$$Q_{vref} = \frac{5Q_{vmin} + Q_{vmax}}{6} \left[m^3 / h \right]$$

Équation 13: Débit extrait de référence Q_{vref}

Où :

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

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

Le débit extrait de référence est égal à la valeur pondérée par rapport au temps d'un débit extrait maximum de référence établi 4 h par jour, et d'un débit extrait minimal de référence établi le reste du temps.

Les valeurs du débit extrait minimal de référence Q_{vmin} , en fonction du nombre de pièces principales du logement, sont données dans le tableau 8.

Tableau 10. Débit extrait minimal de référence

Nombre de pièces principales	1	2	3	4	5	>5
Q_{vmin} (en m^3/h)	25	50	75	100	110	On ajoute $10m^3/h$

Le débit extrait maximal de référence Q_{vmax} est la somme des débits extraits de chaque pièce de service du logement, dont les valeurs sont données dans le tableau 9

Tableau 11. Débit extrait maximal de référence

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

Débit supplémentaire par infiltrations dues au vent

Le débit supplémentaire dû au vent est déterminé en considérant seulement le débit d'air supplémentaire s'infiltrant par les ouvrants, et dont l'écoulement s'effectue de la façade au vent à la façade sous le vent (on parle de débit "traversant").

Les ouvrants concernés pour la détermination du débit supplémentaire dû au vent sont ceux faisant partie des parois extérieures, et ceux faisant partie des parois en contact avec des circulations ouvertes sur l'extérieur

Par exemple, les parois donnant sur une cage d'escalier fermée ne doivent pas être prises en compte lors du calcul du débit supplémentaire dû au vent.

Le débit supplémentaire Q_s dû à l'effet du vent pour un logement est donné par l'équation 14 :

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

Équation 14: Débit supplémentaire Q_s

Où :

P_{pi} (en 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 .

La perméabilité d'une paroi i P_{pi} est donnée par la formule suivante :

$$P_{pi} = \sum (P_{oj} \times A_j) \quad [m^3/h \text{ sous } \Delta P = 1 \text{ Pa}]$$

Équation 15: Perméabilité d'une paroi

Où :

P_{oj} (en $m^3/h.m^2$ sous $\Delta P = 1$ Pa) est la perméabilité surfacique à l'air de l'ouvrant j c'est à dire le débit d'air traversant $1 m^2$ de paroi sous une différence de pression ΔP de 1 Pa ; les valeurs de P_o pour les ouvrants courants sont regroupées dans le tableau ci-après. Pour les autres types d'ouvrants (à étanchéité améliorée ou à étanchéité renforcée), les valeurs de P_o doivent être fournies par le document d'Avis Technique.

j est la surface de l'ouvrant (en m^2).

Tableau 12. Perméabilité surfacique à l'air des ouvrants

Type de parois	Valeurs de P_o ($m^3/h.m^2$ sous $\Delta P = 1$ Pa)
Fenêtre ou porte fenêtre	4,0
Porte avec seuil et joint d'étanchéité	1,2
Porte	6,0
Double fenêtre	2,4

Le coefficient d'exposition au vent e_v est tiré du tableau 11

Tableau 13. Coefficient d'exposition au vent

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

*La hauteur H correspond à la moyenne de la distance entre le sol et la mi-hauteur des ouvrants de la paroi considérée.

*Les classes de rugosité du site d'implantation du bâtiment sont définies ci-dessous :

Rugosité de classe I : bord de mer ;

Rugosité de classe II : rase campagne, aéroport ;

Rugosité de classe III : zones rurales avec arbres, haies, zones faiblement urbanisées ;

Rugosité de classe IV : zones urbaines ; zones industrielles ; forêts ;

Rugosité de classe V : centre des grandes villes.

Les rugosités ci-dessus sont celles définies dans le DTR "Règlement Neige et Vent - RNV 99".

Le coefficient d'exposition au vent caractérise le rapport entre le débit d'air pour la différence de pression due au vent, et le débit d'air dû aux infiltrations pour une différence de pression de 1 Pascal.

7.5 Calcul de la puissance de chauffage P

La puissance de chauffage Q nécessaire pour un logement est donnée par l'équation 16 :

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

Équation 16: Puissance de chauffage Q

Où :

- t_{bi} (en °C) représente la température intérieure de base,
- t_{be} (en °C) représente la température extérieure de base,
- D_T (en W/°C) représente les déperditions par transmission du logement,
- D_R (en W/°C) représente les déperditions par renouvellement d'air du logement,
- 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.

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.

Pour un immeuble pourvu d'un chauffage commun, la puissance Q est calculée en effectuant la somme des puissances à fournir pour chaque logement.

La puissance de chauffage Q_i nécessaire pour un volume thermique s'obtient en utilisant l'équation 13, et en remplaçant les termes D_T par $(D_T)_i$, et D_R par $(D_R)_i$

Le coefficient 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".

On entend par construction de classe d'inertie forte :

- Les constructions dans lesquelles la structure porteuse est en maçonnerie, et dans lesquelles les matériaux utilisés sont des pierres taillées, des produits usinés tels que la brique silico-calcaire, le parpaing, la brique en terre cuite, la brique en terre stabilisée, le plâtre, etc.

- Les constructions dans lesquelles la structure porteuse est constituée de poteaux/poutres en béton armé ou de voiles, où les planchers sont soit des planchers hourdis, soit des dalles pleines, et dans lesquelles l'enveloppe est réalisée en maçonnerie,

Les constructions dans lesquelles la structure porteuse est constituée d'éléments préfabriqués en béton, où les planchers sont eux aussi préfabriqués en béton, et dans lesquelles les façades sont soit en maçonnerie, soit préfabriquées (panneaux-sandwichs à parements en béton armé).

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.

On parle de "chauffage individuel" lorsque la source de chaleur (poêle, appareil électrique, etc.) est placée directement dans le volume à chauffer. On parle de "chauffage central" quand, à partir d'une source de chaleur unique (chaudière par exemple), on chauffe un certain nombre de pièces par l'intermédiaire d'un véhicule de chaleur (eau, vapeur, air) transporté dans un réseau de tuyauteries.

7.5.1 Température intérieure de base

La température intérieure de base est la température de l'air que l'on désire obtenir au centre de la pièce en absence de tout apport de chaleur autre que celui fourni par l'installation de chauffage.

Sauf spécifications particulières, 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

7.5.2 Température extérieure de base

La température extérieure de base est une température telle que les températures minimales quotidiennes ne lui sont inférieures que cinq jours par an. Par souci d'économie, une installation de chauffage n'est jamais calculée pour assurer le confort optimal pour la température la plus basse de tous les minimas annuels. On utilise donc une température extérieure de référence, dite température extérieure de base

Tableau 14. Températures extérieures de base

Zones	Altitude (m)	tbe (°C)	Zones	Altitude (m)	tbe (°C)
Zone A	<300	3	Zone C	<300	1
	300 à 450	2		300 à 450	0
	450 à 600	1		450 à 600	-1
	600 à 800	0		600 à 800	-2
	> 800	-1,5		> 800	-4,5
Zone A1	< 300	7	Zone D	< 300	4
	300 à 450	6		300 à 450	3
	450 à 600	5		450 à 600	2
	600 à 800	4		600 à 800	1
	> 800	2,5		> 800	-0,5
Zone B	< 450	-2			
	450 à 600	-3			
	600 à 800	-4			
	> 800	-5,5			

Chapitre II
Analyse de la
conformité

1 Introduction

En Algérie, le secteur du bâtiment est le secteur le plus énergivore. Sa consommation représente plus de 42% de la consommation finale. Suivant sa conception, cette consommation varie énormément.

Dans ce chapitre nous présentons une analyse de l'efficacité énergétique de trois projets de conceptions différentes réalisés dans la ville de Blida.

Pour chaque projet, cette analyse repose sur l'évaluation des déperditions d'énergie dans trois appartements situés respectivement au premier, au deuxième et au dernier étage. Le calcul de ces déperditions est réalisé suivant les directives de la réglementation algérienne définie dans les documents techniques réglementaires intitulés DTR « Réglementation Thermique du Bâtiment établi par le CNERIB (Centre National d'études et de Recherches Intégrés dans le bâtiment).

Deux approches sont utilisées dans cette réglementation:

- L'approche quasi-stationnaire faisant objet de ce chapitre, qui consiste à admettre qu'en moyenne, les flux de chaleur transférés à l'extérieur du bâtiment sont égaux aux flux de chaleur qui seraient transférés si les températures intérieures et extérieures étaient constantes et égales aux températures moyennes pendant la période considérée. Les installations de chauffage possédant généralement une régulation de température, cette approximation est assez bonne pour le calcul des besoins en chauffage lorsque les gains solaires passifs et les apports de chaleur internes (en dehors de l'installation de chauffage) sont faibles.
- L'approche dynamique permet au concepteur d'interpréter plus finement les phénomènes thermiques, et lui donnerait la possibilité de dimensionner de façon plus économique son installation. La méthode dynamique doit prendre en compte, au moins, la température extérieure et le rayonnement solaire. Les données correspondantes introduites pour le calcul doivent être au minimum horaires (au moins une donnée par heure).

2 Présentation et calcul des déperditions thermiques des projets

Les projets en question sont :

- Projet 1 :(Cité Ouled yaich) réalisé en 1999
- Projet 2 : (Cité Soumaa) réalisé en 2009
- Projet 3 : (Cité de Blida centre) réalisé en (2019)

2.1 Présentation du projet 1

Le plan d'architecture descriptif est présenté sur la figure 1. D'après ce plan ; on obtient les surfaces suivantes :

- L'aire de la surface habitable : 117 m²
- L'aire des murs extérieurs : 92.26 m²
- L'aire des parois vitrées : 18.07m²
- Compacité : 0.20

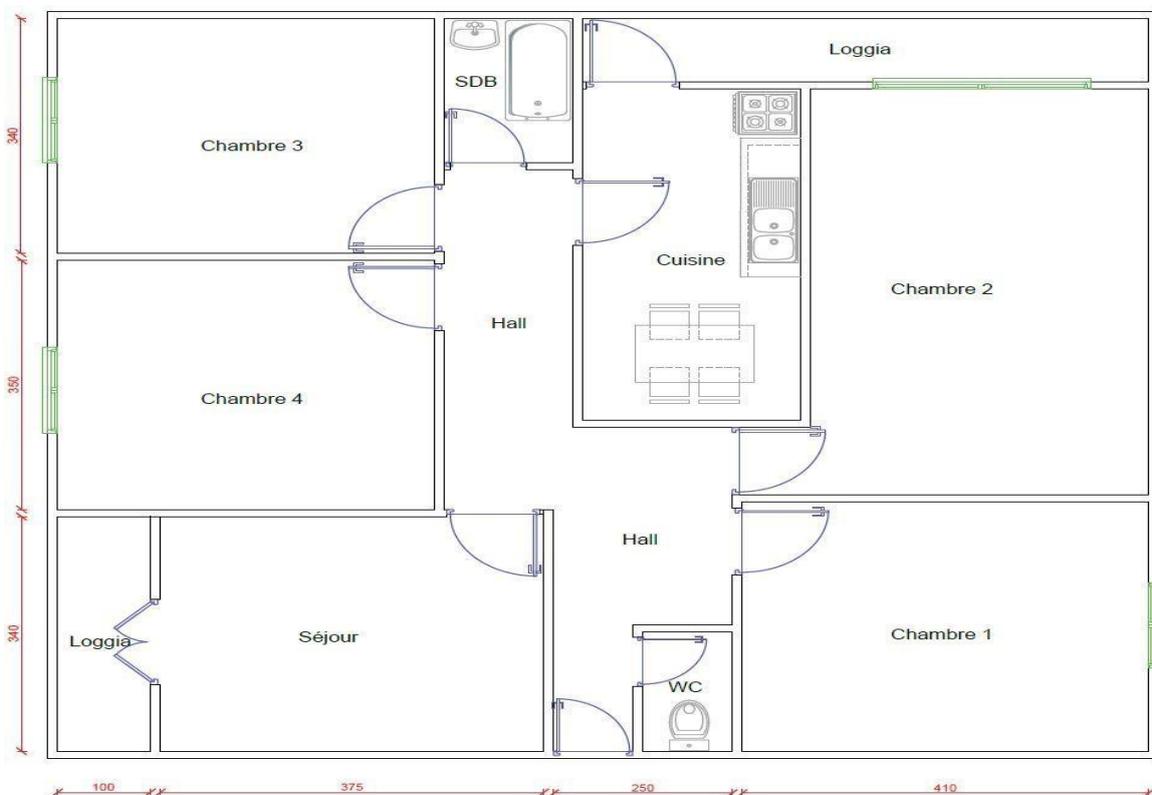


Figure 1. Plan d'architecture descriptif

Les murs - figure 2 - sont en simple brique de 25 cm d'épaisseur, recouverts par une couche fine de mortier ciment sur la face externe et une couche de plâtre sur la face interne, avec un vitrage simple de 4 mm d'épaisseur et une menuiserie en bois.

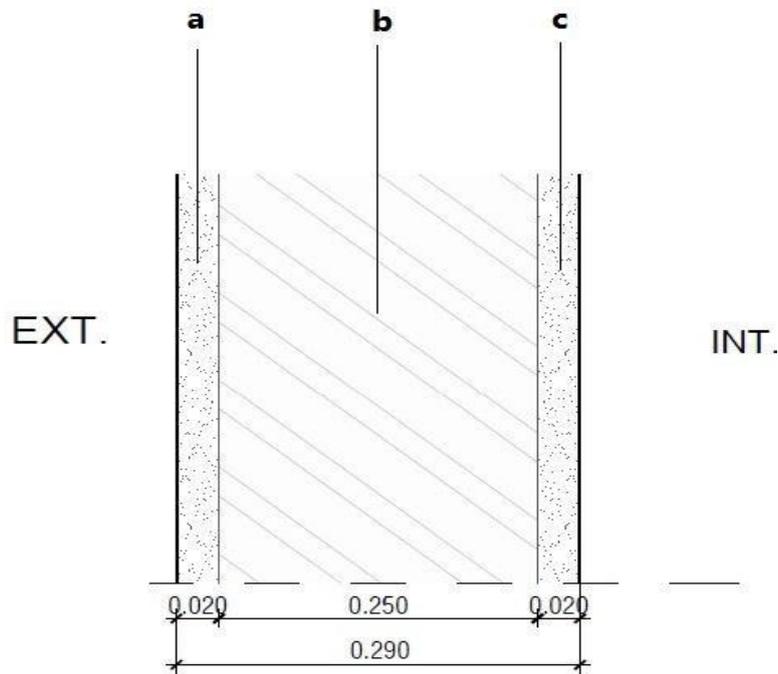


Figure 2: Composition murale

2.1.1 Evaluation des différents coefficients thermiques des murs

Le mur est constitué de plusieurs couches (a ; b ; c) de matériaux d'épaisseurs et de conductivités thermiques différentes-figure2-, la résistance thermique est donnée par :

$$\frac{1}{k} = \sum R_i + \frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i}$$

a: Enduit mortier..... (annexe)

$$\lambda=1.15 [w/m.^{\circ}c]$$

$$R = \frac{e}{\lambda} = \frac{0.02}{1.15} = 0.02 [m^2.^{\circ}c/w]$$

b: Brique creuse..... (annexe)

$$R=0.39 [m^2.^{\circ}c/w]$$

c: Enduit plâtre (annexe)

$$\lambda = 0.35 [w/m \cdot ^\circ c]$$

$$R = \frac{e}{\lambda} = \frac{0.02}{0.35} = 0.06 [m^2 \cdot ^\circ c/w]$$

Résistances superficielles (Chapitre I)

$$\frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i} = 0.17 [m^2 \cdot ^\circ c/w]$$

$$\frac{1}{k} = \sum R_i + \frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i}$$

$$\frac{1}{k} = 0.02 + 0.39 + 0.06 + 0.17$$

$$\frac{1}{k} = 0.64 [m^2 \cdot ^\circ c/w]$$

$$k = \frac{1}{\sum R_i + \frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i}}$$

$$k = \frac{1}{0.64}$$

$$k = 1.56 [w/m^2 \cdot ^\circ c]$$

2.1.2 Evaluation des coefficients thermiques de la toiture

Seul le logement du dernier étage est concerné par les déperditions de la toiture ; les autres logements sont en contact avec les locaux chauffés et par conséquent il n'y a pas de transfert thermique car le gradient de température est nul.

La toiture est composée d'entre vous en béton de 20 cm d'épaisseur, recouverts par une couche de béton de 10 cm suivis par une fine couche de finition en plâtre. La résistance

Thermique est donnée par :

$$\frac{1}{k} = \sum R_i + \frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i}$$

1- Entrevous(annexe)

$$R=0.2[m^2 \cdot ^\circ C/w]$$

2- Béton (annexe)

$$\lambda=0.46[w/m \cdot ^\circ C]$$

$$R = \frac{e}{\lambda} = \frac{0.1}{0.46} = 0.21[m^2 \cdot ^\circ C/w]$$

3-Plâtre(annexe)

$$\lambda=2.1[w/m \cdot ^\circ C]$$

$$R = \frac{e}{\lambda} = \frac{0.02}{0.35} = 0.05[m^2 \cdot ^\circ C/w]$$

4- Résistances superficielles..... (Chapitre I)

$$\frac{1}{k} = 0.2 + 0.21 + 0.05 + 0.22$$

$$\frac{1}{k} = 0.7 [m^2 \cdot ^\circ C/w]$$

$$k = \frac{1}{\sum R_i + \frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i}}$$

$$k = 1.4 [w/m^2 \cdot ^\circ C]$$

2.1.3 Evaluation des coefficients thermiques des planchers

Les planchers sont composés d'entrevous en béton de 20 cm d'épaisseur, recouverts par une couche de béton de 10 cm suivie par une fine couche de mortier ciment et une couche de

Carrelage. La résistance thermique est donnée par:

$$\frac{1}{k} = \sum R_i + \frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i} \quad [m^2 \cdot ^\circ C / w]$$

1- Entrevous(annexe)

$$R=0.2 \quad [m^2 \cdot ^\circ C / w]$$

2- Béton(annexe)

$$\lambda=0.46 \quad [w/m \cdot ^\circ C]$$

$$R = \frac{e}{\lambda} = \frac{0.1}{0.46} = 0.21 \quad [m^2 \cdot ^\circ C / w]$$

3-Mortier ciment(annexe)

$$\lambda=1.4 \quad [w/m \cdot ^\circ C]$$

$$R = \frac{e}{\lambda} = \frac{0.01}{1.4} = 0.007 \quad [m^2 \cdot ^\circ C / w]$$

4-Carrelage(annexe)

$$\lambda=1.0 \quad [w/m \cdot ^\circ C]$$

$$R = \frac{e}{\lambda} = \frac{0.01}{1} = 0.01 \quad [m^2 \cdot ^\circ C / w]$$

5-Résistances superficielles..... (Chapitre I)

$$\frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i} = 0.34 \quad [m^2 \cdot ^\circ C / w]$$

$$\frac{1}{k} = \sum R_i + \frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i} \quad [m^2 \cdot ^\circ C / w]$$

$$\frac{1}{k} = 0.2 + 0.21 + 0.007 + 0.01 + 0.34$$

$$\frac{1}{k} = 0.8 \quad [m^2 \cdot ^\circ C / w]$$

$$k = \frac{1}{\sum R_i + \frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i}}$$

$$k = 1.25 \quad [w/m^2 \cdot ^\circ C]$$

2.1.4 Evaluation des déperditions à travers les ponts thermiques

Les déperditions pour une différence de température de 1°C, sont données par la formule :

$$D = kl \times L [W/^{\circ}C]$$

Où :

kl en (W/m. °C) représente le coefficient de transmission linéique de la liaison.

L en (m) représente la longueur intérieure de la liaison.

On distingue trois types de liaisons :

- Liaisons entre un mur et une menuiserie extérieure.
- Liaisons de deux parois extérieures.
- Liaisons entre une paroi intérieure et une paroi extérieure.

Le tableau suivant dresse les diverses déperditions

Tableau 1. Déperditions à travers les ponts thermiques

Type de liaison	Déperditions (W/°C)
mur/ menuiserie extérieure.	19.66
Entre deux parois extérieures.	7.55
paroi intérieure /paroi extérieure	1.27
Déperditions totales	28.46

2.1.5 Evaluation des coefficients thermiques des parois vitrées

Pour un vitrage simple de 4 mm d'épaisseur et une menuiserie en bois, le coefficient K des parois vitrées est donné par la formule suivante :

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{k_{VN}} + r_v + r_{rid} + r_{occ} [m^2 \cdot ^{\circ}C/w]$$

Où :

- K_{vn} en (W/m². °C) représente le coefficient K du vitrage nu..... (annexe)

- r_v en (m². °C/W) représente la résistance supplémentaire des voilages éventuels, on adapte :

$$r_v = 0.025.$$

- r_{rid} en (m². °C/W) représente la résistance supplémentaire des rideaux éventuels on adapte :

$$r_{rid} = 0.030$$

- r_{occ} (m². °C/W) représente la résistance supplémentaire des occultations.

La résistance des occultations ou des systèmes associés aux vitrages dans le but de constituer une isolation thermique nocturne (volet, stores,...), r_{occ} est donnée par la formule :

$$r_{occ} = 0.16 + \frac{e_{occ}}{\lambda_{occ}} [m^2 \cdot ^\circ C/w]$$

Où :

- e_{occ} en (m) représente l'épaisseur de l'occultation.

- λ_{occ} en (W/m.°C) la conductivité thermique du matériau constituant l'occultation.....(annexe)

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{k_{VN}} + r_v + r_{rid} + 0.16 + \frac{e_{occ}}{\lambda_{occ}} [m^2 \cdot ^\circ C/w]$$

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{5} + 0.025 + 0.03 + 0.16 + \frac{0.005}{0.8} [m^2 \cdot ^\circ C/w]$$

$$k = 2.36 [w/m^2 \cdot ^\circ C]$$

2.2 Présentation du projet 2

Le plan d'architecture descriptif est présenté sur la figure 3. D'après ce plan, on obtient les surfaces suivantes :

- L'aire de la surface habitable : 88.54 m²
- L'aire des murs extérieurs : 109.6 m²
- L'aire des parois vitrées 15.67m²
- Compacité : 0.21

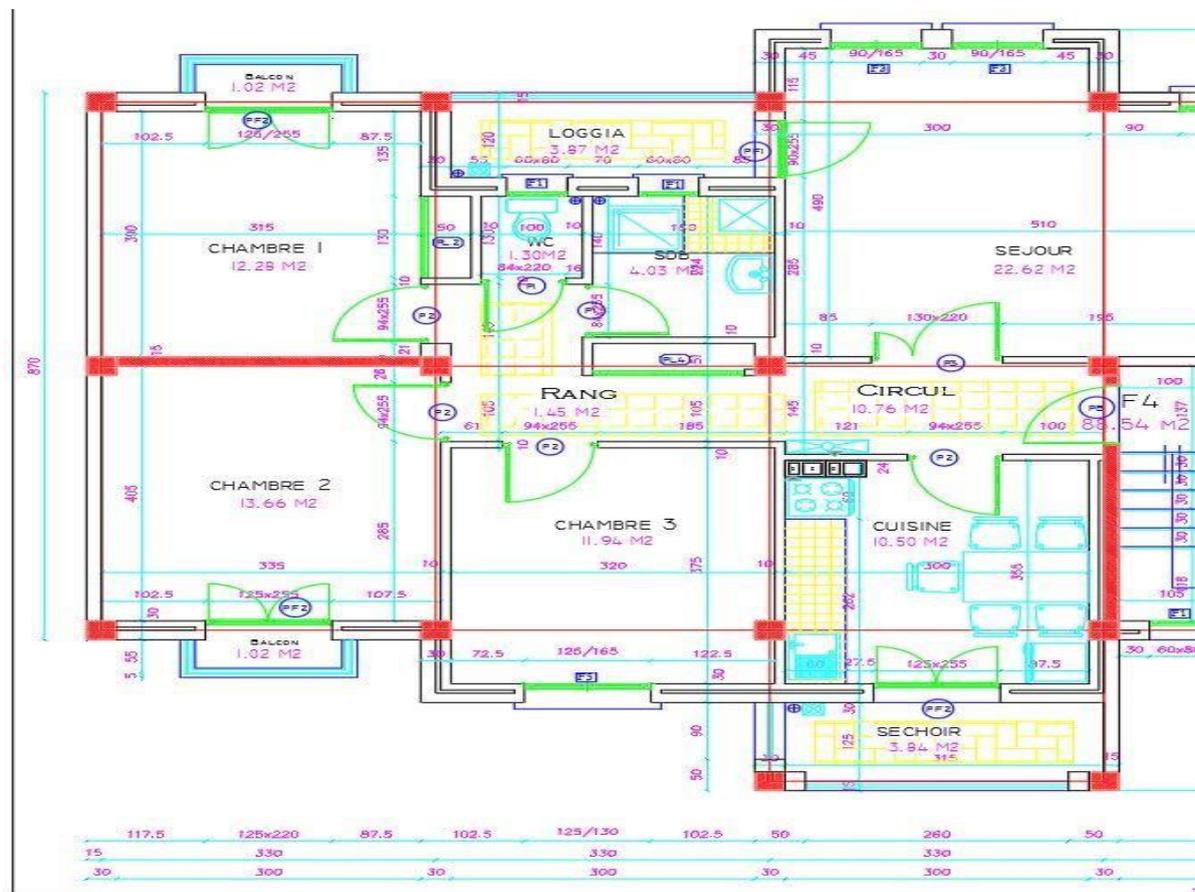


Figure 3. Plan d'architecture descriptif

Les murs de la figure 4 sont en double briques (10 cm et 15 cm), séparés par une lame d'air de 5cm d'épaisseur recouverts par une couche fine de mortier ciment sur la face extérieure et une couche de plâtre sur la face intérieure, avec un vitrage simple de 5 mm d'épaisseur et une menuiserie en PVC

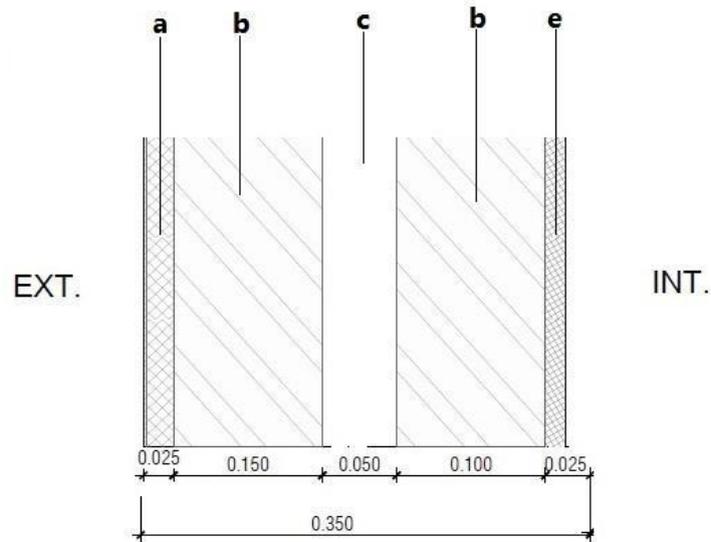


Figure 4. Plan d'architecture descriptif

2.2.1 Evaluation des différents coefficients thermiques des murs

Le mur est constitué de plusieurs couches (a ; b ; c ; d) de matériaux d'épaisseurs et de conductivités thermiques différentes –figure 4-, La résistance thermique est donnée par :

$$\frac{1}{k} = \sum R_i + \frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i} \quad [m^2 \cdot ^\circ C / w]$$

a : Enduit mortier..... (annexe)

$$\lambda = 1.15 [w / m \cdot ^\circ C]$$

$$R = \frac{e}{\lambda} = \frac{0.02}{1.15} = 0.02 [m^2 \cdot ^\circ C / w]$$

b: Brique creuse..... (annexe)

$$R = 0.30 [m^2 \cdot ^\circ C / w]$$

$$R = 0.20 [m^2 \cdot ^\circ C / w]$$

c: lame d'air(Chapitre I)

$$R = 0.16 [m^2 \cdot ^\circ C / w]$$

d: Enduit plâtre (annexe)

$$\lambda=0.35 [w/m.^{\circ}c]$$

$$R = \frac{e}{\lambda} = \frac{0.02}{0.35} = 0.06 [m^2.^{\circ}C/w]$$

Résistances superficielles (Chapitre I)

$$\frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i} = 0.17 [m^2.^{\circ}c/w]$$

$$\frac{1}{k} = \sum R_i + \frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i} [m^2.^{\circ}c/w]$$

$$\frac{1}{k} = 0.02 + 0.2 + 0.16 + 0.3 + 0.06 + 0.17$$

$$\frac{1}{k} = 0.91 [m^2.^{\circ}c/w]$$

$$k = \frac{1}{\sum R_i + \frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i}}$$

$$k = 1.1 [w/m^2.^{\circ}C]$$

2.2.2 Evaluation des coefficients thermiques de la toiture

Seul le logement du dernier étage est concerné par les déperditions de la toiture ; les autres logements sont en contact avec les locaux chauffés et par conséquent il n'y a pas de transfert thermique car le gradient de température est nul.

