

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE DE TECHNOLOGIE
DÉPARTEMENT DE MÉCANIQUE

N° :



DOMAINE : Science et Technologie

FILIERE : Mécanique

OPTION : Energétique

**Mémoire présenté pour l'obtention
Du diplôme de Master Académique**

Par : 1- Ouadadi Aissa

2- Lasfar Khalati

Intitulé

*Élaboration d'une interface graphique calculant les
apports calorifiques des bâtiments « ClimBâtim »*

Soutenu devant le jury composé de :

Encadreur : Dr.N. Ihaddadene

Université de M'sila

Président : Kh. Belkheri

Université de M'sila

Examineur : Dr. A. Boudilmi

Université de M'sila

Examineur : Dr. B. Amirat

Université de M'sila

Année universitaire : 2017 /2018

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE DE TECHNOLOGIE
DÉPARTEMENT DE MÉCANIQUE

N° :



DOMAINE : Science et Technologie

FILIERE : Mécanique

OPTION : Energétique

**Mémoire présenté pour l'obtention
Du diplôme de Master Académique**

Par : 1- Ouadadi Aissa

2- Lasfar Khalati

Intitulé

*Élaboration d'une interface graphique calculant les
apports calorifiques des bâtiments « ClimBâtim »*

Soutenu devant le jury composé de :

Encadreur : Dr.N. Ihaddadene

Université de M'sila

Président : Kh. Belkheri

Université de M'sila

Examineur : Dr. A. Boudilmi

Université de M'sila

Examineur : Dr. B. Amirat

Université de M'sila

Année universitaire : 2017 /2018



❖ *Et ma réussite ne dépend que d'Allah. Et lui je place ma confiance, et c'est vers lui que je reviens repentant* ❖

Dédicace

Toutes les lettres ne sauraient trouver les mots qu'il faut...

Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude,

L'amour, le respect, la reconnaissance...

Aussi, c'est tout simplement que



Nous dédions cette travail ...

À NOS CHÈRES PARENTS

Aucune dédicace ne saurait exprimer nos respects, notre amour éternel et nos considérations pour les sacrifices que vous avez consenti pour nous, nous vous remercions pour tout le soutien et l'amour que vous nous portez depuis notre enfance et nous espérons que votre bénédiction nous accompagne toujours dans votre instruction et notre bien-être. Que ce modeste travail soit l'exaucement de vos vœux tant formulés, le fruit de vos innombrables sacrifices, bien que nous ne vous en acquitterai jamais assez. Puisse Dieu, le Très Haut, vous accorder santé, bonheur et longue vie et faire en sorte que jamais nous ne vous décevrons .

A MES CHÈRES ET ADORABLES FRÈRES ET SŒURS

ALI, BELKACEM, IBRAHIM, ABDELKADER, MOHAMED, OMAR, SALAH, SAIDA, ZINEB, NACIRA, KARIMA, HALIMA.

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

À NOS AMIS DE TOUJOURS

HICHAM, NOUH, KHALED, IBN SINA, OUSSAMA, OUBAËIDA, ZIN, ILYES, MAROUANE, RAMI, FOUAD, DJAMEL, WALID, SOUFIEN, MUSTAPHA, KARIM, MUFTAH, BACHIRI..ET TOUTS NOTRE COLLEGUES DE LA CLASSE PROMO ENERGITIQUE.

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

À tout le peuple palestinien qui nous a appris le sens du courage, la patience, et la résistance.

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

Profond et notre affection la plus sincère.

Remerciement

Nous tenons à remercier avant et après tout Allah le tout puissant qui nous a donné la foi et la force pour réaliser notre travail

Nous adressons nos plus vifs remerciements à notre encadreuse «Dr. N Ihaddeden» pour disponibilité constante

Nous remercions également les enseignants de notre département et les enseignants de la société CFCE de la wilaya de Sétif.