La toiture est composée d'entre vous en béton de 20 cm d'épaisseur, recouverts par une couche de béton de 10 cm suivis par une fine couche de finition en plâtre, la résistance

Thermique est donnée par

$$\frac{1}{k} = \sum^i R_i + \frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i} [m^2.^{\circ}c/w]$$

1- Entrevous(annexe)

$$R=0.2 [m^2.^{\circ}c/w]$$

2- Béton (annexe)

$$\lambda=0.46 [w/m.^{\circ}c]$$

$$R = \frac{e}{\lambda} = \frac{0.1}{0.46} = 0.21 [m^2.^{\circ}C/w]$$

3-Plâtre (annexe)

$$\lambda=2.1 [w/m.^{\circ}c]$$

$$R = \frac{e}{\lambda} = \frac{0.02}{0.35} = 0.06 [m^2.^{\circ}C/w]$$

4-Résistances superficielles..... (Chapitre I)

$$\frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i} = 0.22 [m^2.^{\circ}c/w]$$

$$\frac{1}{k} = \sum R_i + \frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i} [m^2.^{\circ}c/w]$$

$$\frac{1}{k} = 0.2 + 0.21 + 0.05 + 0.22$$

$$\frac{1}{k} = 0.68 [m^2.^{\circ}c/w]$$

$$k = \frac{1}{\sum R_i + \frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i}}$$

$$k = 1.4 [w/m^2.^{\circ}C]$$

2.2.3 Evaluation des coefficients thermiques des planchers

Les planchers sont composés d'entre vous en béton de 20 cm d'épaisseur, recouverts par une couche de béton de 10 cm suivis par une fine couche de mortier ciment et une couche de dalle de sol. La résistance thermique est donnée par

$$\frac{1}{k} = \sum R_i + \frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i} [m^2.^{\circ}c/w]$$

1- Entrevous(annexe)

$$R=0.2 [m^2.^{\circ}c/w]$$

2- Béton.....(annexe)

$$\lambda=0.46[w/m.^{\circ}c]$$

$$R = \frac{e}{\lambda} = \frac{0.1}{0.46} = 0.21 [m^2.^{\circ}C/w]$$

3- Mortier ciment(annexe)

$$\lambda=1.4[w/m.^{\circ}c]$$

$$R = \frac{e}{\lambda} = \frac{0.01}{1.4} = 0.007 [m^2.^{\circ}C/w]$$

4- Dalle de sol(annexe)

$$\lambda=1.0[w/m.^{\circ}c]$$

$$R = \frac{e}{\lambda} = \frac{0.01}{1} = 0.01 [m^2.^{\circ}C/w]$$

5- Résistances superficielles..... (Chapitre I)

$$\frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i} = 0.34 [m^2.^{\circ}c/w]$$

$$\frac{1}{k} = \sum R_i + \frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i} [m^2.^{\circ}c/w]$$

$$\frac{1}{k} = 0.2 + 0.21 + 0.007 + 0.34$$

$$\frac{1}{k} = 0.8 [m^2.^{\circ}c/w]$$

$$k = \frac{1}{\sum R_i + \frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i}}$$

$$k = 1.25 [w/m^2.^{\circ}C]$$

2.2.4 Evaluation des déperditions à travers les ponts thermiques

Les déperditions pour une différence de température de 1°C, sont données par la formule :

$$D = kl \times L \text{ [W/°C]}$$

Où :

kl en (W/m . °C) représente le coefficient de transmission linéique de la liaison.

L en (m) représente la longueur intérieure de la liaison.

On distingue trois types de liaisons :

- Les liaisons entre un mur et une menuiserie extérieure.
- Les liaisons de deux parois extérieures.
- Les liaisons entre une paroi intérieure et une paroi extérieure

Le tableau suivant dresse les diverses déperditions

Tableau 2. Déperditions à travers les ponts thermiques

Type de liaison	Déperditions [W/°C]
mur/ menuiserie extérieure.	16.73
Entre deux parois extérieures.	5.62
paroi intérieure /paroi extérieure	0
Déperditions totales	22.35

2.2.5 Evaluation des coefficients thermiques des parois vitrées

Pour un vitrage simple de 4 mm d'épaisseur faible émissivité et une menuiserie en PVC, le coefficient K des parois vitrées est donné par la formule suivante

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{k_{VN}} + r_v + r_{rid} + r_{occ} \quad [m^2 \cdot ^\circ C/w]$$

Où :

- K_{vn} en (W/m². °C) représente le coefficient K du vitrage nu..... (annexe)
- r_v en (m². °C/W) représente la résistance supplémentaire des voilages éventuels, on adapte :
 $r_v = 0.025$.
- r_{rid} en (m². °C/W) représente la résistance supplémentaire des rideaux éventuels on adapte :
 $r_{rid} = 0.030$
- r_{occ} (m². °C/W) représente la résistance supplémentaire des occultations.

La résistance des occultations ou des systèmes associés aux vitrages dans le but de constituer une isolation thermique nocturne (volet, stores,...), r_{occ} est donnée par la formule :

$$r_{occ} = 0.16 + \frac{e_{occ}}{\lambda_{occ}} \quad [m^2 \cdot ^\circ C/w]$$

Où

- e_{occ} en (m) représente l'épaisseur de l'occultation.
- λ_{occ} en (W/m.°C) la conductivité thermique du matériau constituant l'occultation....(annexe)

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{k_{VN}} + r_v + r_{rid} + 0.16 + \frac{e_{occ}}{\lambda_{occ}} \quad [m^2 \cdot ^\circ C/w]$$

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{4} + 0.025 + 0.03 + 0.16 + \frac{0.004}{1.15} \quad [m^2 \cdot ^\circ C/w]$$

$$k = 2.01 \quad [w/m^2 \cdot ^\circ C]$$

2.3 Présentation du projet 3

Le plan d'architecture descriptif est présenté sur la Figure 5. D'après ce plan, on obtient les surfaces suivantes :

- L'aire de la surface habitable : 159.37 m²
- L'aire des murs extérieurs : 115.25 m²
- L'aire des parois vitrées : 41.21m²
- Compacité : 0.27

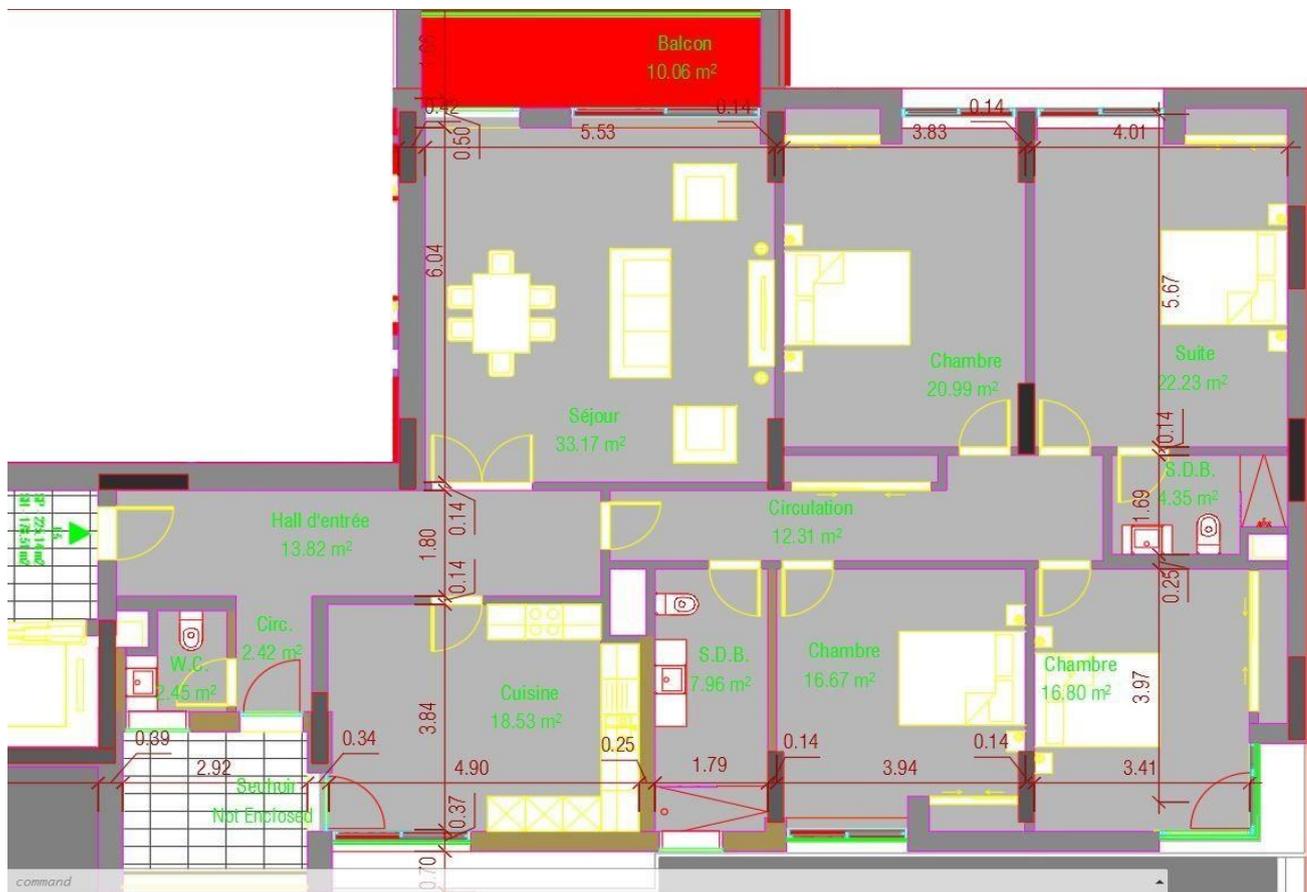


Figure 5. Plan d'architecture descriptif

Les murs de la figure 6 sont en simple brique (15cm), recouverts par une plaque en polystyrène de 10 cm d'épaisseur et une couche fine de mortier ciment sur la face externe et une plaque de plâtre (BA13) et une lame d'air de 2.5 cm sur la face interne , avec un double vitrage 4mm et 5 mm d'épaisseur (lame d'air de 18 mm et une vitre extérieure à faible émissivité) et une menuiserie en Aluminium avec rupture des ponts thermiques.

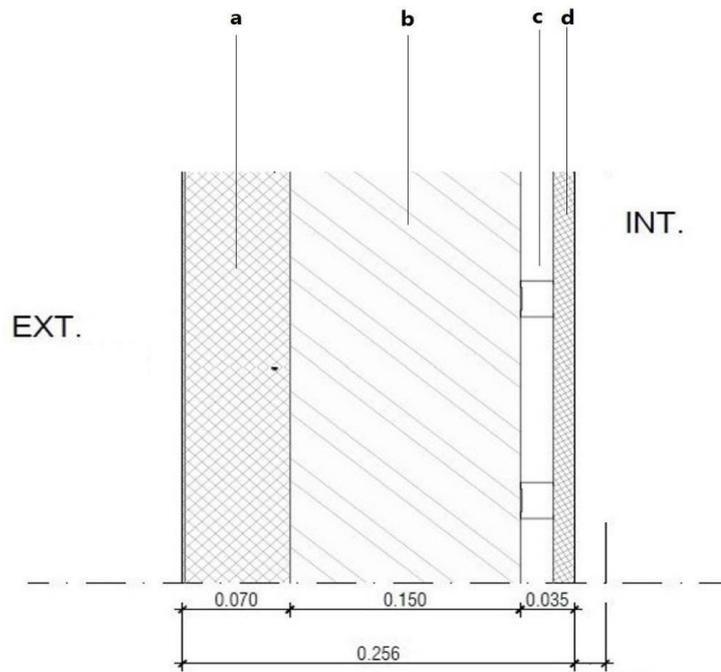


Figure 6. Composition murale

2.3.1 Evaluation des coefficients thermiques des murs

Le mur est constitué de plusieurs couches (a ; b ; c ; d) de matériaux d'épaisseurs et de conductivités thermiques différentes Figure 6, la résistance thermique est donnée par

$$\frac{1}{k} = \sum R_i + \frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i} \quad [m^2 \cdot ^\circ C / w]$$

a: Polystyrène expansé(Fournis par le fabricant)

$$\lambda = 0.035 \quad [w / m \cdot ^\circ C]$$

$$R = \frac{e}{\lambda} = \frac{0.07}{0.035} = 2.0 \quad [m^2 \cdot ^\circ C / w]$$

b: Brique creuse..... (annexe

$$R=0.30 [m^2 \cdot ^\circ C/w]$$

c: Lame d'air (Chapitre I)

$$R=0.16 [m^2 \cdot ^\circ C/w]$$

d: Plaque de plâtre (Fournis par le fabricant)

$$\lambda=0.21 [w/m \cdot ^\circ C]$$

$$R = \frac{e}{\lambda} = \frac{0.013}{0.21} = 0.06 [m^2 \cdot ^\circ C/w]$$

Résistances superficielles (Chapitre I)

$$\frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i} = 0.17 [m^2 \cdot ^\circ C/w]$$

$$\frac{1}{k} = \sum R_i + \frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i} [m^2 \cdot ^\circ C/w]$$

$$\frac{1}{k} = 2 + 0.3 + 0.16 + 0.06 + 0.17$$

$$\frac{1}{k} = 2.69 [m^2 \cdot ^\circ C/w]$$

$$k = \frac{1}{\sum R_i + \frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i}}$$

$$k = 0.37 [w/m^2 \cdot ^\circ C]$$

2.3.2 Evaluation des coefficients thermiques de la toiture

Seul le logement du dernier étage est concerné par les déperditions de la toiture ; les autres logements sont en contact avec les locaux chauffés et par conséquent il n'y a pas de transfert thermique car le gradient de température est nul.

La toiture est composée d'une couche en béton de 15 cm d'épaisseur, recouvert par une couche de polystyrène de 5 cm suivie par une fine couche de finition en plâtre, la résistance

Thermique est donnée par

$$\frac{1}{k} = \sum R_i + \frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i} \quad [m^2 \cdot ^\circ C / w]$$

1- Polystyrène expansé..... (annexe)

$$\lambda = 0.04 [w/m \cdot ^\circ C]$$

$$R = \frac{e}{\lambda} = \frac{0.05}{0.04} = 1.25 [m^2 \cdot ^\circ C / w]$$

2- Béton..... (annexe)

$$\lambda = 0.46 [w/m \cdot ^\circ C]$$

$$R = \frac{e}{\lambda} = \frac{0.15}{0.46} = 0.33 [m^2 \cdot ^\circ C / w]$$

3-Plâtre..... (annexe)

$$\lambda = 2.1 [w/m \cdot ^\circ C]$$

$$R = \frac{e}{\lambda} = \frac{0.02}{0.35} = 0.05 [m^2 \cdot ^\circ C / w]$$

4- Résistances superficielles..... (Chapitre I)

$$\frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i} = 0.22 [m^2 \cdot ^\circ C / w]$$

$$\frac{1}{k} = \sum R_i + \frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i} \quad [m^2 \cdot ^\circ C / w]$$

$$\frac{1}{k} = 1.25 + 0.33 + 0.05 + 0.22$$

$$\frac{1}{k} = 1.85 [m^2 \cdot ^\circ C / w]$$

$$k = \frac{1}{\sum R_i + \frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i}}$$

$$k = 0.55 [w/m^2 \cdot ^\circ C]$$

2.3.3 Evaluation des coefficients thermiques des planchers

Les planchers sont composés d'une couche de béton de 15 cm suivie par une fine couche de mortier ciment et une couche de marbre. La résistance thermique est donnée par :

$$\frac{1}{k} = \sum R_i + \frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i} \quad [m^2 \cdot ^\circ C / w]$$

1- Béton (annexe)

$$\lambda = 0.46 [w/m \cdot ^\circ C]$$

$$R = \frac{e}{\lambda} = \frac{0.15}{0.46} = 0.33 [m^2 \cdot ^\circ C / w]$$

2- Mortier ciment (annexe)

$$\lambda = 1.4 [w/m \cdot ^\circ C]$$

$$R = \frac{e}{\lambda} = \frac{0.01}{1.4} = 0.007 [m^2 \cdot ^\circ C / w]$$

3- Marbre (annexe)

$$\lambda = 2.9 [w/m \cdot ^\circ C]$$

$$R = \frac{e}{\lambda} = \frac{0.02}{2.9} = 0.007 [m^2 \cdot ^\circ C / w]$$

4- Résistances superficielles (Chapitre I)

$$\frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i} = 0.34 [m^2 \cdot ^\circ C / w]$$

$$\frac{1}{k} = \sum R_i + \frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i} \quad [m^2 \cdot ^\circ C / w]$$

$$\frac{1}{k} = 0.33 + 0.007 + 0.007 + 0.34$$

$$\frac{1}{k} = 0.56 [m^2 \cdot ^\circ C / w]$$

$$k = \frac{1}{\sum R_i + \frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i}}$$

$$k = 1.78 [w/m^2 \cdot ^\circ C]$$

2.3.4 Evaluation des coefficients thermiques des parois vitrées

Pour un double vitrage 4mm et 5 mm d'épaisseur (lame d'air de 18 mm et une vitre extérieure à faible émissivité) et une menuiserie en aluminium avec rupture des ponts thermiques, le coefficient K des parois vitrées est donné par la formule suivante :

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{k_{VN}} + r_v + r_{rid} + r_{occ} \quad [m^2 \cdot ^\circ C/w]$$

Où :

- K_{VN} en ($W/m^2 \cdot ^\circ C$) représente le coefficient K du vitrage nu (annexe)

- r_v en ($m^2 \cdot ^\circ C/W$) représente la résistance supplémentaire des voilages éventuels, on adapte :

$$r_v = 0.025.$$

- r_{rid} en ($m^2 \cdot ^\circ C/W$) représente la résistance supplémentaire des rideaux éventuels on adapte :

$$r_{rid} = 0.030$$

- r_{occ} ($m^2 \cdot ^\circ C/W$) représente la résistance supplémentaire des occultations.

La résistance des occultations ou des systèmes associés aux vitrages dans le but de constituer une isolation thermique nocturne (volet, stores,...), r_{occ} est donnée par la formule :

$$r_{occ} = 0.16 + \frac{e_{occ}}{\lambda_{occ}} \quad [m^2 \cdot ^\circ C/w]$$

Où

- e_{occ} en (m) représente l'épaisseur de l'occultation.

- λ_{occ} en ($W/m \cdot ^\circ C$) la conductivité thermique du matériau constituant l'occultation.....(annexe)

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{k_{VN}} + r_v + r_{rid} + 0.16 + \frac{e_{occ}}{\lambda_{occ}} \quad [m^2 \cdot ^\circ C/w]$$

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{4} + 0.025 + 0.03 + 0.16 + \frac{0.004}{2.33} \quad [m^2 \cdot ^\circ C/w]$$

$$k = 1.75 \quad [W/m^2 \cdot ^\circ C]$$

2.4 Résultats de calcul

Les tableaux suivants présentent les différents résultats de calcul

2.4.1 Cité Ouled yaich Blida

Tableau 3. Déperditions surfaciques 1er étage

1 ^{er} étage	SmT (m ²)	SvT (m ²)	Sm (m ²)	Km (W/m ² °C)	Kv (W/m ² °C)	Ds (W/°C)
Mur 1	9,45	3,01	6,44	1,81	2,35	18,79
Mur 2	15,12	0	15,12	1,42	-	21,60
Mur 3	16,2	5,96	10,23	1,42	2,35	28,65
Mur 4	6,88	0,3	6,58	1,81	2,35	12,67
Mur 5	9,18	1,82	7,36	1,42	2,35	14,79
Mur 6	9,45	1,82	7,63	1,42	2,35	15,18
Mur 7	9,18	3,01	6,17	1,81	2,35	18,30
Mur 8	10,12	0	10,12	1,42	-	14,46
Mur 9	6,75	2,15	4,6	1,56	2,35	12,24
Plancher	117	0	117	1,25	-	146,25

- Déperditions surfaciques $D_s=290.69$ (W/°C)

- Déperditions par pont thermique $DL= 47.38$ (W/°C)

- Déperditions par transmission $DT=338.07$ (W/°C)

- Déperditions de référence $D_{réf}=497.30$ (W/°C)

Tableau 4. Déperditions surfaciques 2^{ème} étage

2 ^{ème} étage	SmT (m ²)	SvT (m ²)	Sm (m ²)	Km (W/m ² °C)	Kv (W/m ² °C)	Ds (W/°C)
Mur 1	9,45	3,01	6,44	1,81	2,35	18,79
Mur 2	15,12	0	15,12	1,42	-	21,60
Mur 3	16,2	5,96	10,23	1,42	2,35	28,65
Mur 4	6,88	0,3	6,58	1,81	2,35	12,67
Mur 5	9,18	1,82	7,36	1,42	2,35	14,79
Mur 6	9,45	1,82	7,63	1,42	2,35	15,18
Mur 7	9,18	3,01	6,17	1,81	2,35	18,30
Mur 8	10,12	0	10,12	1,42	-	14,46
Mur 9	6,75	2,15	4,6	1,56	2,35	12,24

- Déperditions surfaciques $D_s = 138.38$ (W/°C)

-Déperditions par pont thermique $D_L = 32.20$ (W/°C)

- Déperditions par transmission $D_T = 170.58$ (W/°C)

- Déperditions de référence $D_{réf} = 202.46$ (W/°C)

Tableau 5. Déperditions surfaciques dernier étage

Dernier étage	SmT (m ²)	SvT (m ²)	Sm (m ²)	Km (W/m ² °C)	Kv (W/m ² °C)	Ds (W/°C)
Mur 1	9,45	3,01	6,44	1,81	2,35	18,79
Mur 2	15,12	0	15,12	1,42	-	21,60
Mur 3	16,2	5,96	10,23	1,42	2,35	28,65
Mur 4	6,88	0,3	6,585	1,81	2,35	12,67
Mur 5	9,18	1,82	7,36	1,42	2,35	14,79
Mur 6	9,45	1,82	7,63	1,42	2,35	15,18
Mur 7	9,18	3,01	6,17	1,81	2,35	18,30
Mur 8	10,12	0	10,12	1,42	-	14,46
Mur 9	6,75	2,15	4,6	1,56	2,35	12,24
Toiture	117	0	117	1,4	-	163,08

- Déperditions surfaciques $D_s = 305$ (W/°C)
- Déperditions par pont thermique $D_L = 48.04$ (W/°C)
- Déperditions par transmission $D_T = 353.04$ (W/°C)
- Déperditions de référence $D_{\text{réf}} = 337.60$ (W/°C)

Tableau 6. Comparaison des déperditions (Calculées/de référence).

	1^{er} étage	2^{ème} étage	Dernier étage
Déperditions calculées (W/°C)	338.07	170.58	353.04
Déperditions de référence (W/°C)	497.3	202.46	337.60
% d'amélioration	32.02	15.74	- 4.37

2.4.1.1 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. Les déperditions par renouvellement d'air tiennent compte :

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

Les procédures de calcul, établi par le DTR, sont développées au chapitre 1. Les résultats y affèrent sont dressés dans les tableaux suivants pour les différents étages.

Tableau 7. Déperditions par renouvellement d'air 1^{er} étage**1^{er} étage**

Déperditions par renouvellement d'air							
Qvmin (m ³ /h)	Qvmax (m ³ /h)	Qvréf (m ³ /h)	Qv (m ³ /h)	PPi (m ³ /h)	Ev (m ³ /h)	QS (m ³ /h)	DR (W/°C)
110	215	127.5	189.54	72.58	2.3	166.93	121.20

Tableau 8. Déperditions par renouvellement d'air 2^{ème} étage**2^{ème} étage**

Déperditions par renouvellement d'air							
Qvmin (m ³ /h)	Qvmax (m ³ /h)	Qvréf (m ³ /h)	Qv (m ³ /h)	PPi (m ³ /h)	Ev (m ³ /h)	QS (m ³ /h)	DR (W/°C)
110	215	127.5	189.54	72.58	2.3	166.93	121.201

Tableau 9. Déperditions par renouvellement d'air dernier étage**Dernier étage**

Déperditions par renouvellement d'air							
Qvmin (m ³ /h)	Qvmax (m ³ /h)	Qvréf (m ³ /h)	Qv (m ³ /h)	PPi (m ³ /h)	Ev (m ³ /h)	QS (m ³ /h)	DR (W/°C)
110	215	127.5	189.54	72.58	3	217.74	138.47

Qvmin (m ³ /h)	Tableau 8 (Chapitre I)
Qvmax (m ³ /h)	Tableau 10 (Chapitre I)
Qvréf (m ³ /h)	Équation 1 (Chapitre I)
Qv (m ³ /h)	Équation 2 (Chapitre I)
PPi (m ³ /h)	Équation 3 (Chapitre I)
Ev (m ³ /h)	Tableau 11 (Chapitre I)
QS (m ³ /h)	Équation 4 (Chapitre I)
DR (W/°C)	Équation 25 (Chapitre I)

2.4.1.2 *Evaluation de la puissance de chauffage*

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

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

Où :

- T_{bi} (en °C) représente la température intérieure de base,
- T_{be} (en °C) représente la température extérieure de base,
- DT (en W/°C) représente les déperditions par transmission du logement,
- DR (en W/°C) représente les déperditions par renouvellement d'air du logement,
- Cr (sans dimension) est un ratio estimé des pertes calorifiques dues au réseau de tuyauteries éventuel,
- Cin (sans dimension) représente un coefficient de sur puissance

Tableau 10. Puissance de chauffage

	1^{er} étage	2^{eme} étage	Dernier étage
Puissance de chauffage requise [W]	7627	5222	7749

Les graphes Figure 7 représentent la puissance de chauffage à installer pour les trois projets. Ce calcul a été fait selon la méthode exposé dans le DTR.

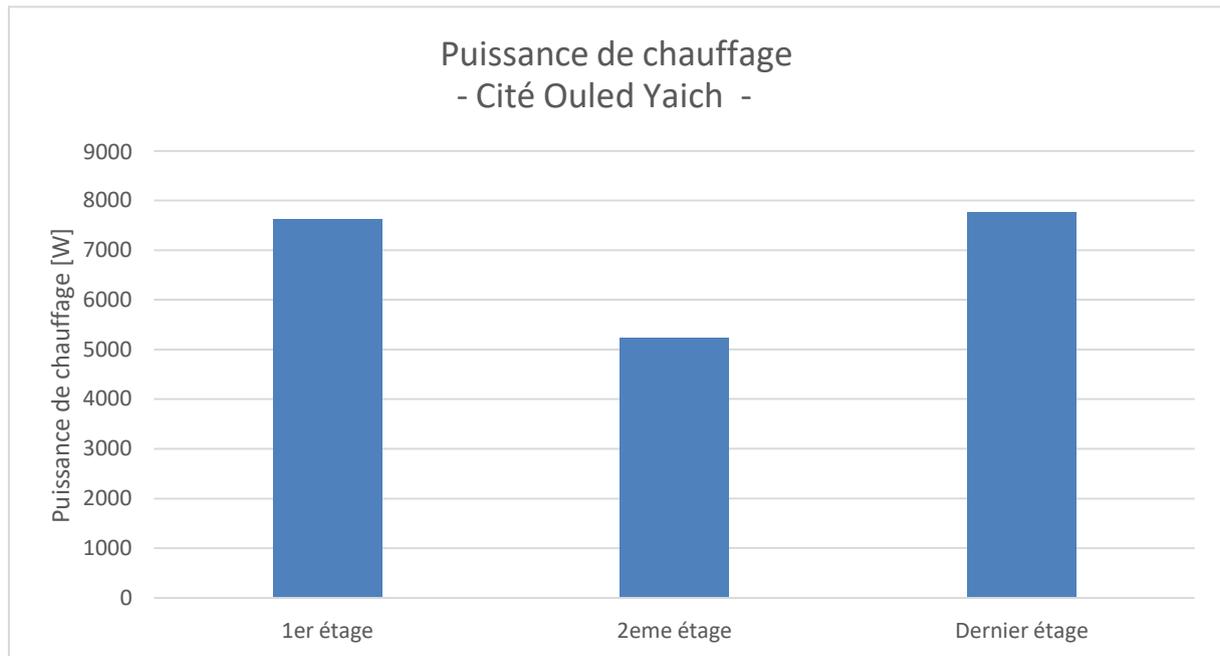


Figure 7. Puissance de chauffage - Cité ouled yaich -

2.4.2 Cité Soumaa blida

Tableau 11. Déperditions surfaciques 1er étage

1 ^{ère} étage	SmT (m ²)	SvT (m ²)	Sm (m ²)	Km (W/m ² °C)	Kv (W/m ² °C)	Ds (W/°C)
Mur 1	9,45	2,01	7,44	1,09	2,01	15,18
Mur 2	16,06	2,94	13,125	1,09	2,01	20,63
Mur 3	17,64	2,34	15,3	1,09	2,01	22,10
Mur 4	10,86	1,17	9,6975	1,09	2,01	13,30
Mur 5	6,93	0	6,93	1,66	-	11,55
Mur 6	11,81	0	11,8125	1,24	-	14,71
Mur 7	13,54	3,19	10,355	1,09	2,01	17,79
Mur 8	14,01	2,01	12,0075	1,09	2,01	19,30
Mur 9	9,3	2,01	7,29	1,09	2,01	15,02
Plancher	87,5	0	87,5	1,25	-	109,30

- Déperditions surfaciques $D_s = 258.88$ (W/°C)

-Déperditions par pont thermique $D_L = 41.10$ (W/°C)

- Déperditions par transmission $D_T = 299.98$ (W/°C)

- Déperditions de référence $D_{réf} = 468.31$ (W/°C)

Tableau 12. Déperditions surfaciques 2^{ème} étage

2 ^{ème} étage	SmT (m ²)	SvT (m ²)	Sm (m ²)	Km (W/m ² °C)	Kv (W/m ² °C)	Ds (W/°C)
Mur 1	9,45	2,01	7,44	1,09	2.01	15,18
Mur 2	16,06	2,94	13,125	1,09	2.01	20,63
Mur 3	17,64	2,34	15,3	1,09	2.01	24,11
Mur 4	10,86	1,17	9,6975	1,09	2.01	13,30
Mur 5	6,93	0	6,93	1,66	-	11,55
Mur 6	11,81	0	11,8125	1,24	-	14,71
Mur 7	13,54	3,19	10,355	1,09	2.01	17,79
Mur 8	14,01	2,01	12,0075	1,09	2.01	17,29
Mur 9	9,3	2,01	7,29	1,09	2.01	15,02

- Déperditions surfacique $D_s = 149.58$ (W/°C)

-Déperditions par pont thermique $D_L = 30.75$ (W/°C)

- Déperditions par transmission $D_T = 180.33$ (W/°C)

- Déperditions de référence $D_{réf} = 245.19$ (W/°C)

Tableau 13. Déperditions surfaciques dernier étage

Dernier étage	SmT (m ²)	SvT (m ²)	Sm (m ²)	Km (W/m ² °C)	Kv (W/m ² °C)	Ds (W/°C)
Mur 1	9,45	2,01	7,44	1,09	2.01	15,18
Mur 2	16,06	2,94	13,125	1,09	2.01	20,63
Mur 3	17,64	2,3	15,3	1,09	2.01	22,10
Mur 4	10,86	1,17	9,6975	1,09	2.01	13,30
Mur 5	6,93	0	6,93	1,66	-	11,55
Mur 6	11,81	0	11,8125	1,24	-	14,71
Mur 7	13,54	3,19	10,355	1,09	2.01	17,79
Mur 8	14,01	2,01	12,0075	1,09	2.01	17,29
Mur 9	9,30	2,01	7,29	1,09	2.01	15,02
Toiture	87,5	0	87,5	1,4	-	12.5

- Déperditions surfaciques $D_s=160.07$ (W/°C)

-Déperditions par pont thermique $D_L= 41.7$ (W/°C)

- Déperditions par transmission $D_T= 201.31$ (W/°C)

- Déperditions de référence $D_{réf} = 328.86$ (W/°C)

Tableau 14. Comparaison des déperditions (Calculés/de références)

	1 ^{er} étage	2 ^{ème} étage	Dernier étage
Déperditions calculées (W/°C)	299.98	180.33	201.07
Déperditions de référence (W/°C)	468.31	245.19	328.86
% d'amélioration	35.96	26.45	38.85

2.4.2.1 Déperditions par renouvellement d'air

Les procédures de calcul, établi par le DTR, sont développées au chapitre 1. Les résultats y afférents sont dressés dans les tableaux suivants pour les différents étages.

Tableau 15. Déperditions par renouvellement d'air 1er étage

1^{er} étage

Déperditions par renouvellement d'air							
Qvmin (m ³ /h)	Qvmax (m ³ /h)	Qvréf (m ³ /h)	Qv (m ³ /h)	PPi (m ³ /h)	Ev (m ³ /h)	QS (m ³ /h)	DR (W/°C)
100	205	117.5	167.34	66.7	2.3	153.41	109.05

Tableau 16:Déperditions par renouvellement d'air 2ème étage

2^{ème}étage

Déperditions par renouvellement d'air							
Qvmin (m ³ /h)	Qvmax (m ³ /h)	Qvréf (m ³ /h)	Qv (m ³ /h)	PPi (m ³ /h)	Ev (m ³ /h)	QS (m ³ /h)	DR (W/°C)
100	205	117.5	167.34	66.7	2.3	153.41	109.5

Tableau 17. Déperditions par renouvellement d'air dernier étage**Dernier étage**

Déperditions par renouvellement d'air							
Qvmin (m ³ /h)	Qvmax (m ³ /h)	Qvréf (m ³ /h)	Qv (m ³ /h)	PPi (m ³ /h)	Ev (m ³ /h)	QS (m ³ /h)	DR (W/°C)
100	205	117.5	167.34	66.7	3	200.1	124.93

2.4.2.2 *Evaluation de la puissance de chauffage*

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

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

Où :

- T_{bi} (en °C) représente la température intérieure de base,
- T_{be} (en °C) représente la température extérieure de base,
- D_T (en W/°C) représente les déperditions par transmission du logement,
- D_R (en W/°C) représente les déperditions par renouvellement d'air du logement,
- 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 sur puissance

Tableau 18: Puissance de chauffage

	1^{er} étage	2^{eme} étage	Dernier étage
Puissance de chauffage requise (W)	6784	4981	6731

Les graphes Figure 8 représentent la puissance de chauffage à installer pour les trois projets. Ce calcul a été fait selon la méthode exposée dans le DTR.

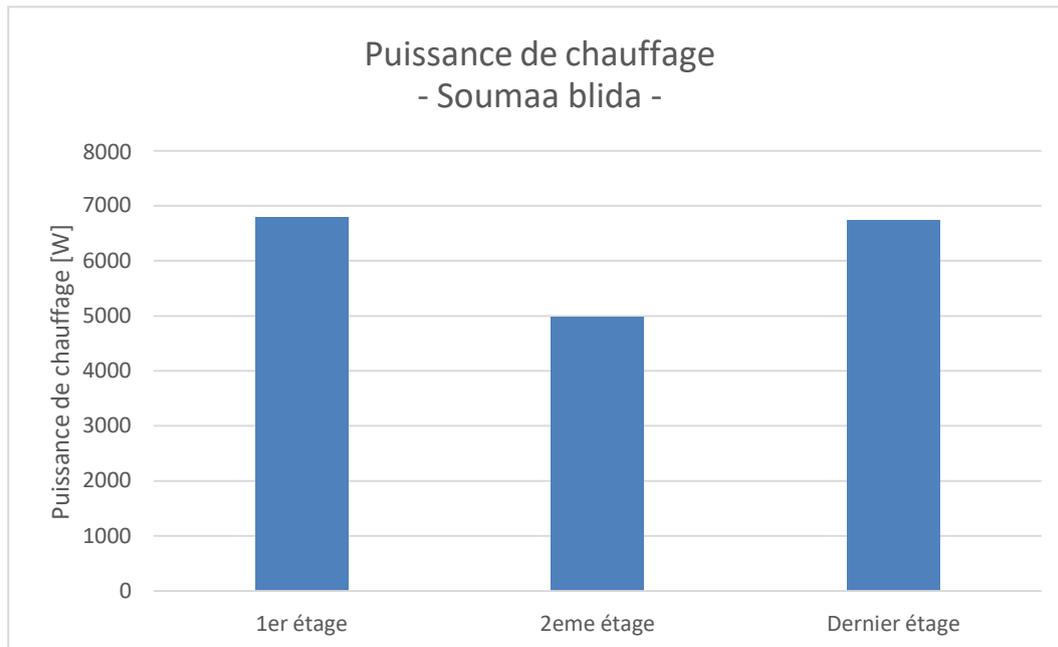


Figure 8. Puissance de chauffage – Soumaa blida -

2.4.3 Cité Blida centre

Tableau 19. Déperditions surfaciques 1er étage

1 ^{er} étage	SmT (m ²)	SvT (m ²)	Sm (m ²)	Km (W/m ² °C)	Kv (W/m ² °C)	Ds (W/°C)
Mur 1	16,74	9,6	7,14	0,37	1.74	19,45
Mur 2	11,78	2,52	9,26	0,37	1.74	7,87
Mur 3	26,04	2,52	23,52	0,37	1.74	13,21
Mur 4	28,52	0	28,52	0,32	-	9,34
Mur 5	11,16	6,55	4,61	0,37	1.74	13,17
Mur 6	7,905	4,32	3,585	0,37	1.74	8,89
Mur 7	21,39	5,73	15,66	0,37	1.74	9,67
Mur 8	22,94	5,25	17,69	0,37	1.74	18,03
Mur 9	7,13	1,89	5,24	0,37	1.74	6,12
Plancher	159,37	0	159,37	1.76	-	280,94

- Déperditions surfaciques $D_s = 386.69$ (W/°C)

- Déperditions par transmission $D_T = 386.69$ (W/°C)

- Déperditions de référence $D_{réf} = 628.27$ (W/°C)

Tableau 20. Déperditions surfaciques 2ème étage

2 ^{ème} étage	SmT (m ²)	SvT (m ²)	Sm (m ²)	Km (W/m ² °C)	Kv (W/m ² °C)	Ds (W/°C)
Mur 1	16,74	9,6	7,14	0,37	1.74	19,45
Mur 2	11,78	2,52	9,26	0,37	1.74	7,87
Mur 3	26,04	2,52	23,52	0,37	1.74	13,21
Mur 4	28,52	0	28,52	0,32	-	9,34
Mur 5	11,16	6,55	4,61	0,37	1.74	13,17
Mur 6	7,905	4,32	3,585	0,37	1.74	8,89
Mur 7	21,39	5,73	15,66	0,37	1.74	9,67
Mur 8	22,94	5,25	17,69	0,37	1.74	18,03
Mur 9	7,13	1,89	5,24	0,37	1.74	6,12

- Déperditions surfaciques $D_s = 105.75$ (W/°C)

- Déperditions par transmission $D_T = 105.75$ (W/°C)

- Déperditions de référence $D_{réf} = 293.60$ (W/°C)

Tableau 21: Déperditions surfaciques dernier étage

Dernier étage	SmT (m ²)	SvT (m ²)	Sm (m ²)	Km (W/m ² °C)	Kv (W/m ² °C)	Ds (W/°C)
Mur 1	16,74	9,6	7,14	0,37	1.74	23,03
Mur 2	11,78	2,52	9,26	0,37	1.74	8,81
Mur 3	26,04	2,52	23,52	0,37	1.74	14,15
Mur 4	28,52	0	28,52	0,32	-	9,34
Mur 5	11,16	6,55	4,61	0,37	1.74	15,62
Mur 6	7,905	4,32	3,585	0,37	1.74	10,50
Mur 7	21,39	5,73	15,66	0,37	1.74	18,82
Mur 8	22,94	5,25	17,69	0,37	1.74	28,10
Mur 9	7,13	1,89	5,24	0,37	1.74	2,82
Toiture	159,37	0	159,37	0,55	0	88,73

- Déperditions surfacique $D_s = 219.93$ (W/°C)

- Déperditions par transmission $D_T = 219.93$ (W/°C)

- Déperditions de référence $D_{\text{réf}} = 419.10$ (W/°C)

Tableau 22. Comparaison des déperditions (Calculés/de références)

	1er étage	2eme étage	Dernier étage
Déperditions calculées (W/°C)	386.6	105.75	219.93
Déperditions de référence (W/°C)	628.27	293.60	419.10
% d'amélioration	38.46	63.95	47.53

2.4.3.1 Déperditions par renouvellement d'air

Les procédures de calcul, établi par le DTR, sont développées au chapitre 1. Les résultats y afférents sont dressés dans les tableaux suivants pour les différents étages.

Tableau 23: Déperditions par renouvellement d'air 1er étage

1^{er} étage

Déperditions par renouvellement d'air							
Qvmin (m ³ /h)	Qvmax (m ³ /h)	Qvréf (m ³ /h)	Qv (m ³ /h)	PPi (m ³ /h)	Ev (m ³ /h)	QS (m ³ /h)	DR (W/°C)
110	230	130	295.74	157.3	2.3	361.79	223.56

Tableau 24. Déperditions par renouvellement d'air 2ème étage

2^{ème} étage

Déperditions par renouvellement d'air							
Qvmin (m ³ /h)	Qvmax (m ³ /h)	Qvréf (m ³ /h)	Qv (m ³ /h)	PPi (m ³ /h)	Ev (m ³ /h)	QS (m ³ /h)	DR (W/°C)
110	230	130	295.74	157.3	2.3	361.79	223.56

Tableau 25:Déperditions par renouvellement d'air dernier étage
Dernier étage

Déperditions par renouvellement d'air							
Qvmin (m ³ /h)	Qvmax (m ³ /h)	Qvréf (m ³ /h)	Qv (m ³ /h)	PPi (m ³ /h)	Ev (m ³ /h)	QS (m ³ /h)	DR (W/°C)
110	230	130	295.74	157.3	5.78	909.19	409.68

2.4.3.2 Evaluation de la puissance de chauffage

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

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

Où :

- T_{bi} (en °C) représente la température intérieure de base,
- T_{be} (en °C) représente la température extérieure de base,
- DT (en (W/°C) représente les déperditions par transmission du logement,
- DR (en (W/°C) représente les déperditions par renouvellement d'air du logement,
- Cr (sans dimension) est un ratio estimé des pertes calorifiques dues au réseau de tuyauteries éventuel,
- Cin (sans dimension) représente un coefficient de surpuissance

Tableau 26. Puissance de chauffage

	1 ^{er} étage	2 ^{eme} étage	Dernier étage
Puissance de chauffage requise [W]	12498	3663	6679

Les graphes Figure 9 représentent la puissance de chauffage à installer pour les trois projets. Ce calcul a été fait selon la méthode exposé dans le DTR.

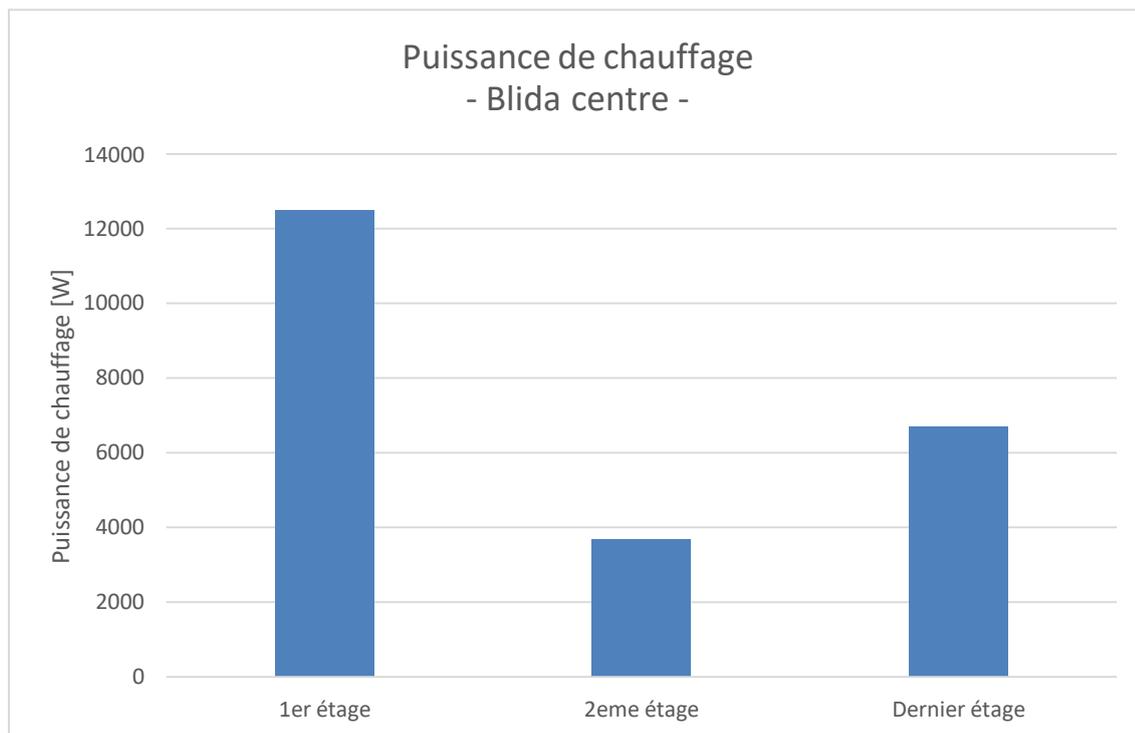


Figure 9. Puissance de chauffage – BLIDA CENTRE -

2.5 Analyse de la conformité des différents projets par rapport aux DTR

2.5.1 Présentation des résultats du projet des Ouled yaich par rapport au DTR

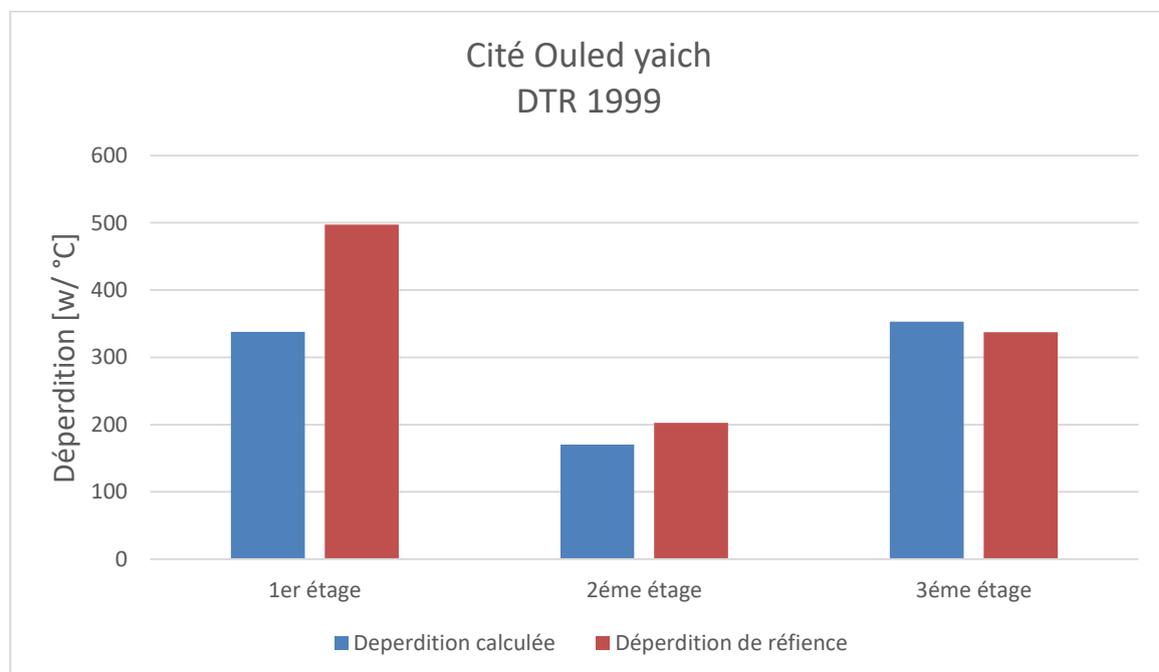


Figure 10. Déperditions (calculées/ de références) Cité Ouled yaich

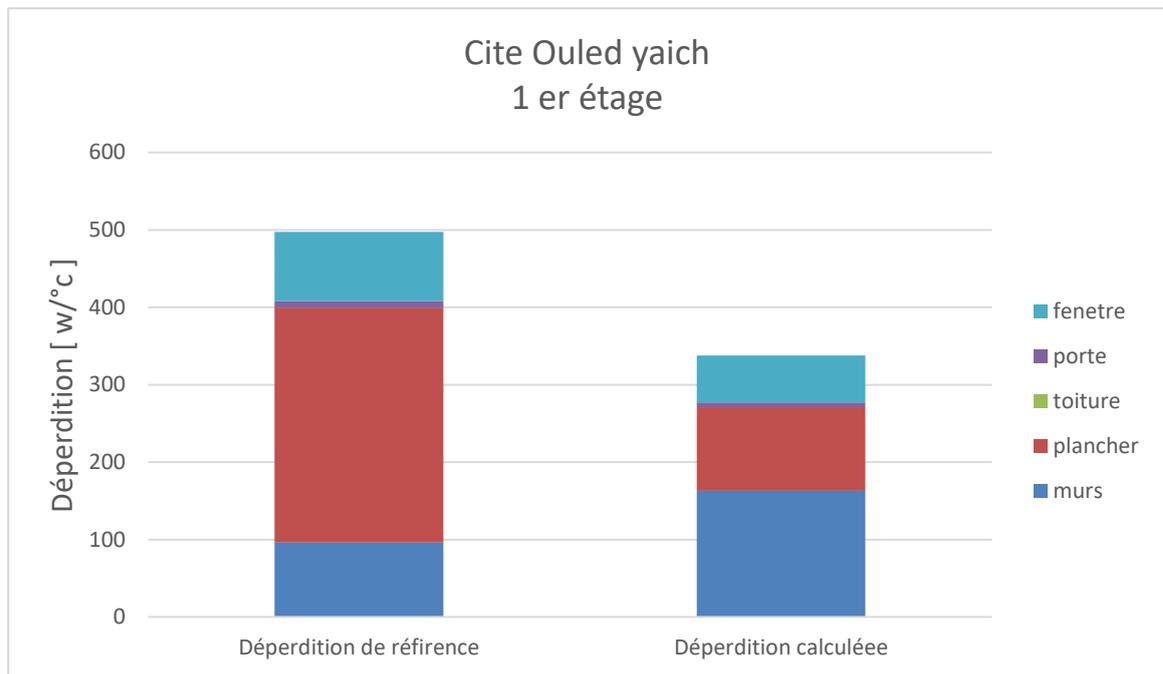


Figure 11. Déperditions (calculées/ de références) Cité Ouled yaich 1er étage.

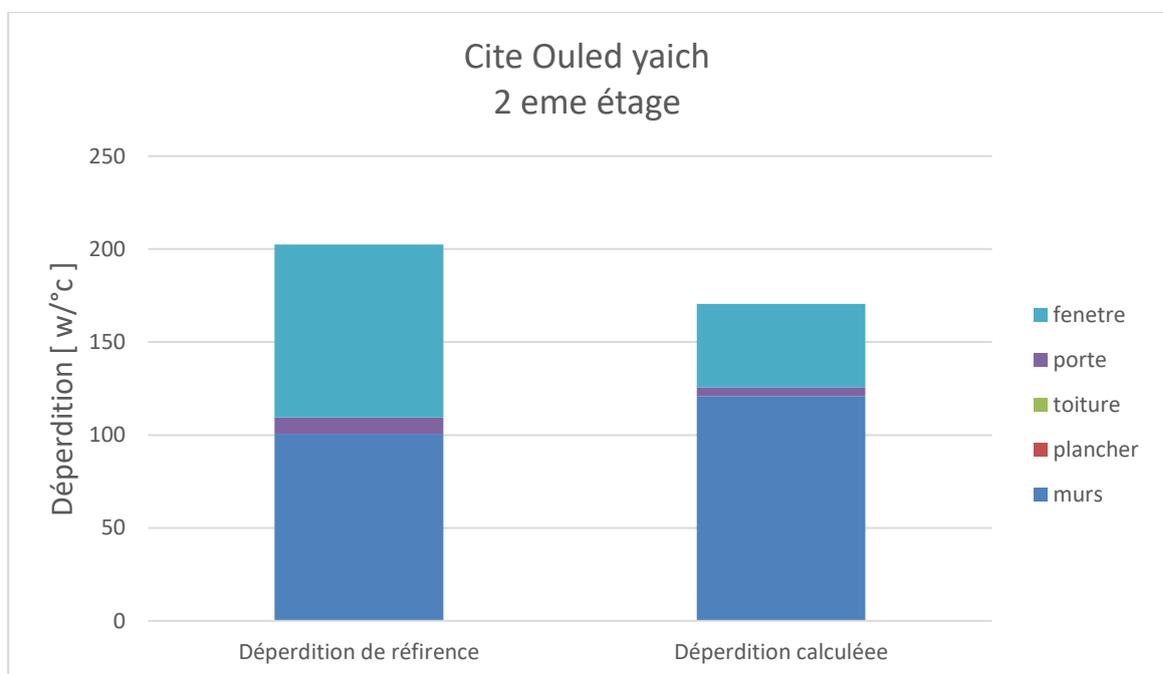


Figure 12. Déperditions (calculées/ de références) Cité Ouled yaich 2^{ème} étage.

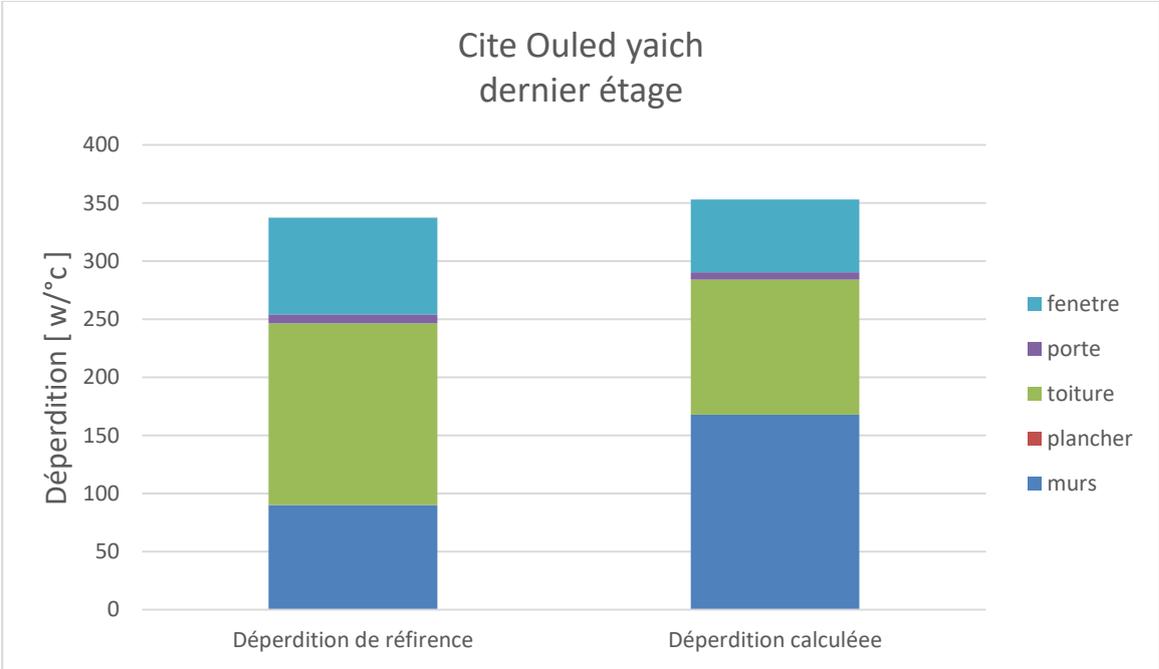


Figure 13. Déperditions (calculées/ de références) Cité Ouled yaich dernier étage.

Tableau 27. Déperditions détaillées 1er étage Cité Ouled yaich
1^{er} étage

Cité Ouled yaich	Toiture	Plancher	Murs	Portes	Fenêtres
% références	0	61,03	19,37	1,68	17,91
% calculées	0	32,03	48,19	1,81	17,94

Tableau 28. Déperditions détaillées 2ème étage Cité Ouled yaich
2^{ème} étage

Cité Ouled yaich	Toiture	Plancher	Murs	Portes	Fenêtres
% références	0	0	49,71	4,31747137	45,9696907
% calculées	0	0	70,91	2,67	26,40

Tableau 29. Déperditions détaillées dernier étage Cité Ouled yaich
Dernier étage

Cité Ouled yaich	Toiture	Plancher	Murs	Portes	Fenêtres
% références	46,27	0	26,70	2,31	24,69
% calculées	32,97	0	47,53	1,79	17,70

Il ressort des graphes et des résultats des tableaux les points suivants:

- Pour le projet des Ouled yaich, les déperditions calculées sont toutes inférieures aux déperditions de références pour les différents étages. L'application du premier DTR, qui selon ses concepteurs, allait réduire les déperditions de 20 à 30% est loin de répondre à cet objectif surtout pour une construction semblable à celle des Ouled yaich en 1999 qui ne compte qu'une seule paroi.

- Les déperditions calculées du premier étage sont nettement inférieures à celles des déperditions de référence par contre les déperditions calculées du deuxième étage sont presque égales à celles des déperditions de référence. Pour le dernier étage la différence entre les déperditions calculées et les déperditions de références n'est pas aussi grande que pour le premier étage. La raison de ces constatations réside dans le choix des coefficients (a, b, c, e) pour le calcul des déperditions de référence, car du côté de la conception du bâtiment, aucune mesure visant à réduire les déperditions n'a été envisagée. On peut d'ores et déjà tirer les conclusions suivantes:
 - Pour le premier étage, la grande différence entre les déperditions calculées et les déperditions de référence est due au coefficient du plancher de référence ($b = 2,4$) qui est nettement supérieur au coefficient de transfert calculé du plancher ($K_{pl} = 0,60$). Le plancher occasionne à lui seul plus de 60% des déperditions de référence (61,03). On remarque aussi que les taux des déperditions calculées des murs sont supérieurs aux taux des déperditions de référence. Les murs, étant constitués d'une seule paroi, occasionnent à eux seuls près de la moitié des déperditions du logement. Les déperditions calculées pour les fenêtres et les portes sont de même ordre que les déperditions de référence et ne constituent qu'une faible portion des déperditions.
 - Pour le deuxième étage, où seules les déperditions à travers les parois rentrent en jeu et compte tenu que la structure est composée d'une seule paroi les déperditions sont presque égales. Les coefficients choisis pour les déperditions de référence sont donc égaux (voir coefficient). On remarque que les déperditions par les fenêtres sont élevées. Si on envisage une réduction des déperditions à travers les parois il faut impérativement une diminution des coefficients des parois et des fenêtres.
 - Pour le dernier étage, la différence est minime entre les déperditions calculées et les déperditions de références relevées dans le premier étage, s'est accentuée à cause de

L'augmentation du coefficient des déperditions de référence de la toiture. Toute amélioration des déperditions passerait par la diminution notable de ce coefficient.

Ces conclusions concerne le DTR 1999, nous analysons dans la suite la situation avec les DTR 2011 et 2016. Ces deux derniers ont été améliorés en réduisant les coefficients servant à déterminer les déperditions de référence.

2.5.2 Présentation des résultats du projet des Ouled yaich par rapport au DTR 2011

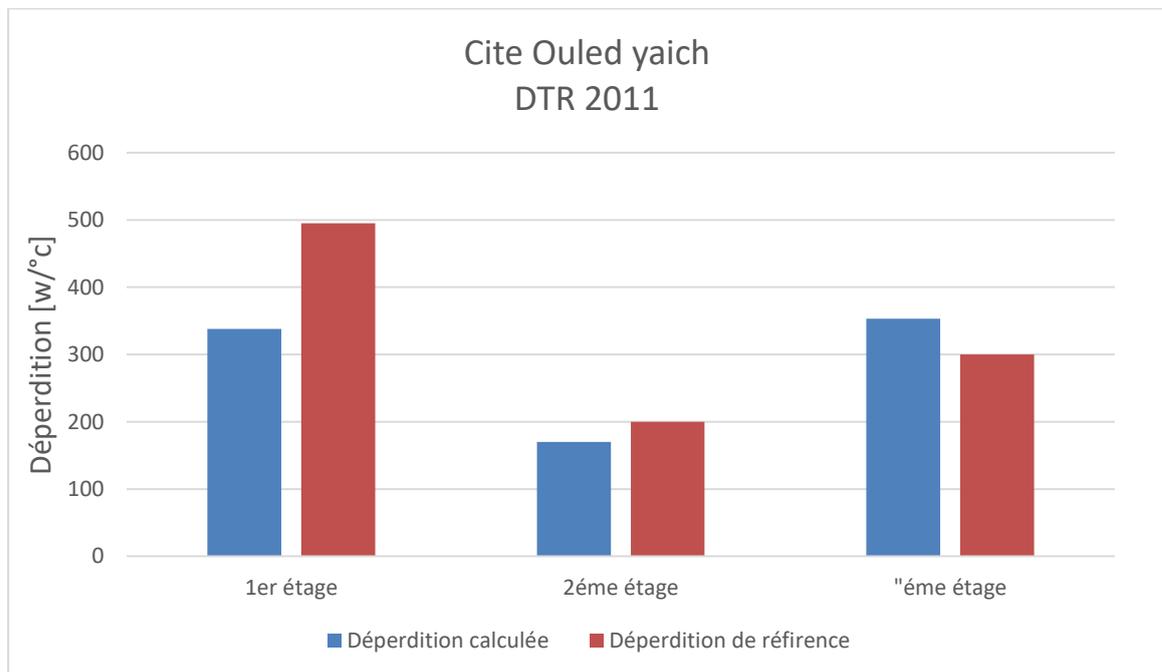


Figure 14. Déperditions (calculées/ de références) Cité Ouled yaich

On constate, pour tous les étages, que les déperditions calculées sont inférieures aux déperditions de référence.