Nous adressons notre plus sincère remerciement à notre famille particulièrement à nos parents pour leur patience à notre égard sans jamais douter de nos capacités

Enfin nous remercions chaleureusement toute les personnes du proche qui nous donné un coup de main afin de terminer ce travail

Sommaire

Introduction Générale	2
Chapitre I : Thermique des bâtiments en Algérie	5
I.1. Généralités	5
I.2. Consommation d'énergie en Algérie	5
I.3. Bâtiments et GES en Algérie	6
I.4. Situation des bâtiments en Algérie	6
I.5. Réglementation thermique	7
I.5.1. Réglementation thermique Algérienne	7
I.5.1.1. Mise en application de la réglementation thermique des bâtiments	7
I.5.2. Autres réglementations thermiques dans le monde	9
I.5.2.1. Réglementation Française (RT)	9
I.5.2.2. Réglementation Américaine (ASHREA)	10
I.5.2.3. Réglementation Anglaise	10
I.6. Règles de calcul des apports calorifiques selon le D.T.R.C 3-4	10
I.6.1. Données de base en commun des différentes éditions des DTR	10
I.6.1.1. Classification thermique des communes d'Algérie	10
I.6.1.2. Caractéristiques thermo physiques des matériaux hétérogènes	13
I.6.1.3. Caractéristiques thermo physiques des matériaux homogènes	14
I.6.2. Domaines d'application du D.T.R. C 3-4	14
I.6.3. Hypothèses adoptés par le D.T.R. C 3-4	14
I.6.4. Méthodologie de calcul des apports calorifiques selon le D.T.R. C 3-4	15
I.6.5. Définitions des apports considérés dans le D.T.R. C 3-4	16
I.6.5.1. Apports calorifiques	16
I.6.5.1.1. Apports calorifiques sensibles As	16
I.6.5.1.2. Apports calorifiques latents Al	16
I.6.5.2. Apports calorifiques effectifs AE	16
I.6.5.3. Apports calorifiques totaux AT	17
I.6.6. Formules de calcul des apports calorifiques selon le D.T.R. C 3-4	17
I.6.6.1. Apports à travers les parois opaques	17
I.6.6.1.1. Paroi opaque aérienne se donnant sur l'extérieur	17
I.6.6.1.2. Paroi opaque aérienne se donnant sur un local conditionné	17
I.6.6.1.3. Paroi opaque aérienne se donnant sur un local non conditionné	19
I.6.6.1.4. Paroi opaque en contact avec le sol	19
I.6.6.2. Apports à travers les parois vitrées	19
I.6.6.2.1. Paroi vitrée intérieure	19
I.6.6.2.2. Paroi vitrée extérieure	19
I.6.6.3. Apports de chaleur internes	20
I.6.6.3.1. Apports internes dus aux occupants	20
I.6.6.3.2. Apports dus aux machines entraînées par un moteur électrique	20
I.6.6.3.3. Apports dus aux appareils électriques	21
I.6.6.3.4. Apports internes dus à l'éclairage	21
I.6.6.3.5. Apports internes dus aux appareils à gaz	21
I.6.6.3.6. Apports internes dus à un réservoir	22
I.6.6.3.7. Apports internes dus à l'évaporation libre	22
I.6.6.3.8. Apports internes dus à l'introduction de la vapeur vive	22
I.6.6.3.9. Apports internes par les tuyauteries	23
I.6.6.3.10. Apports internes par les conduits d'air	23

I.6.6.4. Apports par introduction d'air extérieur	23
I.7. Logiciels utilisés en climatisation	24
I.7.1. Logiciels utilisés en France	24
I.7.2. Logiciels développés en Algérie	25
I.8 Conclusion	27
Chapitre II : Présentation de l'interface graphique ClimBâtim	29
II.1. Introduction	29
II.2. Présentation du langage de programmation MATLAB	29
II.3. Présentation générale de l'interface ClimBâtim	31
II.3.1. Donnée de base	32
II.3.2. Processus de calcul	32
II.4. Présentation visuelle de l'interface ClimBâtim	32
II.4.1. Menu principal	32
II.4.2. Menu Démarrer	33
II.4.3. Fenêtre de renseignements	33
II.4.4. Fenêtre des apports calorifiques	34
II.4.5. Fenêtre des apports à travers les parois opaques aériennes	35
II.4.6. Fenêtre des apports à travers les parois opaques intérieures	36
II.4.7. Fenêtre des apports à travers les parois vitrées	36
II.4.8. Fenêtre des apports dus à l'introduction d'air extérieur	37
II.4.9. Fenêtre des apports internes dus aux occupants	38
II.4.10. Fenêtre des apports internes dus aux équipements électriques et à gaz	38
II.4.11. Fenêtre des apports internes dus à l'éclairage	39
II.4.12. Fenêtre des apports internes dus à d'autres installations	39
II.4.13. Fenêtre d'autres apports internes	40
II.4.14. Fenêtre d'affichage des résultats	40
II.5. Conclusion	42
Chapitre III : Validation de l'interface ClimBâtim	44
III.1. Introduction	44
III.2. Description géographique du projet d'étude	44
III.3. Description géométrique du projet d'étude	45
III.4. Description constructive du projet d'étude	46
III.4.1. Mur	46
III.4.2. Plancher	46
III.4.2.1. Plancher Bas	46
III.4.2.2. Plancher Haut	47
III.4.3. Menuiserie	47
III.4.3.1. Fenêtres	47
III.4.3.2. Portes	47
III.4.4. Occupation	47
III.5. Résultats obtenus par l'interface ClimBâtim	47
III.6. Conclusion	54
Conclusion générale	56
Bibliographie	58
Annexe A	60
Annexe B	61
Annexe C	70

Liste des figures

Chapitre I

Figure I.1 :	Projet des 80 logements de HPE à Djelfa (vue d'un bâtiment)	7
Figure I.2 :	Zones climatiques en Algérie	11
Figure I.3 :	Organigramme de calcul des apports calorifiques	18

Chapitre II

Figure II.1 :	Commande d'ouverture de GUIDE	29
Figure II.2 :	Fenêtre principale du GUIDE	30
Figure II.3 :	l'inspecteur de propriété	30
Figure II.4 :	Organigramme général du processus de calcul de l'interface ClimBâtim	31
Figure II.5 :	Page de démarrage de l'interface graphique ClimBâtim	33
Figure II.6 :	Fenêtre Démarrer de l'interface ClimBâtim	33
Figure II.7 :	Capture de l'interface relative à la page de renseignements	34
Figure II.8 :	Fenêtre des apports calorifiques	35
Figure II.9 :	Fenêtre de calcul des apports calorifiques à travers les parois opaques aériennes	36
Figure II.10 :	Fenêtre de calcul des apports calorifiques à travers les parois opaques intérieures	36
Figure II.11 :	Fenêtre de calcul des apports calorifiques à travers les parois vitrées	37
Figure II.12 :	Fenêtre de calcul des apports calorifiques dus à l'introduction d'air	37
Figure II.13 :	Fenêtre de calcul des apports calorifiques internes dus aux occupants	38
Figure II.14 :	Fenêtre de calcul des apports calorifiques internes dus aux équipements électriques et à gaz	39
Figure II.15 :	Fenêtre de calcul des apports calorifiques internes dus à l'éclairage	39
Figure II.16 :	Fenêtre de calcul des apports calorifiques internes dus à d'autres installations	40
Figure II.17 :	Fenêtre de calcul d'autres apports calorifiques internes	40
Figure II.18 :	Fenêtre d'affichage des résultats de calcul	41

Chapitre III

Figure III.1 :	Façade principale du bâtiment à étudier	44
Figure III.2 :	Plan d'étage courant du bâtiment d'étude	45
Figure III.3 :	Composition du mur extérieur en double cloison	46
Figure III.4 :	Plancher Bas	46
Figure III.5 :	Différents apports calorifiques des trois chambres principales du logement d'étude	48
Figure III.6 :	Différents apports calorifiques du logement d'étude	49
Figure III.7 :	Fiche récapitulative de la salle de séjour	50
Figure III.8 :	Fiche récapitulative de la chambre n° 1	51
Figure III.9 :	Fiche récapitulative de la chambre n° 2	52
Figure III.10 :	Fiche récapitulative du logement d'étude	53

Liste des tableaux

Chapitre I

Tableau I.1 :	Consommation d'énergie en Algérie	5
Tableau I.2 :	Consommation d'énergie et émission de CO2 en Algérie en 2005 ...	6
Tableau I.3 :	Extrait du tableau donnant la classification thermique des communes d'Algérie	12
Tableau I.4 :	Conditions extérieures de base pour chaque zone climatique	13
Tableau I.5 :	Résistance thermique des Blocs creux à parois épaisses (parpaings) .	14
Tableau I.6 :	Conditions intérieures de base selon le D.T.R. C3-4	16