Le DTR 2011 a connu une légère diminution du coefficient de la toiture (de 1,1 à 0,9), par contre les autres coefficients sont restés inchangés ce qui n'a pas affecté les tendances constatées sur les graphes au niveau des deux DTR. Les graphes des deux DTR 1999 et 2011 sont quasiment semblables.

La figure 15 permet de comparer les déperditions calculées des différents étages avec celles des déperditions de référence

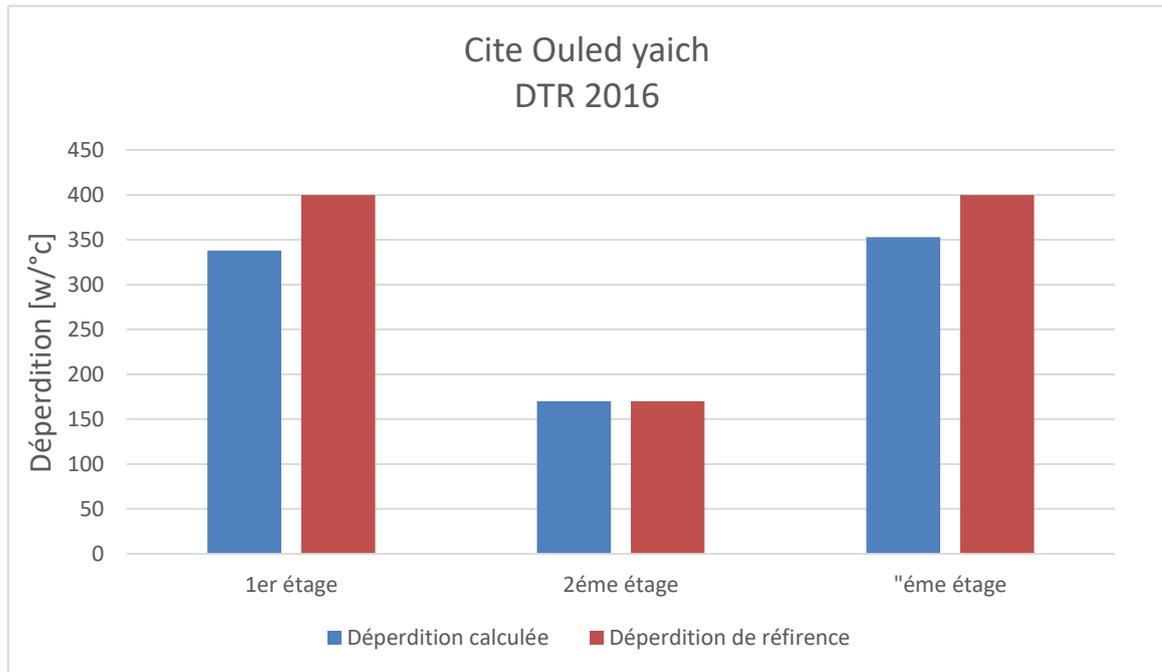


Figure 15. Déperditions (calculées/ de références) Cité Ouled yaich.

On constate sur ce graphe que seul le deuxième étage n'est pas conforme à la réglementation définie par le DTR 2016. Cette non-conformité peut être justifiée par :

- La constitution des parois du projet ; nous avons souligné auparavant que le bâtiment constitué d'une seule paroi occasionne beaucoup de déperditions.
- L'amélioration des différents coefficients qui sont passés de 1,4 à 1 pour les murs ; de 3,5 à 3 pour les portes et de 4,5 à 3,8 pour les fenêtres a entraîné une nette diminution des déperditions de référence.

Les autres étages sont conformes à la réglementation mais on constate une réduction des différences entre les déperditions calculées et les déperditions de références par rapport aux autres DTR. L'amélioration apportée en 2016 par ce DTR n'est pas aussi exigeante pour pouvoir entraîner une réduction des déperditions dans le bâtiment bien que le coefficient de la toiture est passé de 0,9 à 0,75 et le coefficient du plancher est passé de 2,4 à 2.

2.5.3 Présentation des résultats du projet Soumaa blida par rapport au DTR 2016

Nous avons jugé utile de ne pas prendre en considération l'étude de conformité du projet SOUMAA avec les DTR 1999 et 2011 car les résultats sont prévisibles. Le projet a connu une amélioration des déperditions sur les parois par rapport au projet des Ouled yaich et par conséquent il vérifie les conditions de conformité. L'étude se concentrera donc à analyser la conformité du projet par rapport au DTR 2016. Les figures (16, 17, 18, 19) représentent les déperditions calculées et les déperditions de références pour les trois étages considérés ainsi que les différents taux de déperditions.

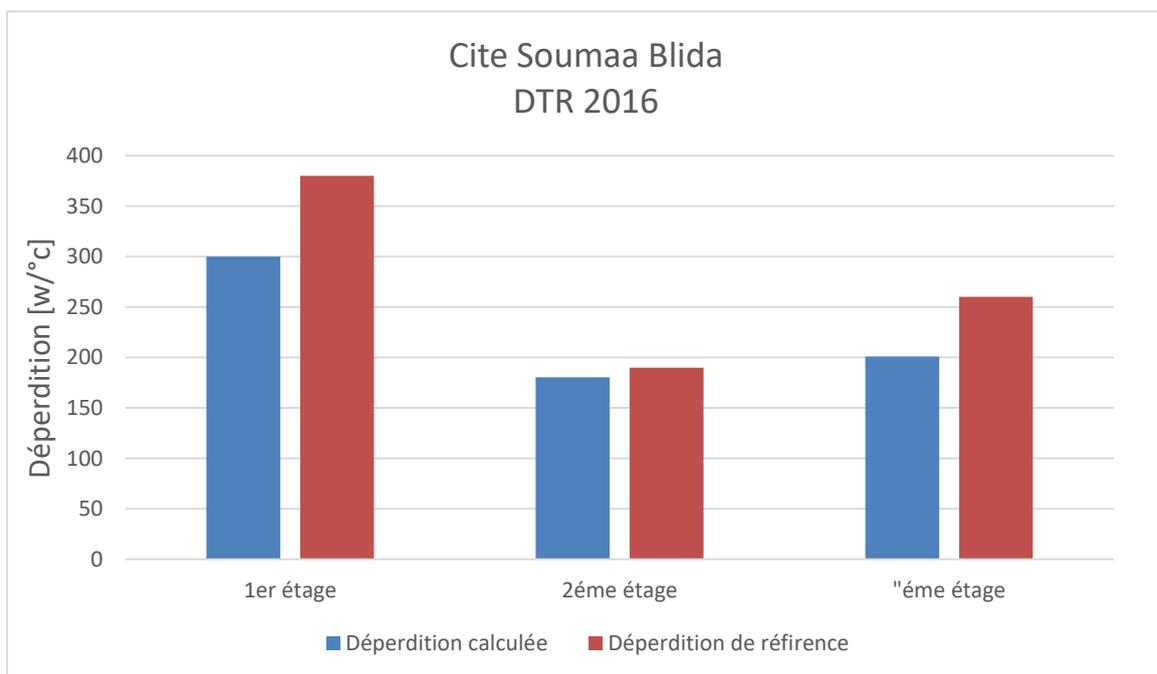


Figure 16. Déperditions (calculées/ de références) Soumaa blida.

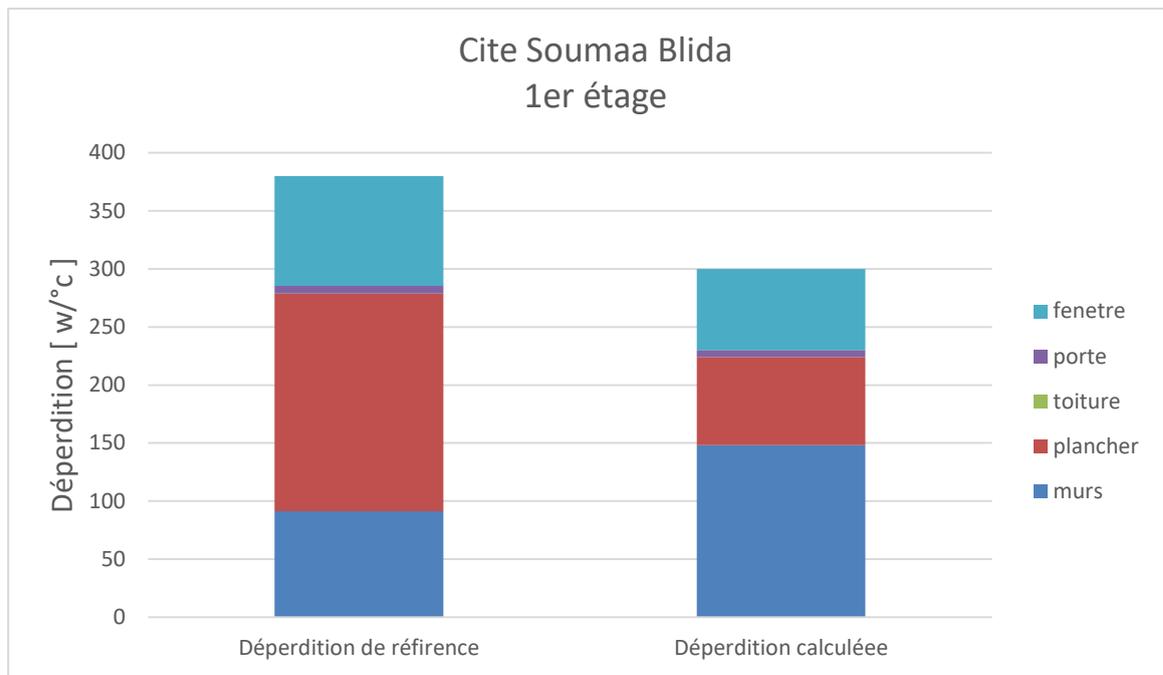


Figure 17. Déperditions (calculées/ de références) 1^{er} étage Soumaa blida.

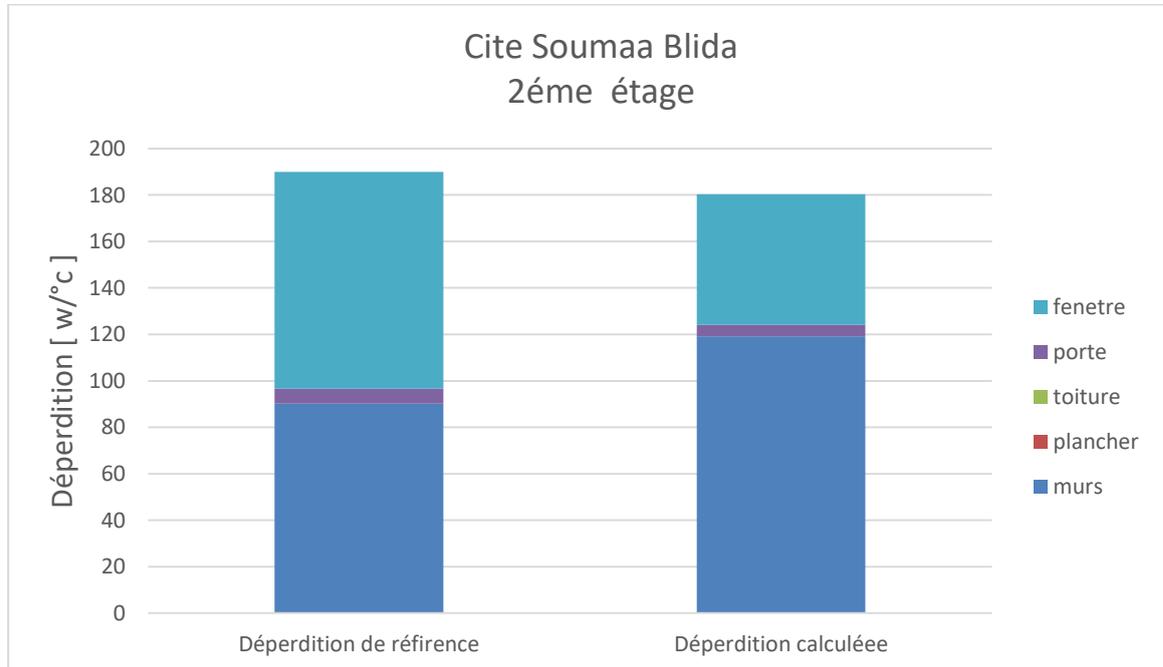


Figure 18. Déperditions (calculées/ de références) 2^{ème} étage Soumaa blida.

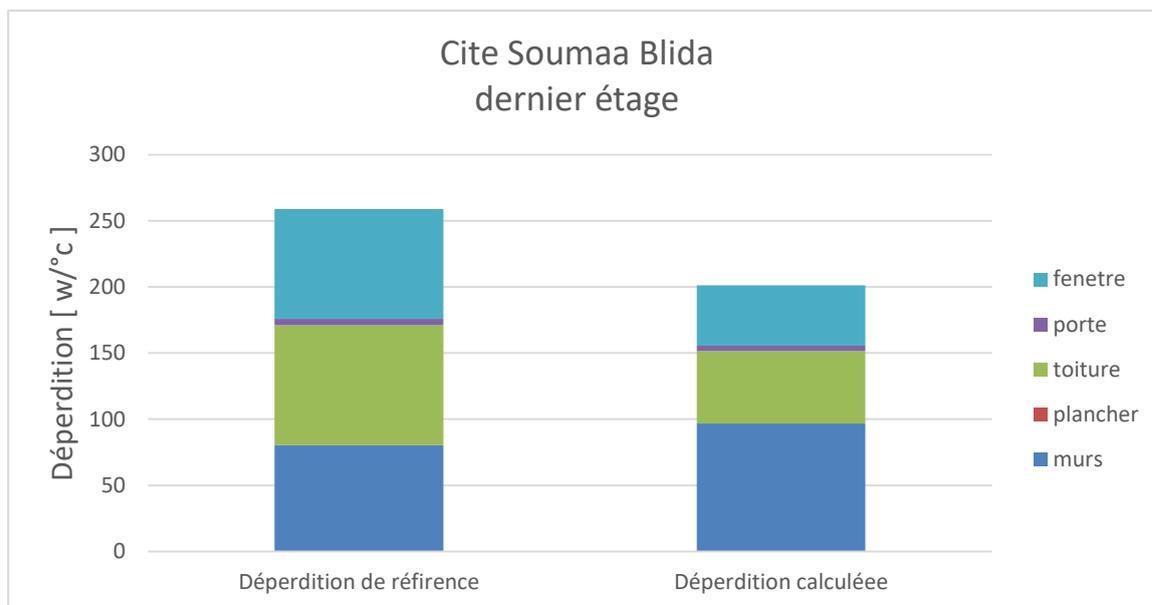


Figure 19. Déperditions (calculées/ de références) dernier Soumaa blida.

Tableau 30. Déperditions détaillées 1er étage Cité Soumaa blida

1^{er} étage

Soumaa blida	Toiture	Plancher	Murs	Portes	Fenêtres
% Références	0	49,37	24,024	1,74	24,85
% Calculées	0	25,30	49,39	2,05	23,24

Tableau 31. Déperditions détaillées 2éme étage Cité Soumaa blida

2^{éme} étage

Soumaa blida	Toiture	Plancher	Murs	Portes	Fenêtres
% Références	0	0	47,45	3,45	49,09
% Calculées	0	0	66,12	2,75	31,12

Tableau 32. Déperditions détaillées dernier étage Cité Soumaa blida

Dernier étage

Soumaa blida	Toiture	Plancher	Murs	Portes	Fenêtres
% Références	34,91	0	30,88	2,24	31,95
% Calculées	27,22	0	48,12	2,10	22,65

On constate que les trois étages sont conformes à la réglementation définie par le DTR 2016 mais la différence entre les déperditions n'est pas aussi significative pour le deuxième et le dernier étage.

Pour le premier étage, les déperditions calculées sont nettement inférieures aux déperditions de références ; ceci s'explique par la différence entre les coefficients du plancher (0,58 pour le projet ; 2 pour le DTR2016).

Pour le deuxième étage, les déperditions calculées et les déperditions de références sont presque égales à cause des compensations qui s'opèrent entre les différentes déperditions. En effet les déperditions calculées engendrées par les fenêtres sont inférieures aux déperditions de références correspondantes, par contre les déperditions calculées occasionnées par les murs sont supérieures à celles de références. Les portes, bien que les coefficients ne sont pas les mêmes, n'ont pas d'influence, car leurs surfaces ne sont grandes.

Le même constat est fait pour le dernier étage car la toiture n'engendre pas une différence notable entre les différentes déperditions.

2.5.4 Présentation des résultats du projet Blida centre par rapport au DTR 2016

L'étude de la conformité se limitera au DTR 2016. Les figures (20-21-22-23) et les tableaux associés présentent les différents résultats.

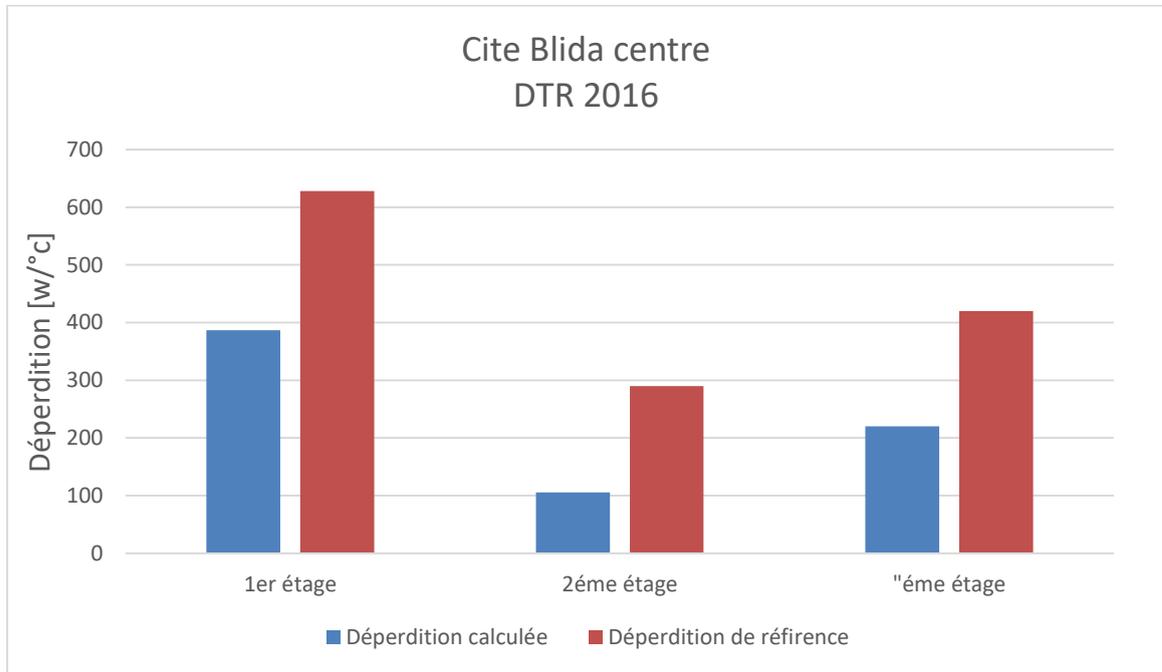


Figure 20. Déperditions (calculées/ de références) Blida centre.

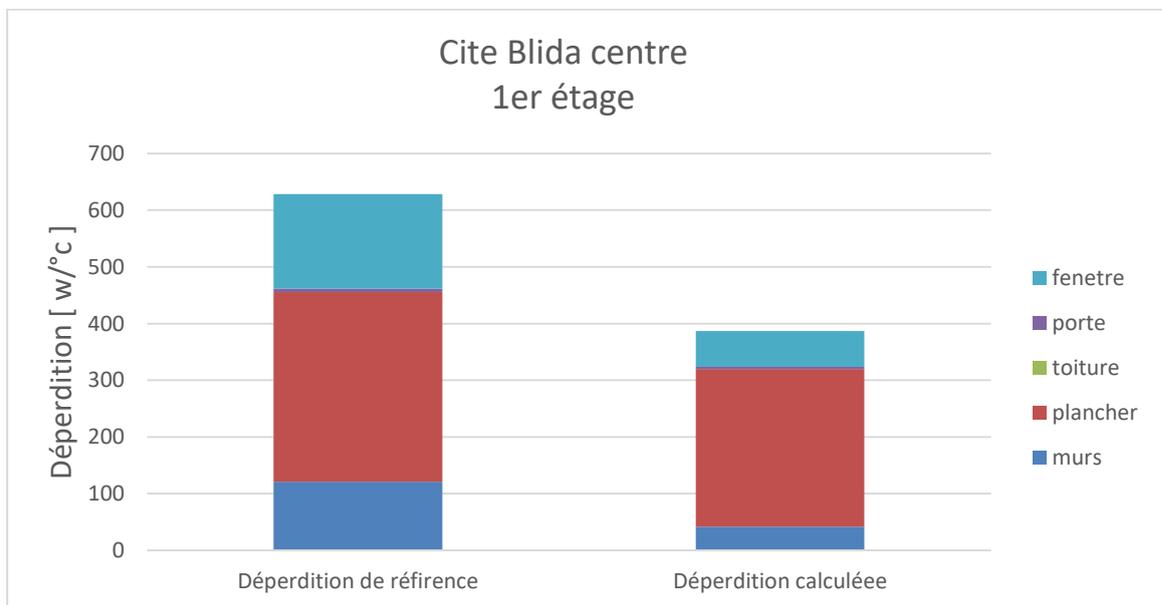


Figure 21. Déperditions (calculées/ de références) 1er étage Blida centre

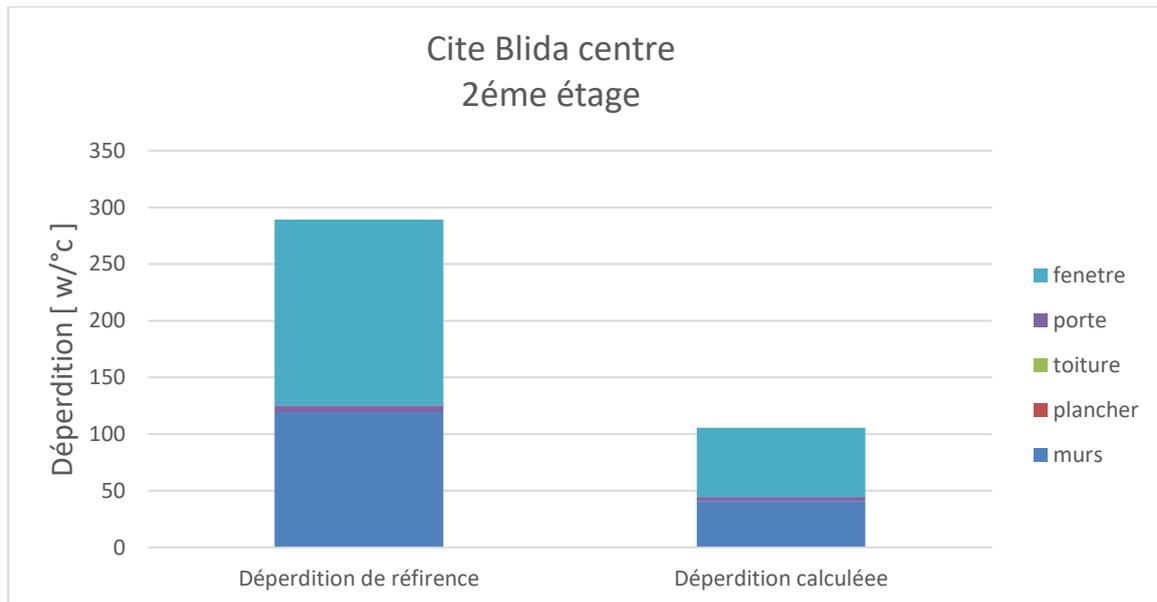


Figure 22. Déperditions (calculées/ de références) 2ème étage Blida centre

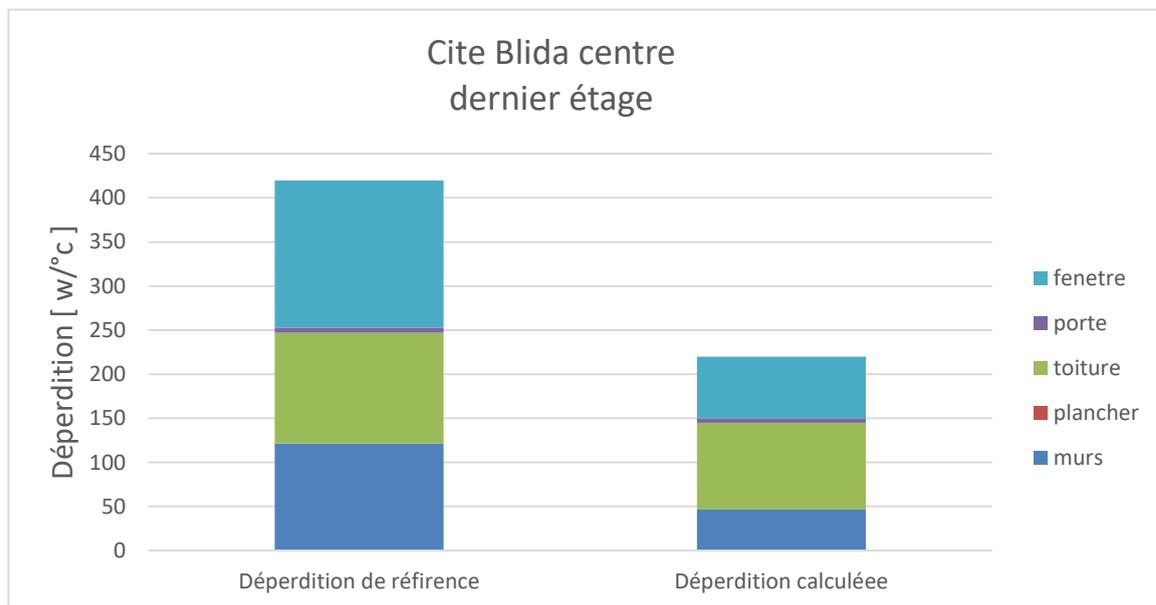


Figure 23. Déperditions (calculées/ de références) dernier étage Blida centre

Tableau 33. Déperditions détaillées 1er étage Cité Blida centre**1^{er} étage**

Blida centre	Toiture	Plancher	Murs	Portes	Fenêtres
% références	0	53,268	19,26	1,00	26,52
% calculées	0	71,95	10,71	1,07	16,26

Tableau 34. Déperditions détaillées 2ème étage Cité Blida centre**2^{ème} étage**

Blida centre	Toiture	Plancher	Murs	Portes	Fenêtres
% références	0	0	41,20	2,02	56,76
% calculées	0	0	38,18	3,81	57,90

Tableau 35. Déperdition détaillées dernier étage Cité Blida centre**Dernier étage**

Blida centre	Toiture	Plancher	Murs	Portes	Fenêtres
% références	29,94	0	28,86	1,42	39,76
% calculées	44,75	0	21,10	2,10	32,04

Il ressort de ces résultats les points suivants :

- Pour tous les étages les déperditions calculées sont toutes inférieures aux déperditions de références ce qui atteste bien de la conformité de la construction vis-à-vis de la réglementation définie par le DTR 2016.
- Les déperditions calculées ou de références du premier étage sont nettement supérieures à leurs semblables vis-à-vis du deuxième étage et du dernier étage. Cette différence s'explique par les déperditions au niveau du plancher qui sont importantes et représentent plus de 70% des déperditions calculées. Par contre les déperditions des murs et des fenêtres sont nettement faibles compte tenu des améliorations survenues dans la construction de ce projet.
- Pour le deuxième étage où les déperditions du plancher et de la toiture ne sont pas incluses, les déperditions calculées représentent moins de 50% des déperditions de références. Les déperditions de cet étage constituent 25% des déperditions du premier étage. Notons que les déperditions des fenêtres sont plus importantes que les

Déperditions des murs. À cause des coefficients des fenêtres et aussi des surfaces qui constituent à peu près 30% des surfaces des proies.

- Pour le troisième étage où les déperditions de la toiture rentrent en jeu, les déperditions totales calculées représentent 50% des déperditions de références. Les déperditions calculées du dernier étage représentent à peu près 50% des déperditions du deuxième étage à cause des déperditions de la toiture.

Il ressort de ces constatations que l'isolation des parois a nettement réduit les déperditions et que le plancher constitue le point faible de la construction en termes de déperditions thermiques.

En conclusion, les constatations que nous venons d'exposer dépendent des choix des coefficients de références et aussi des améliorations apportées dans la construction. Et compte tenu que la réglementation algérienne qui prend en compte les déperditions totales, il est difficile d'apprécier la contribution des améliorations de la construction dans l'un des éléments de calcul (toiture ; plancher ; mur ; porte et fenêtre). Pour cela nous avons jugé utile de faire une comparaison des différents coefficients avec ceux de la réglementation Marocaine. Le tableau 38 dresse les différentes valeurs des coefficients de calcul des déperditions. Les valeurs des coefficients de la Belgique sont données à titre indicatif.

Tableau 36. Comparaison des coefficients de références.

	Coefficients calculés			DTR	DTR	DTR	Belgique	Maroc
	Blida centre	Soumaa blida	Cité ouled yaich	1999	2011	2016		
A : toiture	0,56	0,64	0,68	1,1	0,9	0,75	0,27	0,65
B : plancher	1,76	0,58	0,65	2,4	2,4	2	0,35	0,75
C : mur	0,36	1,16	1,56	1,4	1,4	1	0,32	0,7
D : porte	2	2	2	3,5	3,5	3	2,2	NE
E : fenêtre	1,47	2,01	2,35	4,5	4,5	3,8	2,2	2,6

Conclusion :

Il ressort du tableau 38 les points suivants :

Les coefficients des différents DTR de la réglementation algérienne sont nettement supérieurs aux coefficients de la réglementation marocaine. Cette dernière, plus exigeante, permet une réduction plus conséquente des déperditions.

Le coefficient associé à la toiture du projet Blida centre est meilleure que le coefficient des autres projets et aussi à celui de la réglementation marocaine. Néanmoins il n'y a pas de différence notable entre les différents coefficients.

Les coefficients du plancher des projets Soumaa blida et celui des ouled yaich sont inférieurs aux coefficients de la réglementation marocaine, mais la différence n'est très grande, par contre celui de Blida centre est très élevé.

Le coefficient du mur de Blida centre est inférieur à celui de la réglementation marocaine, par contre ceux du Soumaa blida et des ouled yaich sont élevés. L'utilisation de l'isolation a entraîné une réduction de moitié du coefficient de Blida centre par rapport à la réglementation marocaine. Ce coefficient avoisine le coefficient de la réglementation belge.

Les coefficients des portes des différents projets sont inférieurs au coefficient de la réglementation belge. La réglementation marocaine n'impose pas de coefficient de portes.

Le coefficient des fenêtres du projet Blida centre est nettement inférieur aux autres coefficients y compris celui de la réglementation Belge.

Chapitre III
Etude dynamique

1 Introduction

Dans ce présent chapitre, nous nous proposons d'analyser le comportement thermique dans les trois structures précédemment évoquées (Ouled yaich, Soumaa et Blida centre) à l'aide du logiciel (TRNSYS 16) afin de modéliser la structure de la cellule (chambre témoin). Pour cette application nous avons choisi de simuler notre modèle suivant les données climatiques de la ville de Blida.

2 Définition de TRNSYS

TRNSYS est un logiciel de simulation dynamique développé par le laboratoire « solar energy » de l'université de WISCONSIN Madison. Il permet de calculer les performances énergétiques des bâtiments mono ou multizones en régime dynamique. Ce logiciel est basé sur une approche par schéma bloc permettant de décomposer des problèmes complexes en plusieurs problèmes simples dans un environnement ouvert afin de rajouter de nouveaux composants et concepts. Les composants sont identifiés par leurs types et les numéros des unités. Les types les plus utilisés pour la simulation dans le bâtiment sont :

Type 9 : Lecteur de données standard.

Type 54 : Générateur des données météorologiques.

Type 33 : Lecture à partir du diagramme psychrométrique.

Type 16 : Processeur ou générateur d'ensoleillement.

Type 25 : Impression des données.

Type 65 : Affichage des résultats.

Type 56 : Bâtiment multi zones (TRNBUILD).

TRNBUILD produit deux dossiers différents : Le premier est un fichier de données de construction (.BUI) qui contient toutes les informations sur les matériaux de construction, l'orientation, et les matériaux de l'enveloppe. Le second dossier (.nfo) donne l'information concernant les entrées au type 56 et les sorties à prévoir pour la simulation.

3 Description de la ville

3.1. Géographique

Blida est située dans le Tell central, à 229 m d'altitude, elle est délimitée au nord, par les wilayas de Alger et de Tipaza ; à l'est, par les wilayas de Boumerdés et Bouira ; au sud, par les wilayas de Médéa et de Ain Defla et montagne de la chréa. Les coordonnées de la ville sont approximativement de : 36° 28' 60" nord, 2° 49' 60" ouest.

La carte ci-dessous montre l'emplacement de la ville :

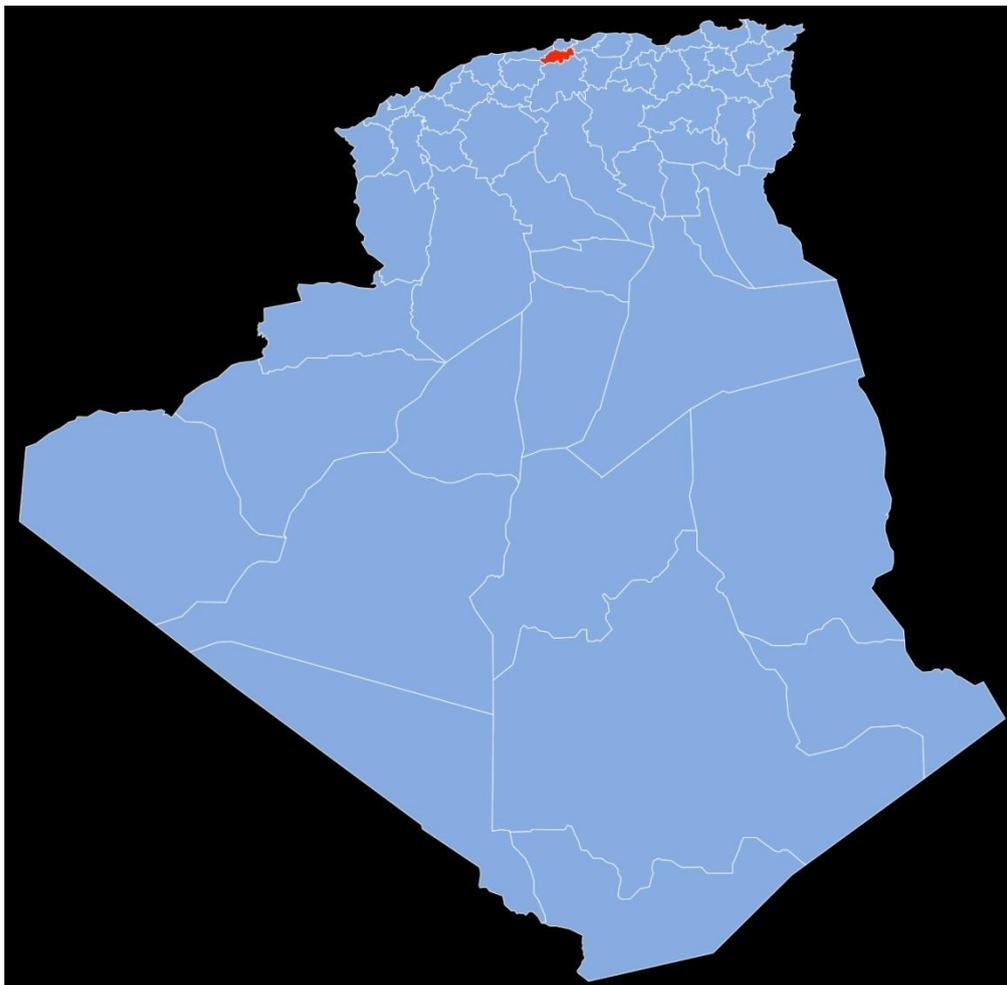


Figure 1 : Carte d'Algérie.

3.2. Climatique

Le climat de Blida est chaud et tempéré. L'été, à Blida, les pluies sont moins importantes qu'elles ne le sont en hiver. D'après Köppen et Geiger, le climat y est classé Csa. La température moyenne annuelle à Blida est de 17.1 °C. Chaque année, les précipitations sont en moyenne de 641mm.

Tableau 1. Données climatiques de Blida.

Mois	jan.	fév.	mars	avril	mai	juin	Jui.	août	sep.	oct.	nov.	déc.
T° minimale moyenne (°C)	5.9	5.9	8.1	10	13	16.8	20	20.7	18	15	10.2	7.4
T° moyenne (°C)	9.5	9.8	12.4	14.8	18	22.4	25.8	26	22.7	19.3	13.7	10.7
T° maximale moyenne (°C)	13.8	14.2	17	19.6	22.9	27.7	31.4	31.7	28	24.4	17.9	14.8

4 Plan de travail

Le chemin suivi pour réaliser cette simulation est résumé sur la figure ci-dessous :

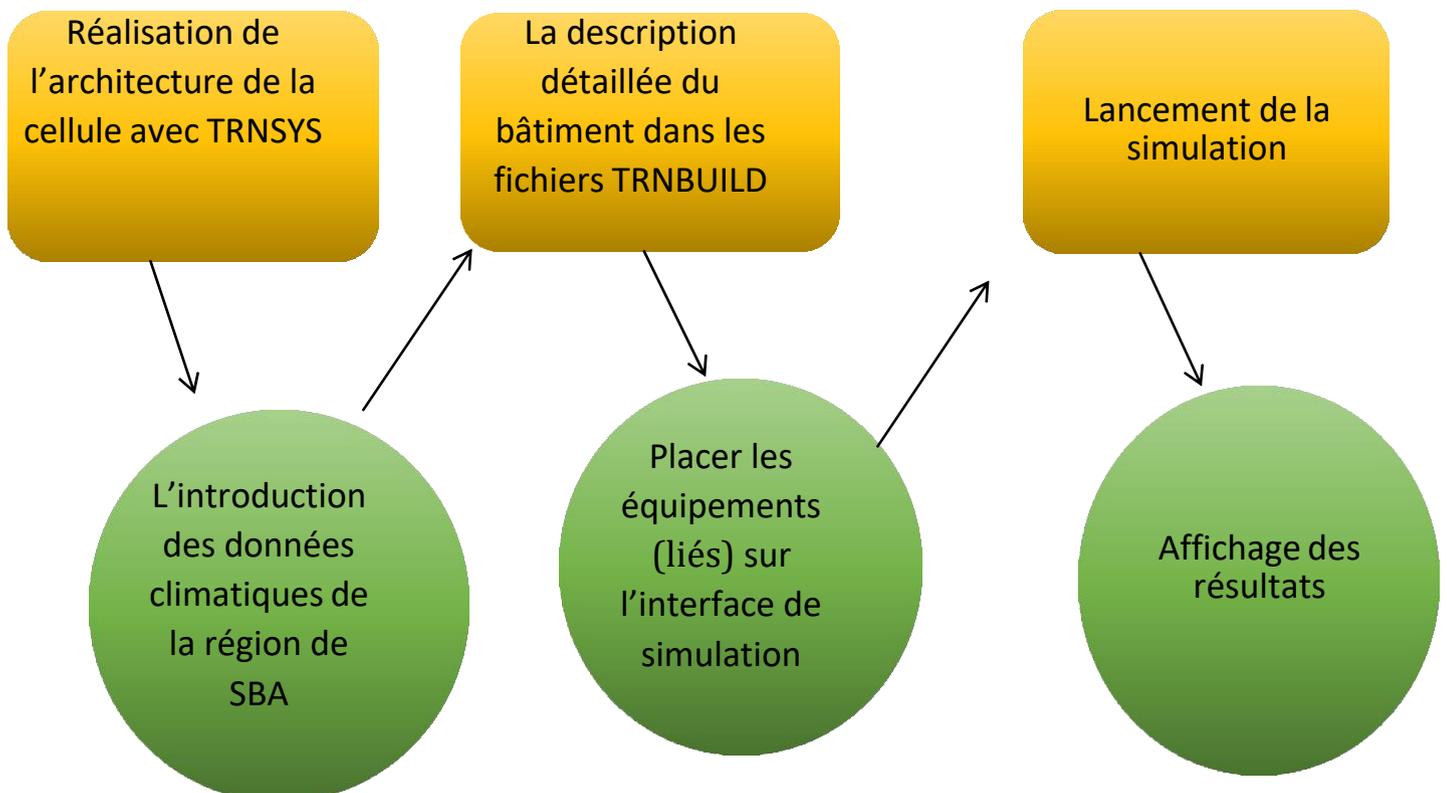


Figure 2 : Etapes de la simulation.

5 Déroulement de la simulation :

5.1. Description de la chambre témoin (cellule) :

On a choisi d'effectuer la simulation sur une pièce de dimensions standard voir d'une hauteur de 3.15 m, 5m de longueur et 4 m de largeur soit une surface de 20 m² et un volume de 63 m³, équipée d'une fenêtre de 2.5 m² conforme aux caractéristiques des parois vitrées utilisées dans le bâtiment en question (Chapitre II).

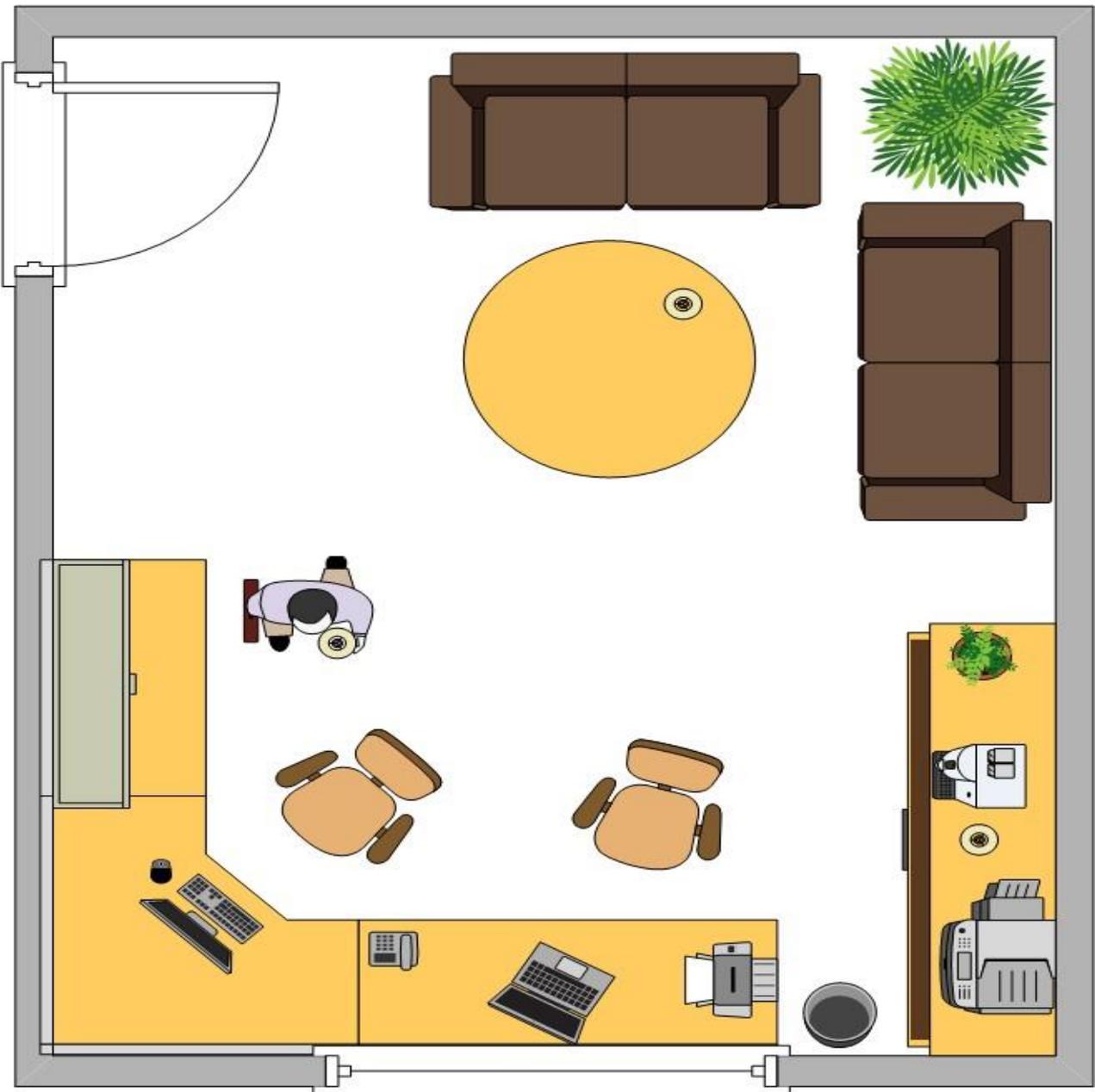


Figure 3 : Vue plan de la chambre témoin.

Hauteur = 3.15m Largeur = 4 m Longueur = 5 m

Volume = 63 m³ Surface de fenêtre = 2,51 m²

5.2. Lancement de la simulation

1- La première étape : Réalisation de l'architecture de la cellule avec TRNSYS

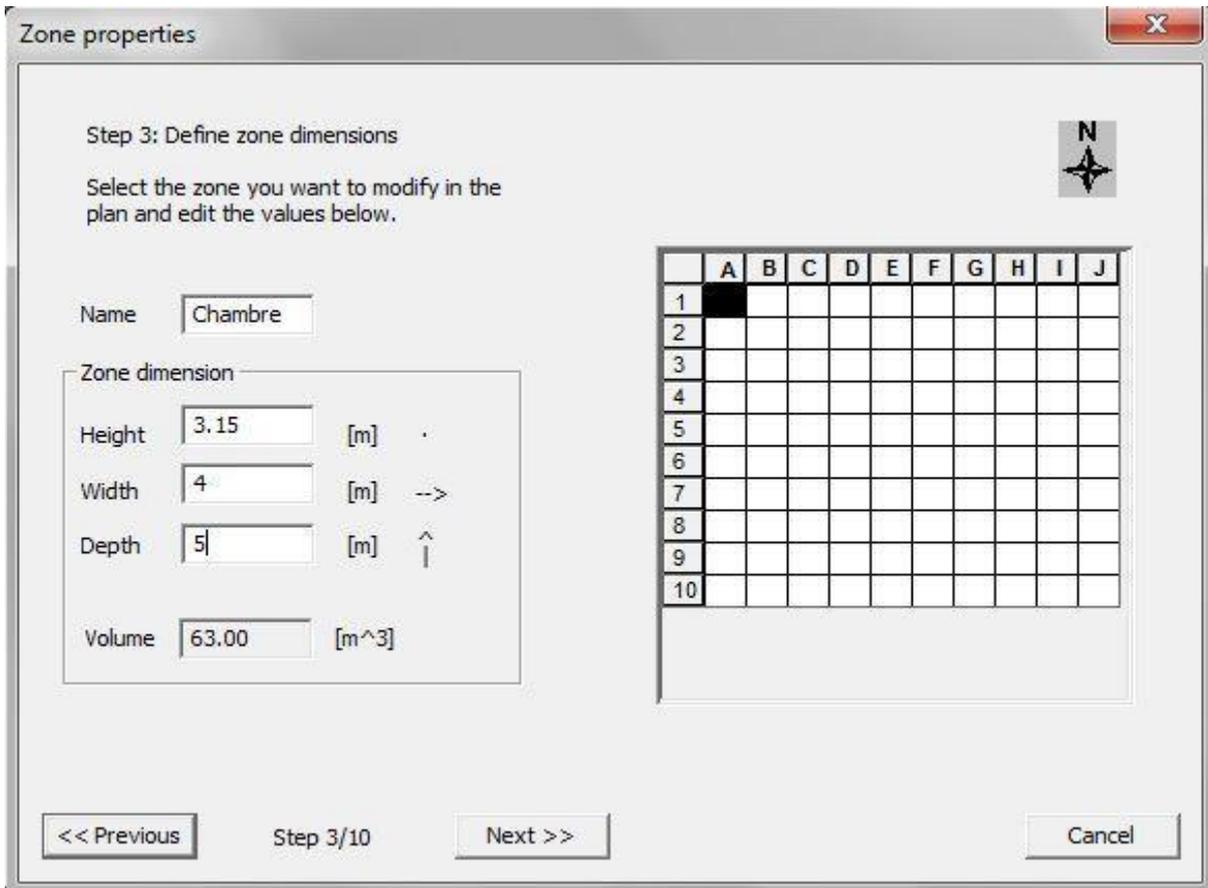


Figure 4 : Fenêtre de définition de dimensionnement de la chambre.

- 2- La deuxième étape : Concerne l'introduction des données climatiques de la région de Blida à l'aide de type Weather data
- 3- La troisième étape concerne la description détaillée du bâtiment dans les fichiers TRNBUILD en prenant en compte l'épaisseur, la conductivité, la capacité thermique du matériau, l'orientation, les murs et le plancher haut et bas sont représentés dans les tableaux suivants :

Les murs :

Tableau 2. La composition des murs

Ouled yaich	e [m]	R [m ² /W]	Soumaa	e [m]	R [m ² /W]	Blida centre	e [m]	R [m ² /W]
Enduit mortier	0.02	0.02	Enduit mortier	0.02	0.02	Polystyrène	0.07	2
Brique 25 cm	0.25	0.39	Brique 15 cm	0.15	0.30	Brique 15cm	0.15	0.30
Enduit plâtre	0.02	0.06	Lame d'air	0.05	0.16	Lame d'air	0.35	0.16
			Brique 10	0.10	0.20	Plâtre	0.013	0.06
			Enduit plâtre	0.02	0.06			

Le plancher haut :

Tableau 3. La composition de plancher haut

Ouled yaich	e [m]	R [m ² /W]	Soumaa	e [m]	R [m ² /W]	Blida centre	e [m]	R [m ² /W]
Entrevous	0.2	1.25	Entrevous	0.2	1.25	Polystyrène	0.05	1.25
Béton	0.1	0.06	Béton	0.1	0.06	Béton	0.15	0.33
Plâtre	0.02	0.05	Plâtre	0.02	0.05	Plâtre	0.02	0.05

Le plancher bas : 2

Tableau 4. La composition de plancher bas

Ouled yaich	e [mm]	R [m ² /W]	Soumaa	e [mm]	R [m ² /W]	Blida centre	e [mm]	R [m ² /W]
Entrevous	0.2	1.25	Entrevous	0.2	1.25	Béton	0.15	0.33
Béton	0.1	0.06	Béton	0.1	0.06	Mortier ciment	0.01	0.007
Mortier ciment	0.01	0.00	Mortier ciment	0.01	0.007	Marbre	0.02	0.007
Carrelage	0.03	0.014	Dalle de sol	0.01	0.01			

4 - Couplage des sources énergétiques au bâtiment :

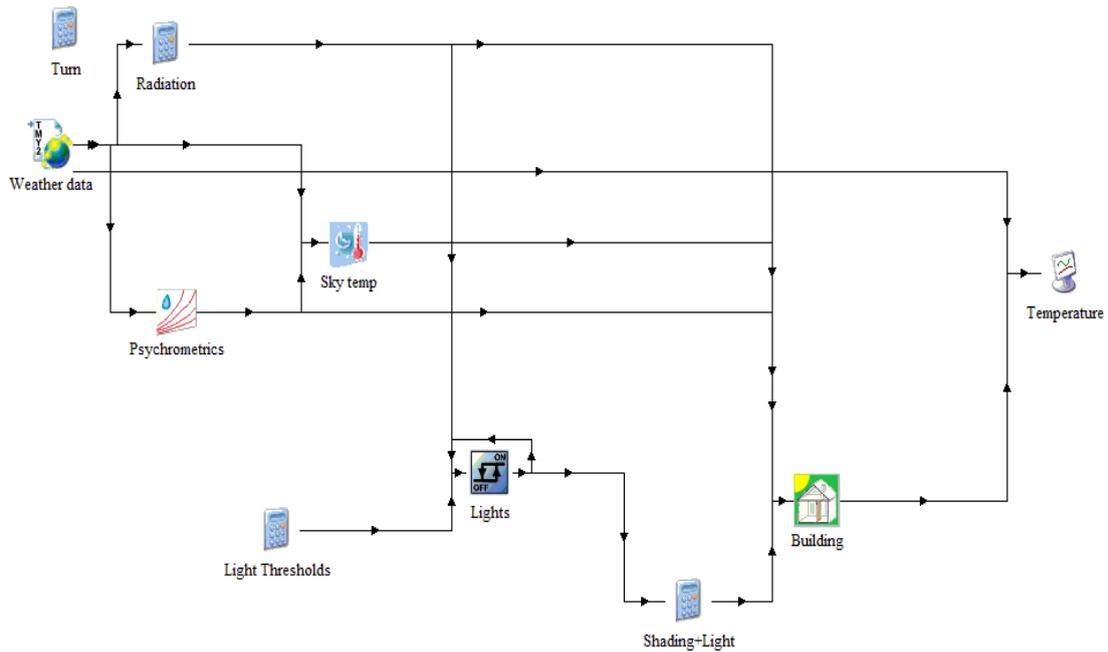


Figure 5 : Schéma des sources énergétiques.

5 - Ces deux dernières étapes concernent le lancement de la simulation, la lecture des résultats par le biais du type 65d et leur exportation au fichier Excel à l'aide du type 25a :

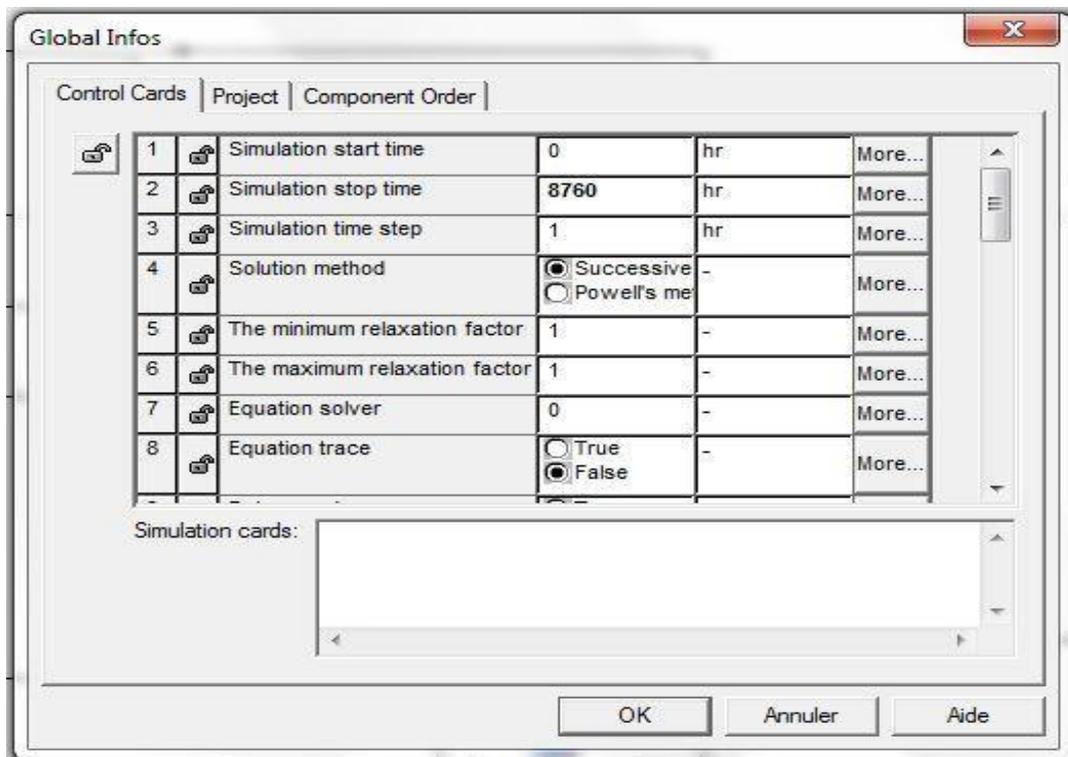


Figure 6: Définition des conditions de simulation.

5.3. Affichage des résultats

5.3.1. Evolution annuelle de la température intérieure et extérieure

5.3.1.1. Ouled yaich

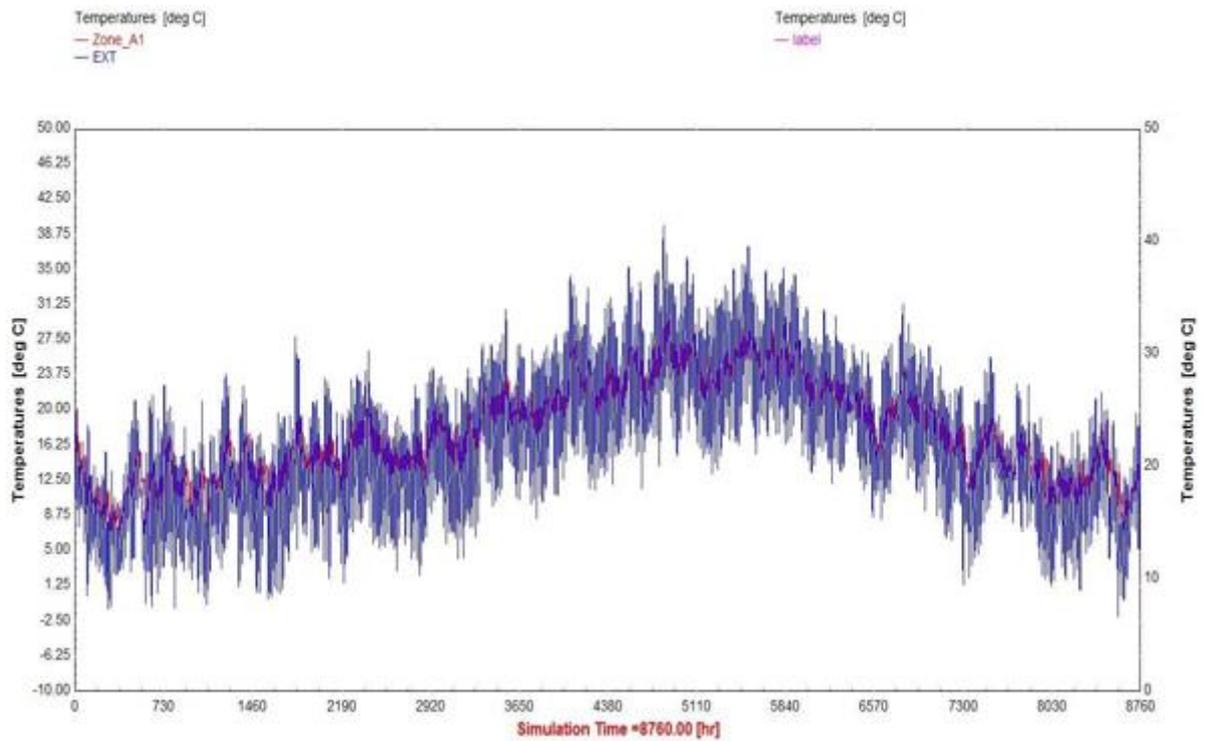


Figure 7: Evolution annuelle de la température - Ouled yaich -

5.3.1.2. Soumaa

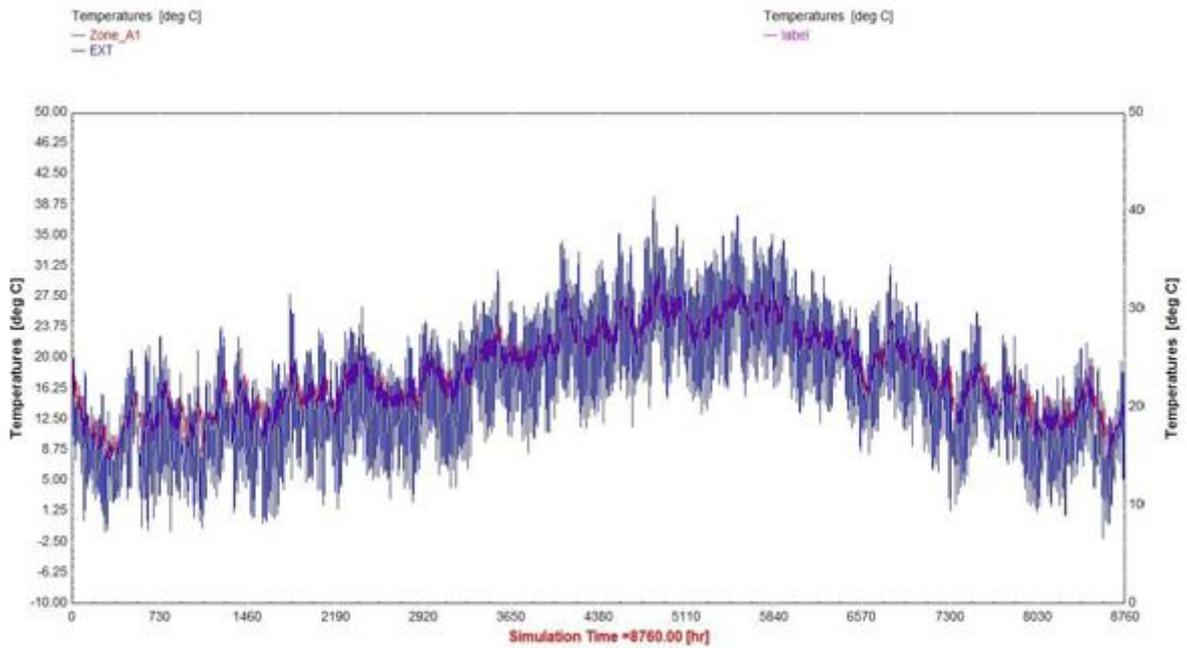


Figure 8 : Evolution annuelle de la température - Soumaa -.