Chapitre III

Tableau III.1 :	Informations géométriques du logement choisi	45
------------------------	--	-----------

Nomenclature

Symbole	Désignation	Unité
TS_{b,e}	Température sèche de base extérieure	(°C)
HS_{b,e}	Humidité spécifique de base de l'air extérieure	(g _{vap} / kg _{as})
HS_{b,i}	Humidité spécifique de base de l'air intérieur	(g _{vap} / kg _{as})
E_b	L'écart diurne	(°C)
TS_m	Température moyenne	(°C)
EAT	Ecart Annuel de Température	(°C)
alt	Altitude du site étudié	(m)
APO	Apport paroi opaque	(W)
K_{été}	Coefficient de conductivité thermique en été	(W/ m ² . °C)
S_{int}	Surface intérieure totale de la paroi	(m ²)
Δte	Différence équivalente de température	(°C)
Δtem	Différence de température équivalente pour une paroi au soleil	(°C)
Δtes	Différence de température équivalente pour une paroi à l'ombre	(°C)
TS_a	Température sèche de l'air intérieur du local adjacent	(°C)
TS_e	Température extérieure sèche	(°C)
C_{inc}	Coefficient correcteur de température	(°C)
TS_{b,i}	Température sèche de l'air intérieur du local considéré	(°C)
TS_m	Température moyenne sèche de l'air extérieur	(°C)
AV	Apport vitré	(W)
AVT	Apport vitré par transmission	(W)
AVE	Apport vitré par rayonnement	(W)
SV_{ens}	Surface vitrée ensoleillée	(m ²)
SV	Surface totale vitrée	(m ²)
I_t	Rayonnement total maximal réel	(W/ m ²)
I_d	Rayonnement diffus maximal réel	(W/ m ²)
FS	Facteur solaire du vitrage	(W/ m ² .μm)
N_{PVI}	Coefficient d'amortissement relatif aux gains par ensoleillement à travers les parois vitrés à l'heure t considérée	—
AI	Apport interne	(W)
AI_L	Apport interne latent	(W)
AI_S	Apport interne sensible	(W)
CS_j	Coefficient de simultanéité relatif à l'apport interne j	—
AI_{S,j}	Partie sensible de l'apport interne j	(W)

Nomenclature

$N_{AI,j}$	coefficient d'amortissement relatif à l'apport interne j	—
AI_{occ}	Apport interne occupants	(W)
AI_{occl}	Apport interne occupants latent	(W)
AI_{occS}	Apport interne occupants sensible	(W)
W_{eff}	Puissance nominale	(W)
η	Rendement du moteur	(%)
Δp	Pression du ventilateur (hauteur manométrique de la pompe)	(Pa)
qv_m	Débit volumique moyen du fluide	(m ³ /S)
W_n	Puissance nominale de l'ampoule	(W)
C_{me}	Coefficient de majoration	—
C_{cr}	Pourcentage de chaleur résiduelle	—
qv_n	Débit nominal de l'appareil	(m ³ /S)
PC_{sup}	Pouvoir calorifique supérieur du combustible	(J/m ³)
m_{vap}	Masse d'eau apportée par la combustion du gaz	(Kg/ m ³)
θ_f	Température du fluide à l'intérieur de réservoir	(°C)
S_i	Surface de la paroi considérée en contact avec l'air intérieur	(m ²)
e_{ij}	L'épaisseur de la couche constituant la paroi	(m)
λ_{ij}	Conductivité thermique du matériau considéré	(W/°C)
r_{ej}	Résistance superficielle extérieure	(m ² .°C/W)
PS_{eau}	Pression de vapeur saturante de la couche d'air en contact avec le plan d'eau.	(Pa)
PP_i	Pression partielle de vapeur d'eau de l'air ambiant	(Pa)
θ_{vap}	Température de la vapeur d'eau à l'entrée du local	(°C)
qm_{vap}	Débit massique de vapeur d'eau introduite dans le local	(W)
k	Coefficient linéique d'émission de la tuyauterie	(W/m)
l	Longueur totale de tuyauterie mesurée à l'intérieur du local	(m)
$\theta_{a,c}$	Température moyenne de l'air circulant dans le conduit	(°C)
$AREN_s$	Gains sensibles dus au renouvellement de l'air	(W)
$AINF_s$	Gains sensibles dus aux infiltrations de l'air	(W)
$AREN_L$	Gains latents dus au renouvellement de l'air	(W)
$AINF_L$	Gains latents dus aux infiltrations de l'air	(W)
qv_{an}	Débit d'air neuf	(m ³ /h)
qv_{inf}	Débit dû aux infiltrations	(m ³ /h)