5.3.1.3. Blida centre

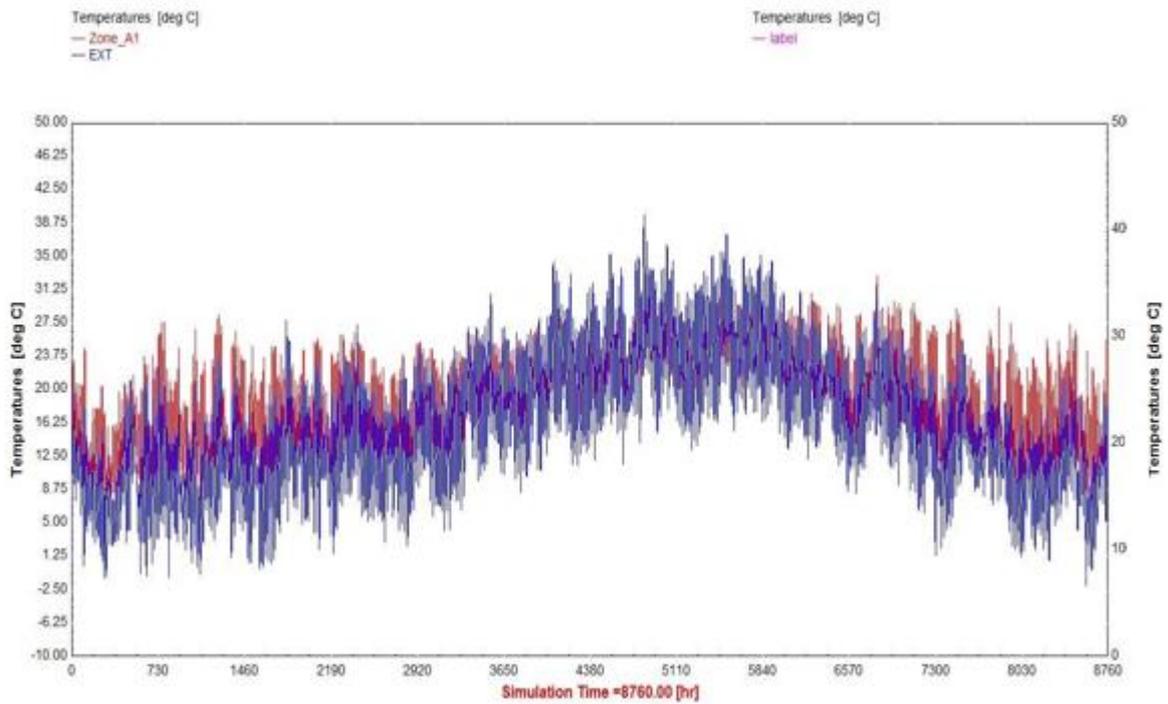


Figure 9 : Evolution annuelle de la température - Blida centre -.

5.3.2. Evolution mensuelle de la température intérieure et extérieure

5.3.2.1. Ouled yaich

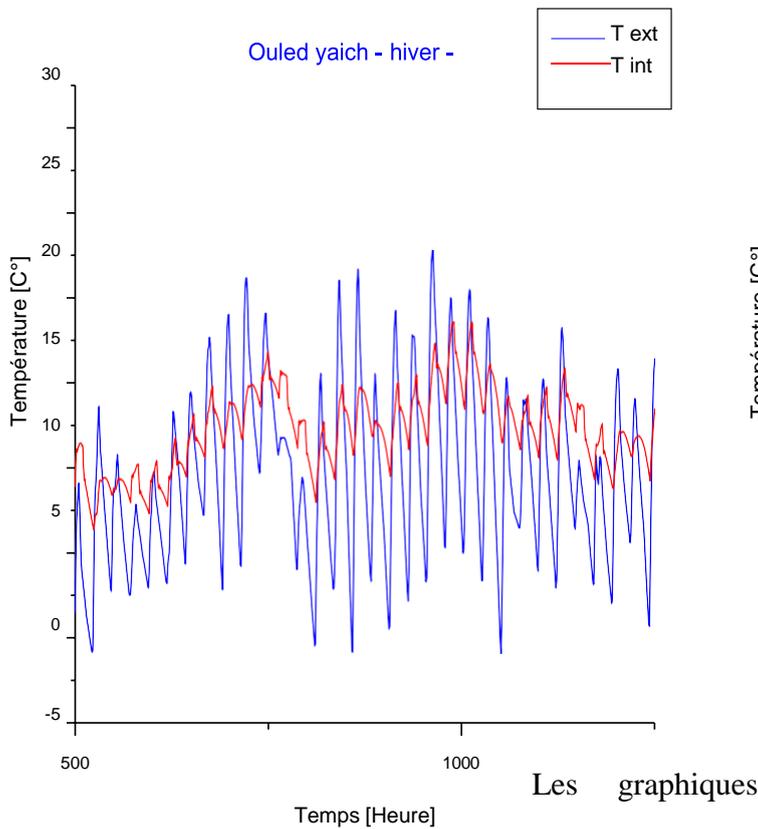


Figure 11: Evolution mensuelle de la température en hiver- Ouled yaich - .

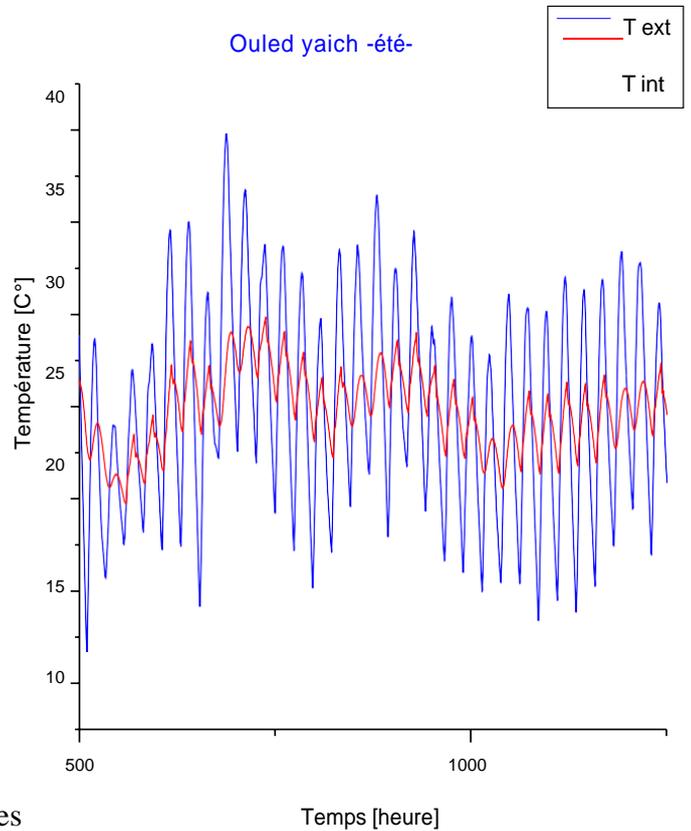


Figure 10: Evolution mensuelle de la température en été- Ouled yaich-

Représentent l'évolution de la température dans le bâtiment sans effet des installations techniques de chauffage ou de climatisation. Le profil de température évolue d'une manière sinusoïdale où l'on remarque une fluctuation assez importante de l'amplitude passant par un maximum de 20 °C à 18 h et un minimum de 6.39 °C à 9 h en période hivernale et un maximum de 29.84°C à 18 h et un minimum de 19.51°C à 8 h en période estivale.

5.3.2.2. Soumaa

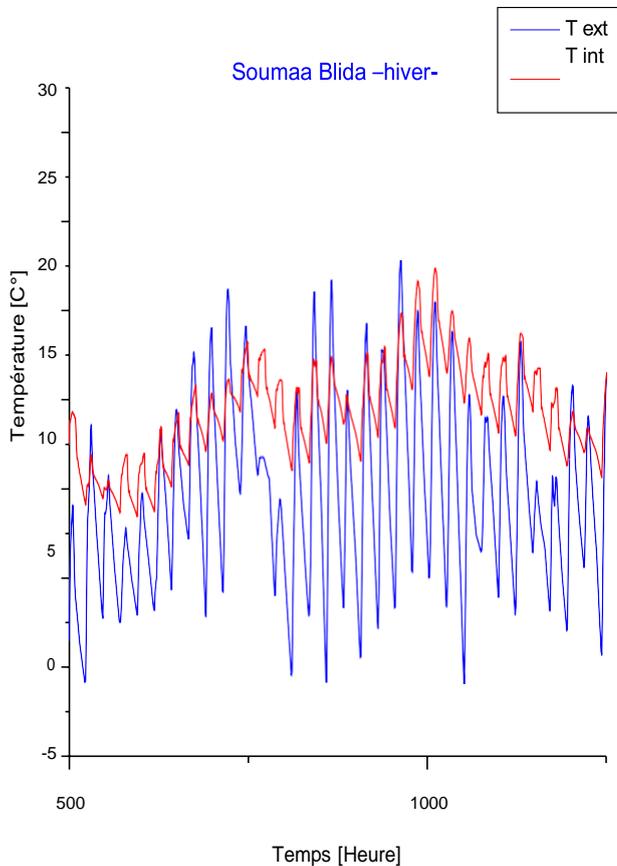


Figure 12: Evolution mensuelle de la température en hiver- Soumaa -.

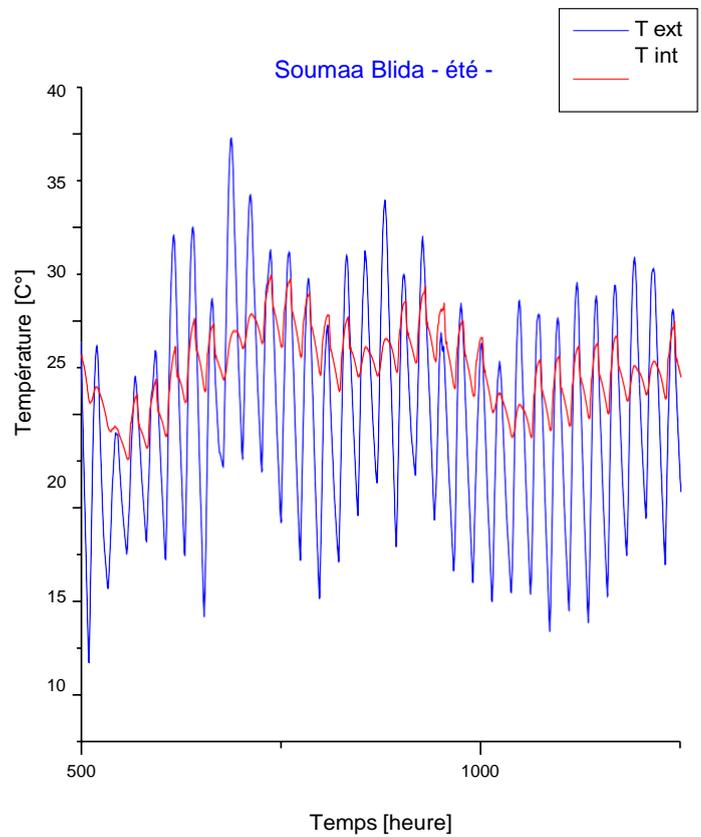


Figure 13: Evolution mensuelle de la température en été- Soumaa -.

Les graphiques représentent l'évolution de la température dans le bâtiment sans effet des installations techniques de chauffage ou de climatisation, le profil de température évolue d'une manière sinusoïdale où on remarque une fluctuation assez importante de l'amplitude passant par un maximum de 22.54°C à 16 h et un minimum de 8.45 °C à 5 h en période hivernale et un maximum de 32.43°C à 17h et un minimum de 22.5°C en période à 7h estivale.

5.3.2.3. Blida centre

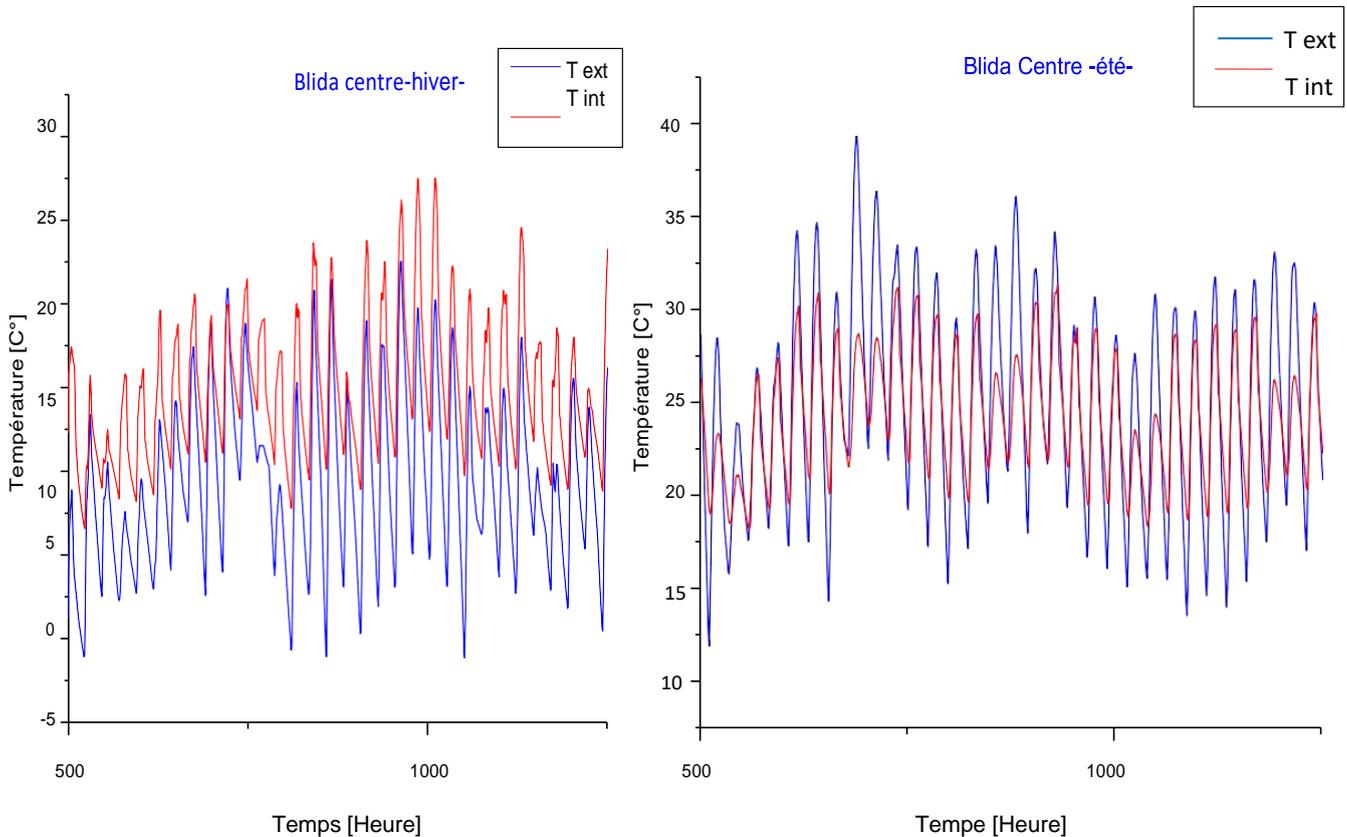


Figure 14: Evolution mensuelle de la température En -hiver- Blida centre
 Figure 15: Evolution mensuelle de la température en - été - Blida centre

Les graphiques représentent l'évolution de la température dans le bâtiment sans effet des installations techniques de chauffage ou de climatisation. Le profil de température évolue d'une manière sinusoïdale où l'on remarque une fluctuation assez importante de l'amplitude passant par un maximum de 28.47 °C à 15 h et un minimum de 6.82 °C à 8 h en période hivernale et un maximum de 32.92°C à 15 h et un minimum de 17.19 °C en période 7 h estivale. Le déphasage observé entre les hautes et les basses températures intérieures et extérieures est dû à l'inertie thermique de la construction et la diffusivité thermique des matériaux, aussi la disposition des couches des matériaux joue un rôle important dans la valeur de l'inertie thermique notamment l'installation de la couche d'isolant par l'extérieur qui entraîne une lourde inertie thermique. Cependant, dans le cas d'une séquence caniculaire de plusieurs jours, la maison aux murs très inertes bénéficiera d'un meilleur confort en début de séquence, mais d'un inconfort plus important à la fois en fin de la séquence caniculaire et durant les quelques jours suivants.

5.4. Représentation Gaussienne température intérieure

5.4.1. Ouled yaich

La représentation gaussienne illustre sur les graphes suivants les températures enregistrées à l'intérieur de l'habitation durant les 720 heures (1 mois) sur lesquelles s'est déroulé la Simulation où l'on observe la fréquence de répétition de chaque valeur de température, et une moyenne statistique des températures au sommet de la courbe.

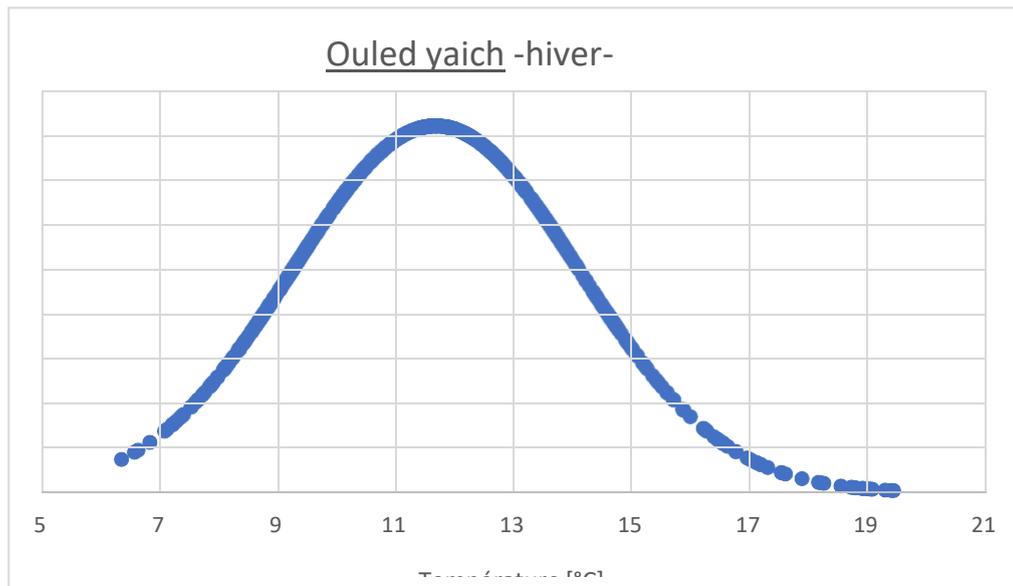


Figure 16: La représentation gaussienne -hiver- Ouled yaich.

On constate que les températures intérieures varient principalement entre 10 °C et 13 °C ce qui est loin d'assurer un confort thermique dont les valeurs de températures varient de 20°C à 22°C.

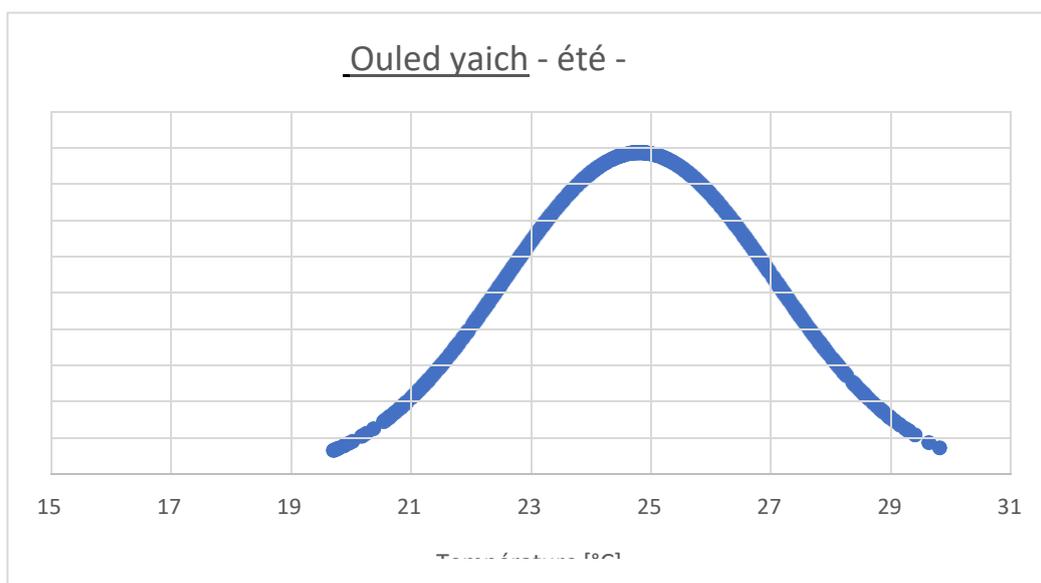


Figure 17 : La représentation gaussienne -été- Ouled yaich.

On

constate que les températures intérieures varient principalement entre 22 °C et 28 °C ce qui n'assure pas un confort thermique d'une part dont les valeurs de températures varient de 24 °C à 27 °C et d'autre part on enregistre des pics de 30 °C ce qui se traduit par un inconfort.

5.4.2. Soumaa

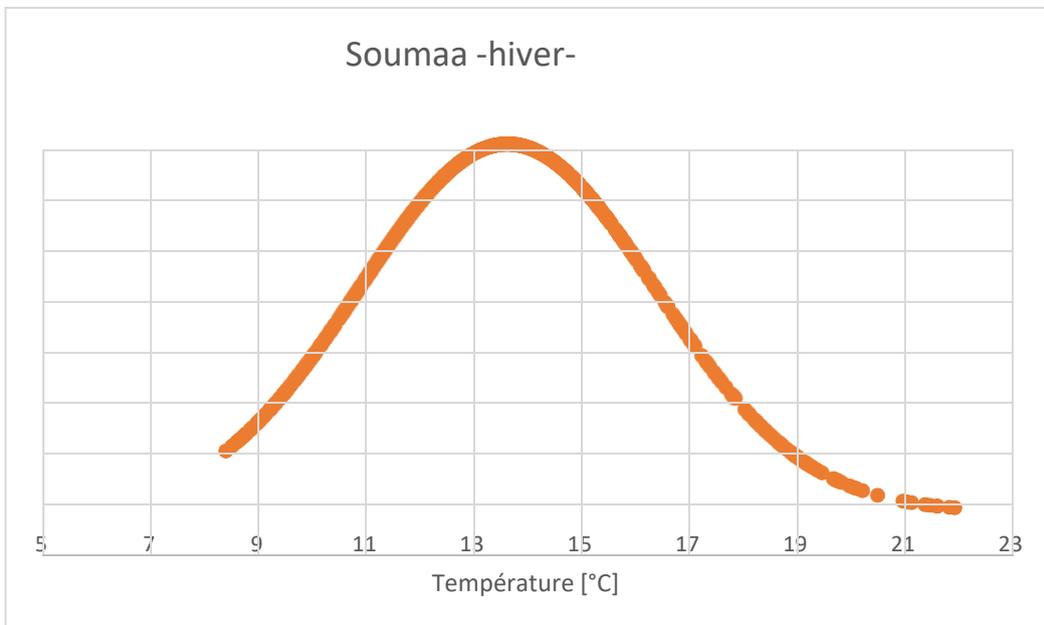


Figure 18 : La représentation gaussienne -hiver- Soumaa.

On constate que les températures intérieures varient principalement entre 13 °C et 15 °C ce qui est loin d'assurer un confort thermique dont les valeurs de températures varient de 20°C à 22°C

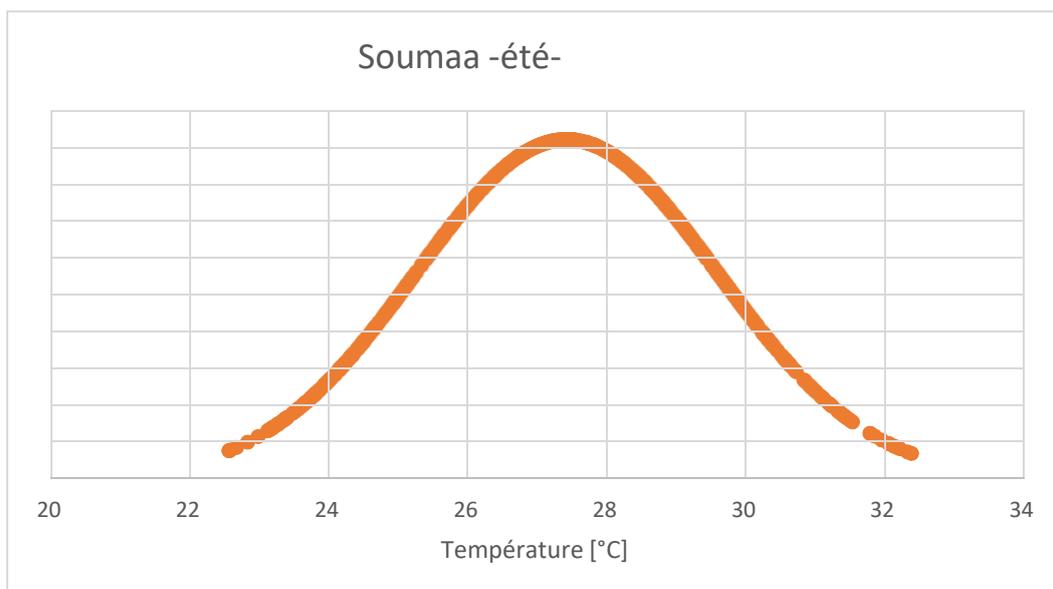


Figure 19 : La représentation gaussienne -été- Soumaa.

On constate que les températures intérieures varient principalement entre 25 °C et 30 °C ce qui n'assure un confort thermique dont les valeurs de températures varient de 24 °C à 27 °C et d'autre part on enregistre des pics de 32 °C ce qui se traduit par un inconfort.

5.4.3. Blida centre

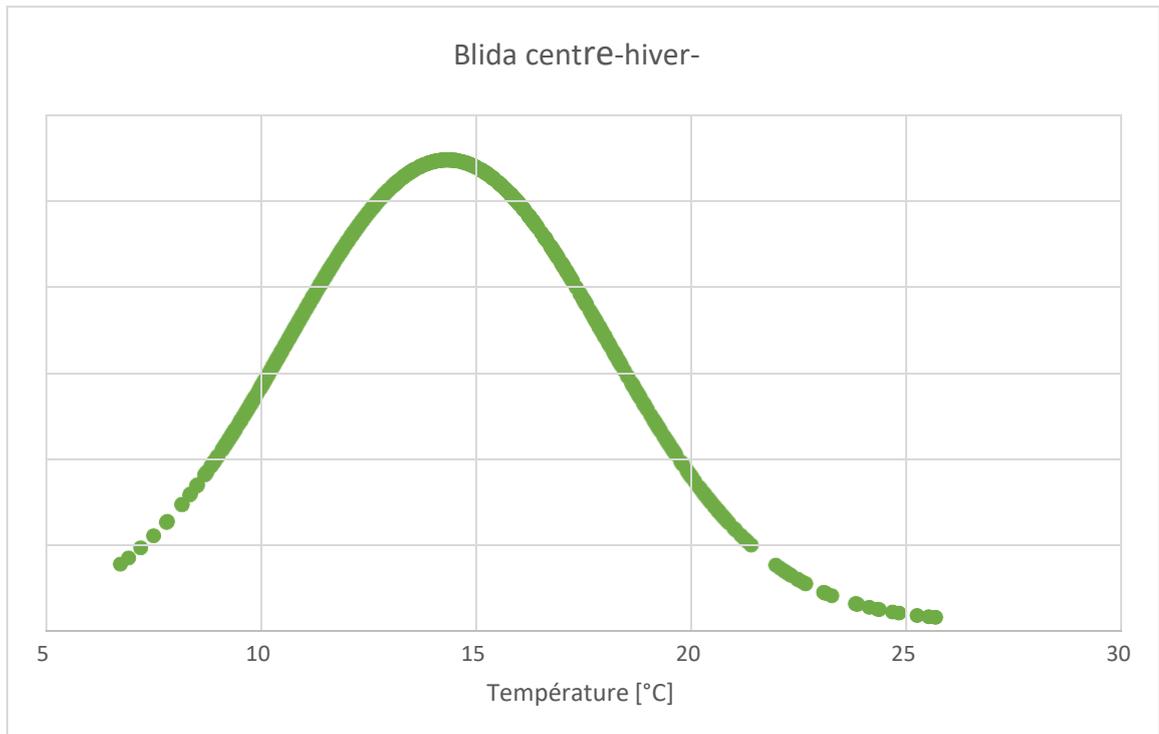


Figure 20 : La représentation gaussienne -hiver- Blida centre.

On constate que les températures intérieures varient principalement entre 13 °C et 16 °C ce qui est loin d'assurer un confort thermique dont les valeurs de températures varient de 20°C à 22°C.

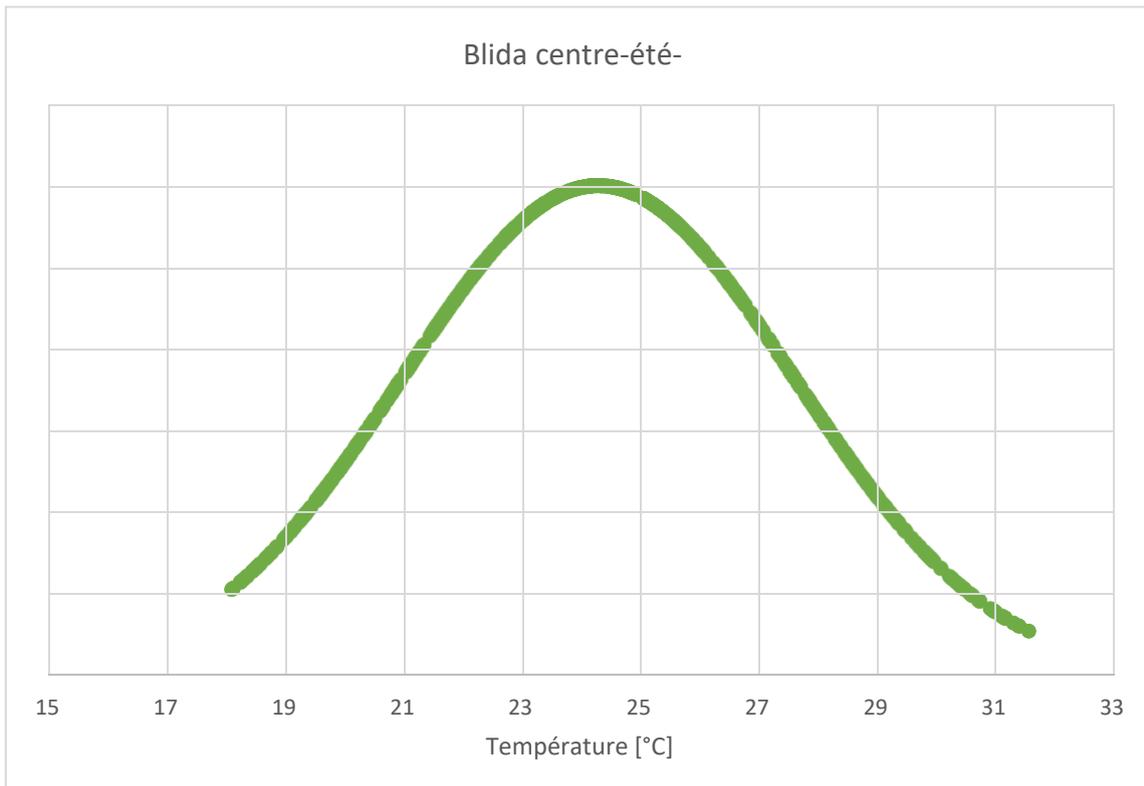


Figure 21 : La représentation gaussienne -été- Blida centre.

On constate que les températures intérieures varient principalement entre 22 °C et 28 °C ce qui n'assure un confort thermique dont les valeurs de températures varient de 22 °C à 28 °C et d'autre part on enregistre des pics de 30 °C ce qui se traduit par un inconfort.

5.5. Représentation des besoins énergétiques de chauffage et climatisation

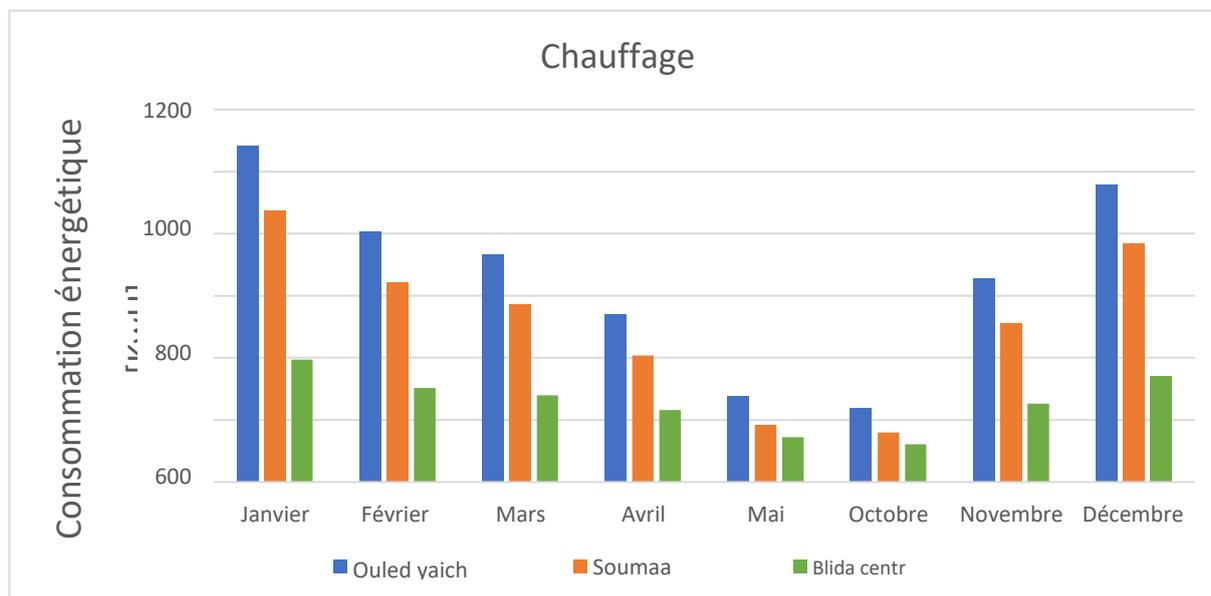


Figure 22 : Représentation annuelle des besoins énergétiques de chauffage.

Il ressort du graphe les points suivants :

- les besoins en chauffage du projet Ouled yaich sont nettement plus supérieurs aux besoins des autres projets durant toute la période où l'habitation nécessite du chauffage (voir la période du mois d'Octobre au mois de Mai).
- Concernant le projet du Soumaa, les besoins en chauffage sont moins élevés que ceux du projet Ouled yaich tout en étant considérablement importants par rapport à ceux enregistrés pour le projet Blida centre.

On peut conclure ce qui suit :

- les valeurs des déperditions préalablement calculées au Chapitre II, expliquent ces constatations.

La composition et le positionnement des parois se répercutent d'une manière directe sur l'ordre de grandeur des besoins en chauffage sur ces trois projets.

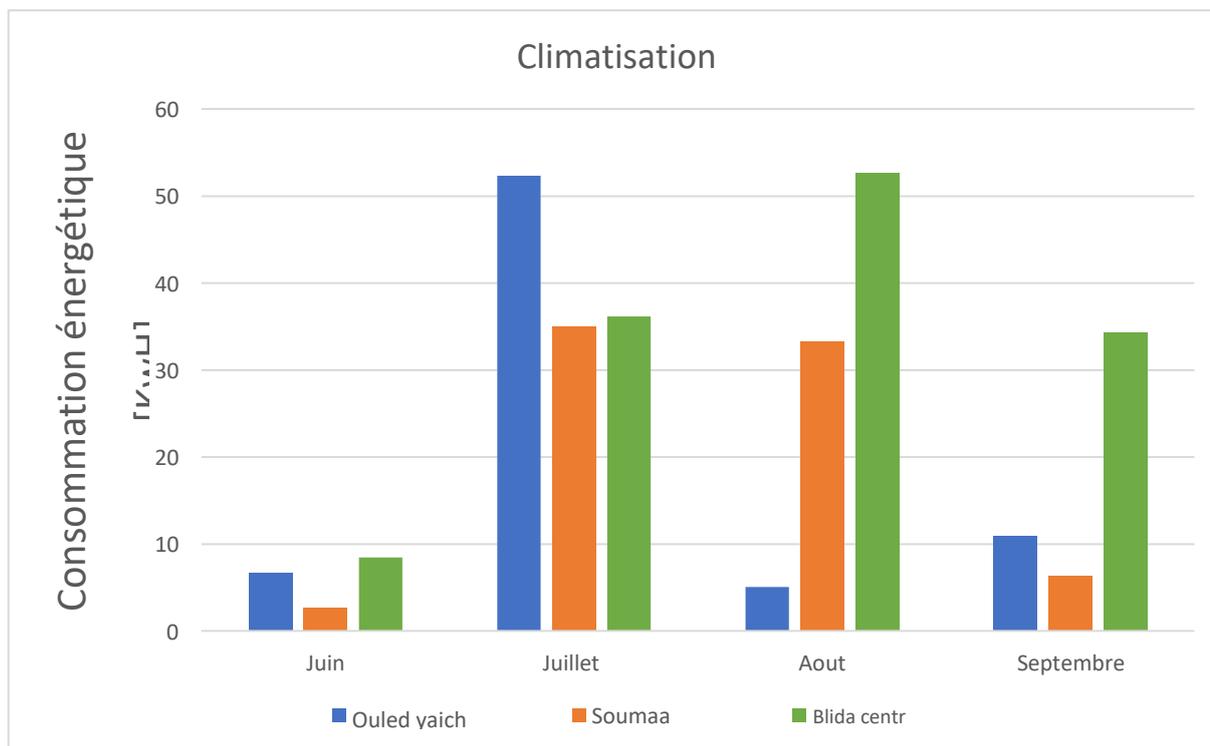


Figure 23 : Représentation annuelle des besoins énergétiques de climatisions.

Contrairement au chauffage, le projet Blida centre présente les plus grands besoins en climatisation, comparé aux deux autres projets : 56 logements et Soumaa -respectivement qui consomment moins d'énergie pour la climatisation notamment durant les mois d'aout et septembre.

La composition des parois opaques du Projet Blida centre présente un inconvénient pour le confort thermique en été, car la couche d'isolation extérieure emprisonne la chaleur à l'intérieure du bâtiment où elle est restituée, entrainant une hausse de température qui peut atteindre 32 °C d'où le besoin d'avoir la climatisation sur des périodes étendues.

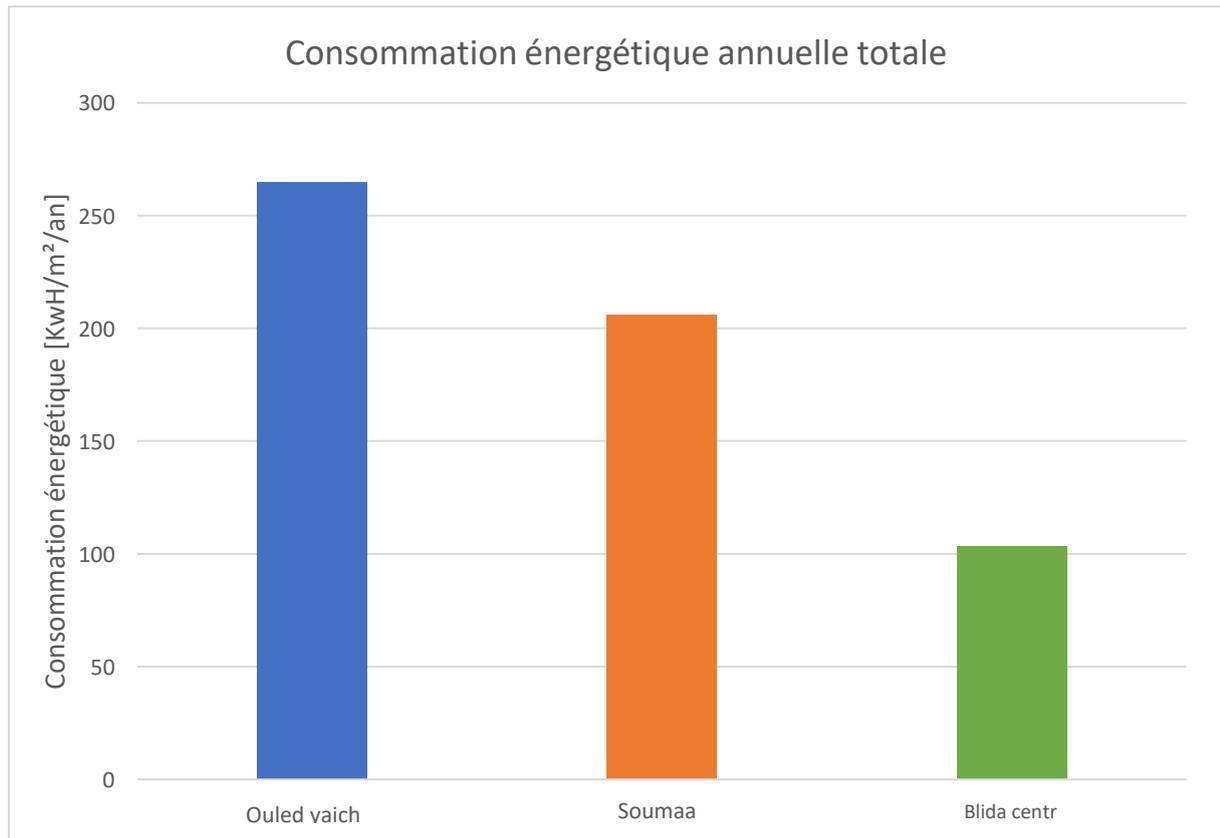


Figure 24 : Consommation énergétique annuelle totale.

Un indice souvent utilisé pour comparer la consommation d'énergie des bâtiments est l'Indice de Dépense d'Énergie, ou IDE. On obtient cet indice en divisant la consommation annuelle d'énergie totale (*chauffage et climatisation*) exprimée en kWh par la surface brute de l'espace habitable.

CONCLUSION GENERALE

Ce modeste travail est une contribution à l'efficacité énergétique, Il met la lumière sur la conformité des constructions en Algérie vis-à-vis de la réglementation à travers trois projets. Ces derniers, de conceptions différentes, regroupent les différents cas de réalisation en Algérie et constituent l'échantillon type de construction.

Ce travail nous a permis de prendre connaissance de la réglementation thermique et son évolution à travers les trois DTR élaborés par le CNERIB. Il nous a permis aussi de s'initier à l'approche dynamique à travers le logiciel TRNSYS reconnu comme l'un des meilleurs logiciels dans le domaine thermique. Ce logiciel est homologué par les différents organismes étrangers pour attester de la conformité thermiques des constructions.

A travers cette étude, nous proposons les recommandations jugées utiles pour la concrétisation des objectifs de l'efficacité énergétique afin d'améliorer la réglementation ainsi que la conception des bâtiments.

Il ressort de l'analyse des résultats que les différents projets, à notre grande surprise, étaient presque tous conformes vis-à-vis de la réglementation thermique algérienne. Cette dernière, qui avait comme objectif de réaliser une réduction de 20 à 30%, a attesté le projet des Ouled yaich étant conforme alors que celui-ci ne renfermait aucune mesure de réduction des déperditions thermiques.

A la lumière de ces résultats une révision de la réglementation s'avère nécessaire. Cette révision doit être plus exigeante. On propose une réduction de moitié des coefficients suivants (planchers ; murs) et une réduction du tiers des coefficients de la toiture et des fenêtres. Cette réduction n'est pas excessive, sachant qu'en France le passage de la RT 2005 à la RT 2012 a divisée la consommation d'énergie par trois, d'autant plus que le projet de Blida centre le coefficient des murs est de 0,36 alors le nouveau coefficient suggéré est de 0,5. L'adoption des critères basés sur les coefficients de transmission pour chaque partie de construction (plancher, toiture, murs, fenêtres) est plus significative que celle relative aux déperditions globales où des compensations surviennent.

Il faut surtout que cette réglementation soit obligatoire pour les constructions neuves.

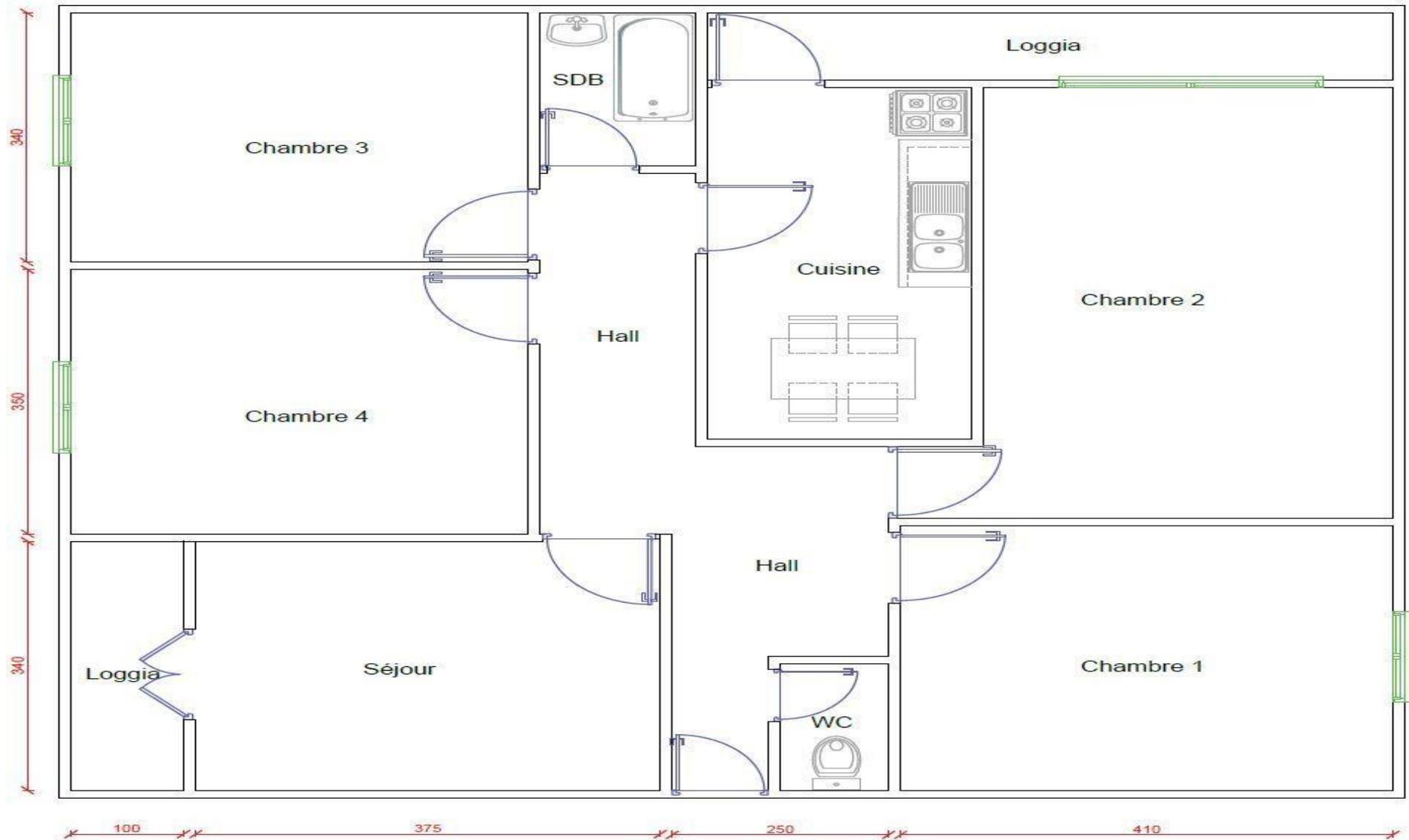
L'étude nous a permis aussi d'identifier, grâce à la représentation des taux de déperditions, les points critiques dans la conception des différents projets. Nous proposons dans ce cadre les recommandations suivantes :

- Bannir les conceptions similaires à celle du projet des Ouled yaich.
- Pour le projet de Soumaa, apporter une amélioration des déperditions des murs par une isolation entre les parois.
- Pour le projet Blida centre, isoler le plancher et assurer une ventilation contrôlée pour améliorer le confort thermique en été.

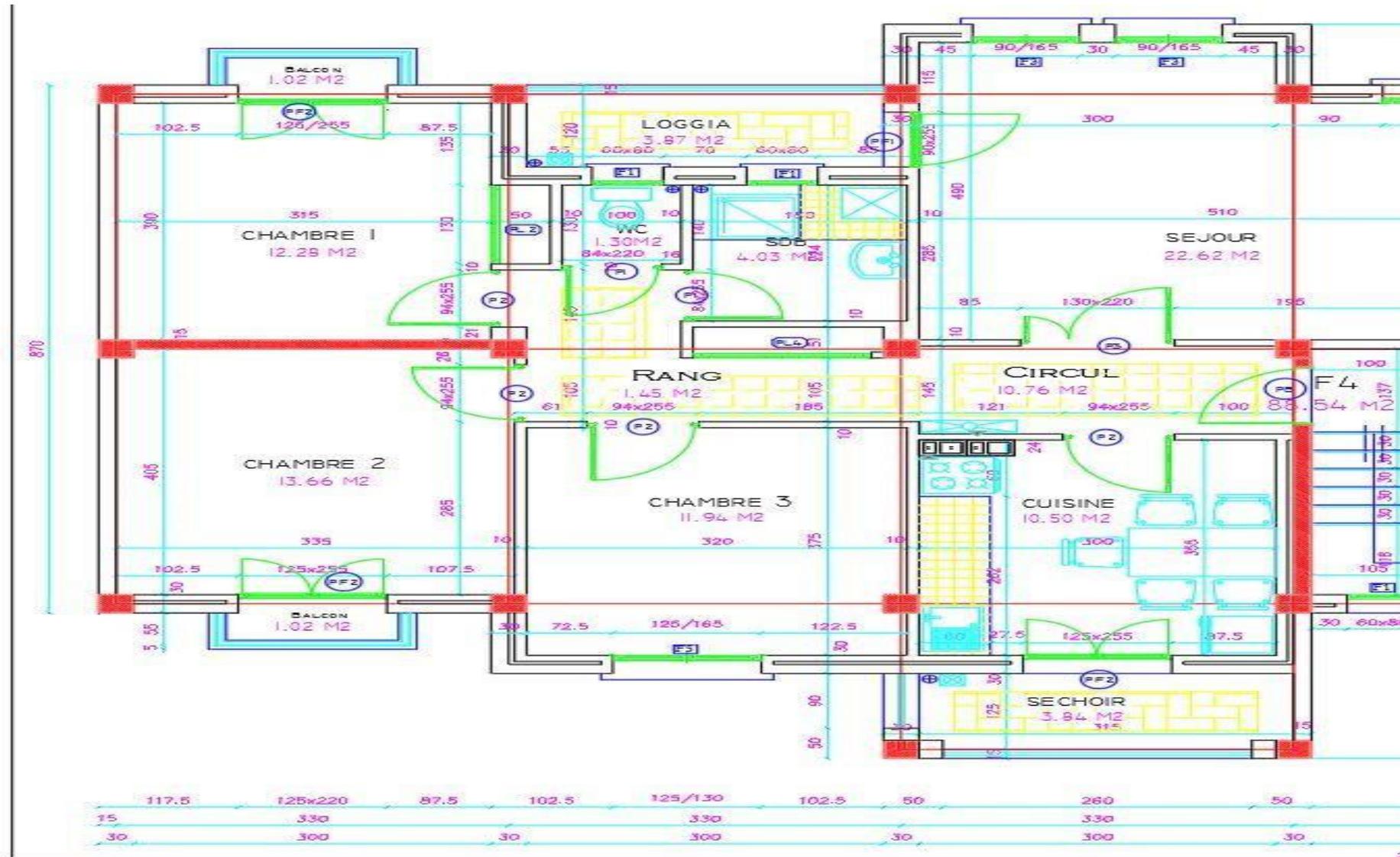
En perspectives, nous souhaitons que ce travail sera complété par :

- Etude de la climatisation des différents projets
- Etude dynamique complète des appartements
- Etude technico-économique