Introduction générale

Introduction Générale

En ce début du 21ème siècle, le contexte énergétique rappelle sous certains aspects celui des années 1980, au cours desquelles la problématique de l'énergie, conséquence du second choc pétrolier, s'est révélée comme une préoccupation planétaire de premier plan. Cette crise énergétique allait brutalement mettre au-devant de la scène l'importance du volume de combustible utilisé pour le chauffage et la climatisation des bâtiments et ses répercussions sur les économies nationales en termes de coûts d'exploitation et d'impact écologique et environnemental. [1]

Le secteur du bâtiment est, parmi les secteurs économiques, le plus gros consommateur en énergie au niveau mondial. À l'échelle planétaire, le secteur du bâtiment représente de 30 à 40 % de la consommation totale d'énergie et une forte part des impacts environnementaux d'origine anthropique. Selon l'Agence Nationale pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'Energie (APRUE), la consommation finale du secteur résidentiel, au cours de l'année 2005 a touché 6 millions de tep. Il est le premier secteur grand consommateur d'énergie électrique au niveau national (Algérie). [2]

Malheureusement, un grand nombre de logements en Algérie ne semblent pas répondre aux exigences du confort thermique et d'économie d'énergie. Le problème de non-conformité des logements algériens est dû à l'absence d'une réglementation spécifique, au manque de savoir-faire et à la méconnaissance du sujet par les maîtres d'ouvrage.

L'amélioration des techniques au niveau des matériaux de construction et d'isolation a permis aujourd'hui de réaliser des bâtiments qui rassemblent à la fois les qualités esthétiques et thermiques, tout en offrant un cadre de vie plus confortable en étant consommateur de très peu d'énergie. En effet, l'Algérie consciente de la rationalisation de la consommation énergétique a lancé un nouveau programme national d'efficacité énergétique (PNEE) à partir de 2016 avec comme objectif l'isolation thermique de 100.000 logements/an, la diffusion de 10 millions de lampes à basse consommation et la conversion de 1,3 million de véhicules au GPL à l'horizon 2030.

La réglementation thermique est un ensemble de règles à appliquer dans le domaine de la construction afin d'augmenter le confort des occupants tout en réduisant la consommation énergétique des bâtiments. La réglementation algérienne s'inspire en grande partie de la réglementation française, par contre les méthodes de calcul utilisées sont plus simples, elle autorise, tout du moins dans certaines limites, le calcul informatisé des besoins de chauffage et de climatisation.

Selon l'APRUE, la mise en application de la réglementation thermique des bâtiments permettra de réduire les besoins calorifiques de nouveaux logements de l'ordre de 30% à 40% pour les besoins en chauffage et en climatisation.

Malheureusement, au jour d'aujourd'hui cette réglementation n'est toujours pas entrée en vigueur, en raison entre autres de l'inexistence d'organisme devant vérifier son application, mais aussi en raison de l'absence d'outils opérationnels permettant aux bureaux d'études en architectures d'intégrer les exigences de cette réglementation dans la conception des bâtiments. Effectivement, et c'est ce que nous avons constaté sur le terrain ; la quasi-totalité des bureaux d'étude n'ont pas une copie de cette réglementation. Sa mise en application, nécessite, donc, sa

vulgarisation auprès des bureaux d'études, des architectes et des promoteurs.

L'évaluation des apports thermiques des bâtiments afin de dimensionner les installations de climatisation est une tâche très complexe et qui prend beaucoup de temps. C'est pour cette raison qu'on a décidé de créer une interface qui facilite les calculs, tout en consommant moins de temps.