Annexe



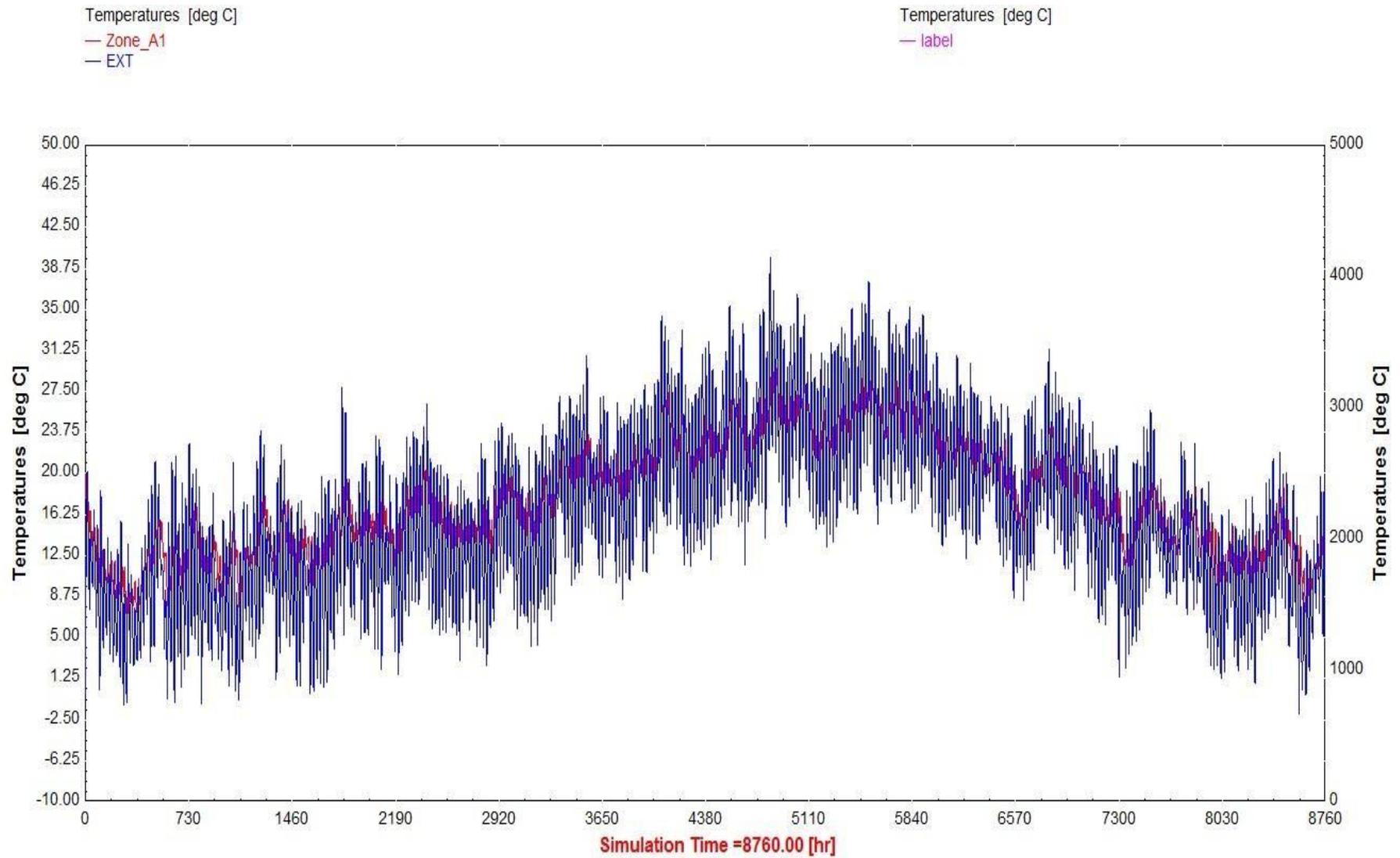
Annexe



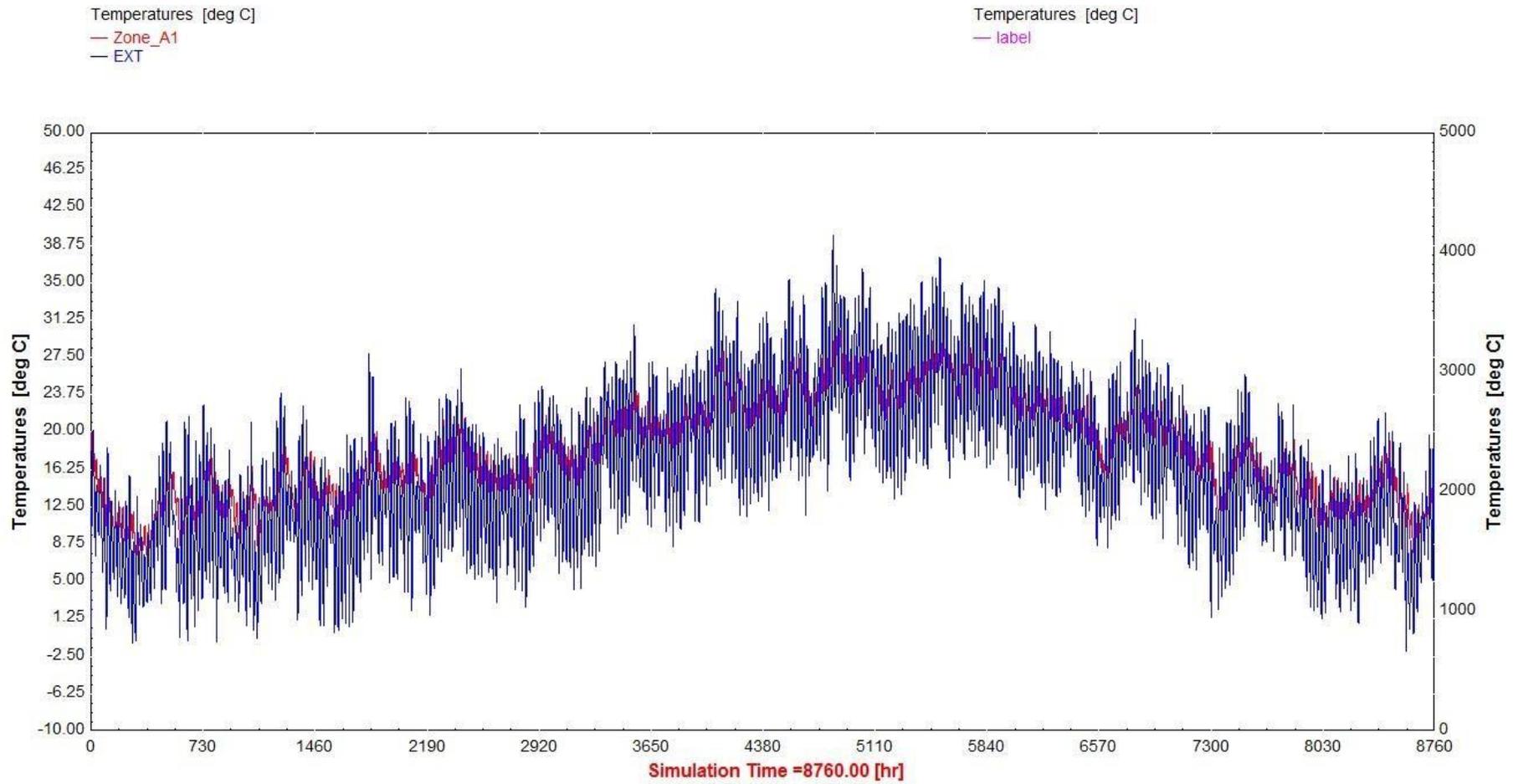
Annexe



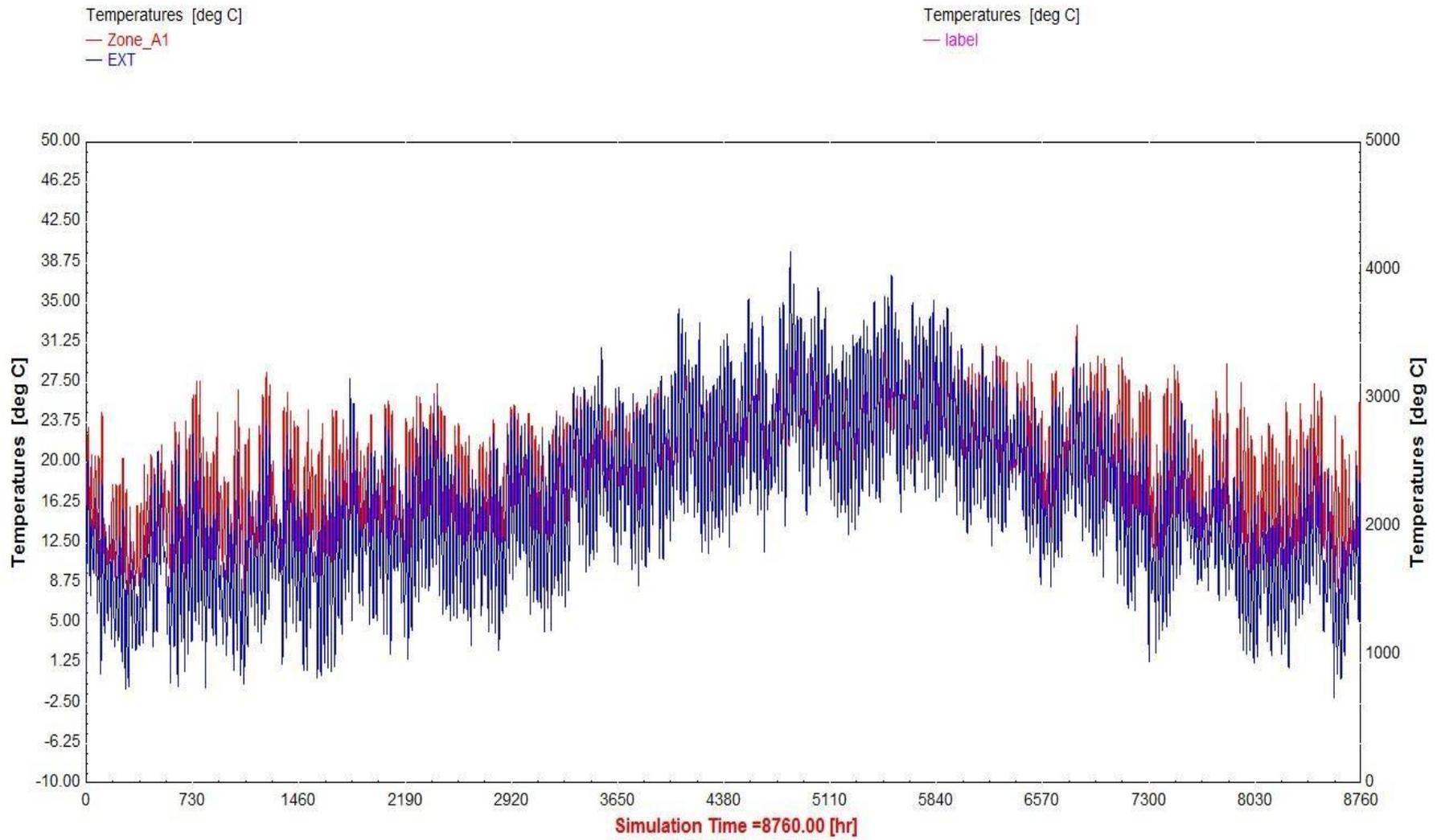
Annexe



Annexe



Annexe



1 Annexe

1.1 Caractéristiques thermo physiques des matériaux homogènes

Matériau	Masse volumique sèche ρ (kg/m ³)	Conductivité thermique λ (W/m.°C)	Capacité thermique c (J/kg.°C)
Pierre naturelles (murs, revêtement de sol, revêtement muraux, ...)			
Roches éruptives			
- Granites, porphyres	2300à 2900	3,0	936
- Basaltes	2700à 3000	1,6	936
- Andésites, tufs volcaniques	2000à 2700	1,1	936
Roches sédimentaires			
- Grès quartzeux	2000à 2800	2,6	792
- Grès calcaireux	2000à 2700	1,9	792
- Pierres calcaires			
o Pierres dures	2350à 2580	2,4	936
o Pierres fermes	1840à 2340	1,4	936
o Pierres tendres	1480à 1830	1,0	936
o Pierres très tendres	≤ 1470	0,85	936
Roches métamorphiques			
- Marbre			
- Gneiss	≥ 2590	2,9	936
- Schistes, ardoises	2300à 2900	3,0	936
- Sable sec	2000à 2800	2,2	936
- Sable + gravillons	1300	0,6	823
	1800	1,2	792
Polystyrene expansé	9 à 13	0,046	1404
	13à16	0,043	1404
	16à20	0,040	1404
	20à35	0,038	1404
Mousse de polyuréthane	30à40	0,031	1404
	40à60	0,034	1404
Mousses formo-phénoliques	30 à 100	0,050	1404
Matières plastiques alvéolaires	10 à 100	0,060	1404
Laines de roche	18à25	0,047	612
	25à35	0,041	612
	35à80	0,038	612
Laines de verre	7 à 12	0,044	612
	12à18	0,039	612
	18à25	0,037	612
	25à65	0,034	612
Métaux			
Fer pur	7870	72	468
Acier.....	7780	52	468
Fonte.....	7500	56	468
Aluminium	2700	230	936
Cuivre.....	8930	380	432
Plomb.....	11340	35	468
Laiton.....	8400	110	468

Annexe

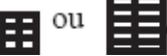
Matériau	Masse volumique sèche ρ (kg/m ³)	Conductivité thermique λ (W/m.°C)	Capacité thermique c (J/kg.°C)
Béton de granulats légers			
Béton caverneux de pouzzolane ou de laitier	1400 à 1600	0,52	1080
expansé	1200 à 1400	0,44	1080
	1000 à 1200	0,35	1080
Béton d'argile expansée ou de schiste expansé	1600 à 1800	1,05	1080
- Béton plein dit "de structure"	1400 à 1600	0,85	1080
	1200 à 1400	0,70	1080
	1000 à 1200	0,46	1080
	800 à 1000	0,33	1080
	600 à 800	0,25	1080
Bétons cellulaires			
Béton autoclavé dit béton "gaz"	750 à 850	0,33	1080
	650 à 750	0,27	1080
	550 à 650	0,22	1080
	450 à 550	0,18	1080
	350 à 450	0,16	1080
Béton "mousse"	200 à 600	0,20	1080
	600 à 1200	0,50	1080
	1200 à 1800	0,80	1080
Mortier (d'enduits et joints)			
- Mortier	1900	1,15	1080
- bâtard	2200	1,4	1080
- Mortier de ciment	1800	0,87	1080
- Mortier de chaux			
Plâtres			
- Plâtre gâché serré, outrès serré (plâtre de très haute dureté et plâtre projeté)	1100 à 1300	0,50	936
- Plâtre courant d'enduit intérieur	750 à 1000	0,35	936
- Carreaux de plâtre pleins	900 à 1000	0,35	936
Panneaux ou plaques de plâtre			
- Panneaux courant	750 à 1000	0,35	792
- Panneaux à parement de carton spécial feu	800 à 900	0,30	792
Brique silico-calcaire			
- Brique pleine	1600 à 1800	0,80	936
	1800 à 2000	1,00	936
	≥ 2000	1,10	936
- Brique perforée	1400 à 1600	0,70	936
	1200 à 1400	0,56	936
Bois (parquets, revêtements muraux, etc.)			
- Feuillus mi-lourds (chêne, hêtre dur, fruitiers)	600 à 750	0,23	2160
	600 à 750	0,23	2160
- Résineux très lourds			
- Feuillus légers (tilleul, érable, chêne, hêtre tendre)	450 à 600	0,15	2160
- Résineux mi-lourds (pin sylvestre, pin maritime)	450 à 550	0,15	2160
	300 à 450	0,12	2160
- Résineux légers (sapin, épicéa)	300 à 450	0,12	2160

Annexe

Matériau	Masse volumique sèche ρ (kg/m ³)	Conductivité thermique λ (W/m.°C)	Capacité thermique c (J/kg.°C)
Panneaux ou plaques de bois - Fibragglos (panneaux de fibres de bois agglomérés avec un liant hydraulique)	450 à 550 350 à 450 250 à 350 650 à 750 550 à 640	0,15 0,12 0,10 0,17 0,14	1512 1512 1512 1512 1512
- Panneaux de fibres comprimées	450 à 540 360 à 440 200 à 250 450 à 550	0,12 0,10 0,07 0,15	1512 1512 1512 1512
- Panneaux tendres, dits aussi isolants.....			
- Contreplaqué			
Tuiles	1900	0,80	936
Verre	2700	1,10	792
Amiante ciment	1400 à 1800 1000 à 1400	0,95 0,65	864 864
Asphalte	2100	0,70	1044
Bitume (cartons feutres et chapes souples imprégnées)	1000 à 1100	0,23	1656
Mastics pour joints et garnitures d'étanchéité (silicones, polyuréthanes, acryliques)	1000 à 1650	0,40	1404
Terre (pisé, bétonde restabilisée, blocs de terre comprimée, terre cuite)	1700 à 2000	1,15	936
Revêtement de sol et muraux Produits en céramique (carreaux et dalles)	1900	1,0	936
Carreaux de mosaïque de marbre dit "granito"	2200	2,1	936
Polychlorures de vinyle - compact	1300 à 1400 25 à 48	0,2 0,033	1404 1404
- en mousse			
Matières synthétiques compactes (caoutchoucs, formo-phénoliques, polyester, polyéthylènes, polyamides)	900 à 1500	0,40	1404

Annexe

1.2 Briques creuses

Résistance thermique (en m ² .°C/W)									
Formes-types des briques creuses	Épaisseur des briques (cm) (Résistances superficielles non comprises)								
	5	7,5	10	12,5	15	17,5	20	22,5	25
	0,10								
		0,16	0,20						
 ou 				0,27	0,30	0,33			
						0,38	0,39	0,42	0,45

1.3 Entrevous en béton ou en terre cuite

Résistance thermique (en m ² .°C/W)				
Entrevous en béton courant ⁽¹⁾		Hauteur des entrevous (en cm)		
Forme des entrevous :		12	16	20
Dalle de compression en béton courant		0,12	0,14	0,16
Dalle de compression en béton d'argile expansé ou de schiste expansé ⁽³⁾		0,19	0,22	0,25
Entrevous en béton d'argile expansé ou de schiste expansé ⁽²⁾		Hauteur des entrevous (en cm)		
Forme des entrevous :		12	16	20
Dalle de compression en béton courant		0,17	0,20	0,23
Dalle de compression en béton d'argile expansé ou de schiste expansé ⁽³⁾		0,23	0,26	0,29
Entrevous en terre cuite ⁽⁴⁾		Hauteur des entrevous (en cm)		
Forme des entrevous :		8	12	
Dalle de compression en béton courant		0,11	0,14	
Dalle de compression en béton d'argile expansé ou de schiste expansé ⁽³⁾		0,17	0,21	
Entrevous en terre cuite ⁽⁴⁾		Hauteur des entrevous (en cm)		
Forme des entrevous :		12	16	20
Dalle de compression en béton courant		0,19	0,23	0,26
				0,31

Annexe

1.4 CLASSIFICATION THERMIQUE DES COMMUNES D'ALGERIE

Zone Climatique A

Localisation : Cette zone est délimitée par la mer au nord et les hautes plaines de l'intérieur au sud. Caractéristiques :

- La température extérieure de base est de 3 °C.

Zone Climatique A1

Localisation : elle comprend les régions de Bejaia, Skikda, Dellys, EL kala, Tenes et Beni saf Caractéristiques :

- La température extérieure de base est de 7 °C.

Zone Climatique B

Localisation : Elle regroupe les différentes régions du nord Tellien et les hautes plaines de l'intérieur. Caractéristique :

- La température extérieure de base est de - 2 °C.

Zone Climatique C

Localisation : elle comprend les différentes régions du nord Sahara et reliant la saoura jusqu'à in amenas, illizi et Bord Badji Mokhtar

Caractéristiques :

- la température extérieure de base est de 1°C,

Zone Climatique D

Localisation :

Elle englobe les régions de Tanezrouft et une partie du nord Sahara et le

Hoggar Caractéristiques :

- La température extérieure de base est de 4 °C.

Liste des communes pour le zonage

Wilaya	Communes	Zone climatique
01 ADRAR	Groupe de communes 1 : TINKERKOUK, BORDJ BADJI MOKHTAR	C
	Groupe de communes 2 : Toutes les communes autres que celles figurant aux groupes de communes 1.	D
02 CHLEF	Groupe de communes 1 : TENES, OUED GHOSSINE, SIDI ABDERRAHMANE, SIDI AKKACHA	A1
	Groupe de communes 2 : Toutes les communes autres que celles figurant aux groupes de communes 1.	A
03 LAGHOUAT	Groupe de communes 1 : SIDI MAKHLOUF, EL ASSAFIA, LAGHOUAT, AIN MADHI, KSAR EL HIRANE, MEKHAREG, KHENEG, HASSI DHELAA, EL HAOUAITA, HASSI RMEL	C
	Groupe de communes 2 : Toutes les communes autres que celles figurant aux groupes de communes 1.	B
04 OUM EL BOUAGHI	Groupe de communes : Toutes les communes	B
05 BATNA	Groupe de communes 1 : METKAOUAK, OULED AMMAR, BARIKA, TILATOU, SEGGANA, BITAM, MDOUKAL, TIGHARGHAR	C
	Groupe de communes 2 : Toutes les communes autres que celles figurant aux groupes de communes 1.	B
06 BEJAIA	Groupe de communes 1 : BENI KSILA, TOUDJA, BEJAIA, EL KSEUR, TAOURIRT IGHIL, OUED GHIR, TALA HAMZA	A1
	Groupe de communes 2 : Toutes les communes autres que celles figurant aux groupes de communes 1.	A
07 BISKRA	Groupe de communes 1 : KHANGAT SIDI NADJI	B
	Groupe de communes 2 : Toutes les communes autres que celles figurant aux groupes de communes 1.	C
08 BECHAR	Groupe de communes 1 : BENI OUNIF, MOUGHEUL, BOUKAIS, BECHAR, LAHMAR, KENADSA, MERIDJA, TAGHIT, ERG FERRADJ, ABADLA	C
	Groupe de communes 2 : Toutes les communes autres que celles figurant aux groupes de communes 1.	D
09 BLIDA	Groupe de communes : Toutes les communes	A
10 BOUIRA	Groupe de communes 1 : MEZDOUR, BORDJ OUKHRISS, RIDANE, DIRAH, MAAMORA, TAGUEDIT, HADJERA ZERGA	B
	Groupe de communes 2 : Toutes les communes autres que celles figurant aux groupes de communes 1.	A
11 TAMANRASSET	Groupe de communes 1 : TAZROUK, TAMANRASSET, ABALESSA, TIN ZAOUATINE, IN GUEZZAM	C
	Groupe de communes 2 : Toutes les communes autres que celles figurant aux groupes de communes 1.	D
12 TEBESSA	Groupe de communes 1 : FERKANE, NEGRINE	C
	Groupe de communes 2 : Toutes les communes autres que celles figurant aux groupes de communes 1.	B
13 TLEMCEEN	Groupe de communes 1 : AIN TALLOUT, OULED MIMOUN, OUED CHOULY, BENI SEMIEL, TERNI BENI HEDIEL, AIN GHORABA, BENI BOUSSAID, BENI BAHDEL, BENI SNOUS, SEBDOU, AZAILS, EL GOR, SIDI DJILLALI, EL ARICHA, EL BOUIHI	B
	Groupe de communes 2 : Toutes les communes autres que celles figurant aux groupes de communes 1.	A
14 TIARET	Groupe de communes : Toutes les communes	B

Annexe

15 TIZI OUZOU	Groupe de communes 1 : MIZRANA	A1
	Groupe de communes 2 : Toutes les communes autres que celles figurant aux groupes de communes 1.	A
16 ALGER	Groupe de communes : Toutes les communes	A
17 DJELFA	Groupe de communes 1 : BENHAR, AIN OUESSARA, BIRINE, AIN FEKKA, EL KHEMIS, HASSI FDOUL, HAD SAHARY, SIDI LAADJEL, BOUIRA LAHDAB, GUERNINI, HASSI EL EUCH, HASSI BAHBAH, ZAAFRANE, EL GUEDDID, CHAREF, BENI YAGOUB, EL IDRISIA, DOUIS, AIN CHOUHADA	B
	Groupe de communes 2 : OUM LAADHAM, GUETTARA	D
	Groupe de communes 3 : Toutes les communes autres que celles figurant aux groupes de communes 1 et 2.	C
18 JIJEL	Groupe de communes : Toutes les communes	A
19 SETIF	Groupe de communes 1 : BABOR, AIT TIZI, MZADA, AIN SEBT, SERDJ EL GHOUL, OUED EL BARED, BENI MOUHLI, BOUANDAS, BENI AZIZ, BOUSSELAM, BENI CHEBANA, TALA IFACENE, BENI OUARTILANE, TIZI NBECHAR, DRAA KEBILA, AIN LAGRADJ, MAOUKLANE, MAAOUIA, DEHAMCHA, AMOUCHE, AIN EL KEBIRA, DJEMILA, HAMMAM GUERGOUR, AIN ROUA, HARBIL, AIN ABESSA, BOUGAA, GUENZET TASSAMEURT, OULED ADDOUANE, BENI FOUDA, EL OURICIA, BENI HOCINE, TACHOUA	A
	Groupe de communes 2 : Toutes les communes autres que celles figurant aux groupes de communes 1.	B
20 SAIDA	Groupe de communes : Toutes les communes	B
21 SKIKDA	Groupe de communes 1 : AIN ZOUIT, FIL FILA, SKIKDA, HAMMADI KROUMA, EL HADAIEK	A1
	Groupe de communes 2 : Toutes les communes autres que celles figurant aux groupes de communes 1.	A
22 SIDI BEL ABBES	Groupe de communes 1 : MAKEDRA, AIN EL BERD, BOUDJEBAA EL BORDJ, AIN ADDEN, AIN THRID, SIDI HAMADOUCHE, TESSALA, ZEROUALA, SFISEF, IDI BRAHIM, SEHALA THAOURA, SIDI LAHCENE, SIDI BEL ABBES, MOSTEFA BEN BRAHIM, TILMOUNI, SIDI DAHO, SIDI YACOUB, AIN KADA, BELARBI, AMARNAS, SIDI KHALED, SIDI ALI BOUSSIDI, BOUKANEFIS, LAMTAR, HASSI ZAHANA, BEDRABINE EL MOKRANI	A
	Groupe de communes 2 : Toutes les communes autres que celles figurant aux groupes de communes 1.	B
23 ANNABA	Groupe de communes : Toutes les communes	A
24 GUELMA	Groupe de communes 1 : HAMMAM NBAIL, OUED CHEHAM, KHEZARA, OUED ZENATI, DAHOUARA, AIN LARBI, AIN REGGADA, BOUHACHANA, AIN SANDEL, AIN MAKHLOUF, TAMLOUKA	B
	Groupe de communes 2 : Toutes les communes autres que celles figurant aux groupes de communes 1.	A
25 CONSTANTINE	Groupe de communes 1 : EL KHROUB, AIN SMARA, AIN ABID, OULED RAHMOUN	B
	Groupe de communes 2 : Toutes les communes autres que celles figurant aux groupes de communes 1.	A
26 MEDEA	Groupe de communes 1 : OULED BOUACHRA, DEUX BASSINS, AISSAOUIA, TABLAT, MIHOUB, MAGHRAOUA, BAATA, EL HAMDANIA, MEZRENNIA, EL OMARIA, TAMESGUIDA, BOUCHRAHIL, EL AZIZIA, SIDI NAAMANE, MEDEA, OUZERA, EL GUELBELKEBIR, SIDI ERRABIA, OUAMRI, DRAA ESSMAR, OUED HARBIL, SEDRAIA, BENI SLIMANE, OULED BRAHIM,	A

Annexe

	BOUSKENE, TIZI MAHDI, BEN CHICAO, BIR BEN ABED, HANNACHA, BERROUAGHIA, BOUAICHOUNE, SI MAHDJOUR, KHAMS DJOUAMAA, OULED DEIDE, SOUAGUI, DJOUAB, ZOUBIRIA, SIDI ZAHAR, OULED HELLAL, OULED ANTAR	
	Groupe de communes 2 : Toutes les communes autres que celles figurant aux groupes de communes 1.	B
27 MOSTAGANEM	Groupe de communes : Toutes les communes	A
28 MSILA	Groupe de communes 1 : HAMMAM DHALAA, BENI ILMENE, OUENOUGH, SIDI AISSA, TARMOUNT, MAADID, BOUTI SAYEH, OULED ADDI GUEBALA, DEHAHNA, MAGRA, BERHOUM, BELAIBA	B
	Groupe de communes 2 : Toutes les communes autres que celles figurant aux groupes de communes 1.	C
29 MASCARA	Groupe de communes 1 : MOCTADOUZ, EL GHOMRI, SIDI ABDELMOUMENE, ALAIMIA, RAS EL AIN AMIROUCHE, SEDJERARA, MOHAMMADIA, OGGAZ, BOUHENNI, EL MENAOUER, SIG, ZAHANA, EL BORDJ, AIN FARES, HACINE, EL MAMOUNIA, FERRAGUIG, SIDI ABDEL DJABAR, SEHAILIA, CHORFA, EL GAADA, KHALOUIA, EL GUEITNA, TIGHENNIF, MAOUSSA, MASCARA, EL KEURT, TIZI, BOUHANIFIA	A
	Groupe de communes 2 : Toutes les communes autres que celles figurant aux groupes de communes 1.	B
30 OUARGLA	Groupe de communes 1 : EL BORMA	C
	Groupe de communes 2 : Toutes les communes autres que celles figurant aux groupes de communes 1.	D
31 ORAN	Groupe de communes : Toutes les communes	A
32 EL BAYADH	Groupe de communes 1 : BREZINA, EL ABIODH SIDI CHEIKH, EL BNOUD	C
	Groupe de communes 2 : Toutes les communes autres que celles figurant aux groupes de communes 1.	B
33 ILLIZI	Groupe de communes : Toutes les communes	C
34 BORDJ BOU ARRERIDJ	Groupe de communes 1 : EL MAIN, DJAAFRA, TAFREG, KHELIL, TESMART, BORDJ ZEMOURA, COLLA, OULED SIDI BRAHIM, OULED DAHMANE, THENIET EL ANSEUR, HARAZA	A
	Groupe de communes 2 : Toutes les communes autres que celles figurant aux groupes de communes 1.	B
BOUMERDES 35	Groupe de communes 1 : DELLYS, SIDI DAOUD, AFIR, BEN CHOUD, BAGHLIA, OULED AISSA, TAOURGA	A1
	Groupe de communes 2 : Toutes les communes autres que celles figurant aux groupes de communes 1.	A
36 EL-TARF	Groupe de communes 1 : EL KALA, BERRIHANE	A1
	Groupe de communes 2 : Toutes les communes autres que celles figurant aux groupes de communes 1.	A
37 TINDOUF	Groupe de communes : Toutes les communes	D
38 TISSEMSILT	Groupe de communes 1 : LAZHARIA, LARBAA, BOUCAID, BORDJ BOUNAAMA	A
	Groupe de communes 2 : Toutes les communes autres que celles figurant aux groupes de communes 1.	B
39 EL OUED	Groupe de communes 1 : OUN TIOUR, EL MGHAIER, SIDI KHELLIL, TENDLA, MRARA, DJAMAA, SIDI AMRANE	D
	Groupe de communes 2 : Toutes les communes autres que celles figurant aux groupes de communes 1.	C
40	Groupe de communes 1 : BABAR	C

Annexe

KHENCHELA	Groupe de communes 2 : Toutes les communes autres que celles figurant aux groupes de communes 1.	B
41	Groupe de communes 1 : MECHROHA, AIN ZANA, OULED DRISS	A
SOUK-AHRAS	Groupe de communes 2 : Toutes les communes autres que celles figurant aux groupes de communes 1.	B
42 TIPAZA	Groupe de communes : Toutes les communes	A
43	Groupe de communes 1 : OUED ATHMANIA, BENYAHIA ABDERRAHMANE, OUED SEGUEN, CHELGHOUM LAID, TADJENANET, TELAGHMA, EL MCHIRA, OULED KHELLOUF	B
MILA	Groupe de communes 2 : Toutes les communes autres que celles figurant aux groupes de communes 1.	A
44 AIN-DEFLA	Groupe de communes : Toutes les communes	A
45 NAAMA	Groupe de communes : Toutes les communes	B
46	Groupe de communes 1 : SIDI SAFI, BENI SAF, OULHACA GHERRABA, AIN TOLBA, EL EMIR ABDELKADER	A1
AIN-TEMOUCHENT	Groupe de communes 2 : Toutes les communes autres que celles figurant aux groupes de communes 1.	A
47	Groupe de communes 1 : EL GUERRARA, ZELFANA	D
GHARDAIA	Groupe de communes 2 : Toutes les communes autres que celles figurant aux groupes de communes 1.	C
48	Groupe de communes 1 : OUED ESSALEM	B
RELIZANE	Groupe de communes 2 : Toutes les communes autres que celles figurant aux groupes de communes 1.	A

Références et Bibliographie

ADEME. 2012. Domaines d'intervention BÂTIMENT. *ADEME*. [En ligne] Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie, 2012. [Citation : 22 12 2012.] <http://www2.ademe.fr/servlet/KBaseShow?sort=-1&catid=12612#tit3>.

APRUE. 2007. *Consommation Energétique Finale de l'Algérie, Chiffres clés Année 2005*. [PDF] ALGER : APRUE, 2007.

Borloo, Jean-Louis, Valérie, LETARD et Benoist, APPARU. 26 janvier 2010. *Solidarité Ecologique : « Pour que le Grenelle Environnement bénéficie pleinement aux territoires ruraux et aux plus modestes touchés par la précarité énergétique »*. [PDF] Paris : Ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de la mer en charge des technologies vertes et des négociations sur le climat, 26 janvier 2010.

ADEME. 2013. *ADEME*. [En ligne] ADEME, 2013.

<http://www2.ademe.fr/servlet/getDoc?cid=96&m=3&id=40387&ref=17597&nocache=yes>.

— **2013** Notre carte d'identité. *ADEME*. [En ligne] ADEME, 2013. [Citation : 6 1 2013.] <http://www2.ademe.fr/servlet/KBaseShow?sort=-1&cid=96&m=3&catid=13089>.

APRUE 2011 Coopération internationale. *APRUE*. [En ligne] APRUE, 2011. [Citation : 09 01 2013.] <http://www.aprue.org.dz/cooperation.html>.

— **2011** programmes ECO-BAT. *APRUE*. [En ligne] APRUE, 2011. [Citation : 07 01 2013.] <http://www.aprue.org.dz/prg-eco-bat.html>.

— **2011** PROGRAMME TRIENNAL D'EFFICACITE ENERGETIQUE « 2011-2013 ». *APRUE*. [En ligne] APRUE, 2011. [Citation : 08 01 2013.]

— **2011** Programme triennal d'efficacité énergétique" 2011-2013". *APRUE*. [En ligne] APRUE, 2011. [Citation : 08 01 2013.]

<http://www.aprue.org.dz/Isolation%20thermique%20des%20batiments.html>.

— **2011** QUI SOMME NOUS ? *APRUE*. [En ligne] APRUE, 2011. [Citation : 4 1 2013.] <http://www.aprue.org.dz/maitrise-energetique.html>.

— https://fr.wikipedia.org/wiki/Énergie_au_Maroc.

— <http://www.theses.fr/fr/?q=Consommation+d'énergie+au+Maroc>.

— <http://eprints.univ-batna2.dz/1830/1/Th%C3%A8se%20Rahmouni>.

— <https://fr.climate-data.org/afrique/algérie/blida-3562/climate-tab>.