Ce mémoire intitulé 'Elaboration d'une interface graphique calculant les apports calorifiques des bâtiments' est abordé à travers trois chapitres,

Le premier chapitre traite de la thermique des bâtiments en Algérie,

Le deuxième chapitre est destiné à la présentation de l'interface graphique ClimBâtiment réalisée,

Le troisième chapitre est consacré à la validation de l'interface réalisée à travers un exemple concret.

Enfin, une conclusion générale vient terminer ce mémoire.

Chapitre I

Thermique des bâtiments en Algérie

I.1. Généralités

Un bâtiment au sens commun est une construction destinée à servir d'abri ou d'habitat et à protéger des biens et des personnes des conditions météorologiques extérieures. Cette construction immobilière est réalisée par intervention humaine.

Juridiquement, le terme de « bâtiment » désigne en général la construction bâtie, alors que l'adjectif « immeuble » désigne plutôt des biens ne pouvant pas être déplacés, qu'il s'agisse de bâtiment ou de terrain [3].

Les bâtiments sont toujours les plus gros consommateurs d'énergie, en effet, ils consomment de 30 % à 40 % d'énergie primaire dans la plupart des pays [4]. Cette énergie est destinée à assurer surtout les usages suivants :

- le chauffage et/ou le refroidissement, pour assurer un climat intérieur confortable,
- la circulation de fluides tels que l'air (ventilation), l'eau (eau chaude, chauffage),
- les transports (ascenseurs),
- l'éclairage,
- les communications (téléphone, radio, télévision),
- la production de biens (fabriques, cuisines, couture, etc.).

Le secteur résidentiel en Algérie est à l'origine de 35% de la consommation énergétique finale nationale. L'évolution de sa consommation en énergie est en hausse continue, du fait même du rythme de croissance du parc de logements et des taux d'équipement des ménages notamment en appareils électrodomestiques et en équipements de chauffage et de climatisation [5].

I.2. Consommation d'énergie en Algérie

Entre 2000 et 2005, la consommation énergétique finale nationale a enregistré un taux de croissance moyen annuel de l'ordre de 5,68% [2]. Cette dernière a atteint en 2005, 17 millions de tonnes d'équivalent de pétrole (tep, 1 tep = 41,868 GJ). Selon l'Agence Nationale pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'Energie (APRUE), la consommation finale du secteur résidentiel, au cours de la même année a touché 6 millions de tep. Il est le premier secteur grand consommateur d'énergie électrique au niveau national [2] (Tableau I.1).

Tableau I.1 : Consommation d'énergie en Algérie. [4]

kTEP/PCI/2005	Solides	Essence	Gaz Oil	Fuel lourd	Fuel léger	GPL	GN	Electricité	Total
Industrie + BTP	0	0	548	0	0	72	2087	528	3235
Résidentiel	0	0	1165	0	54	1198	2509	807	5733
Tertiaire	0	0	101	334	0	55	360	498	1348
Transport	0	2377	2482	0	0	338	0	4	5201
Agriculture + Hydraulique	2	0	862	0	0	0	0	266	1130
Consommation Finale	2	2377	5158	334	54	1964	4947	2104	16940

Selon l'APRUE, la consommation énergétique moyenne annuelle d'un logement en Algérie

est de 1,050 tep.

L'intensité énergétique reflète le degré de dépendance d'une économie par rapport au facteur énergie. Plus elle est élevée plus l'économie devient vulnérable aux fluctuations des prix de l'énergie. L'Algérie a enregistré une intensité énergétique autour de 0.6 tep/1000 \$ entre 2000 et 2003. Cette dernière a connu une hausse entre 2000 et 2005 en passant à 0,36 tep/1000 \$.

I.3. Bâtiments et GES en Algérie

Le secteur du bâtiment est un important contributeur d'émissions de GES (gaz à effet de serre (CO₂)). En effet, la vie quotidienne dans les bâtiments (chauffage, climatisation...) est à l'origine de près de 25% des émissions de gaz à effet de serre [6]. Le chauffage représente près des 2/3 de ces consommations d'énergie et la majeure partie des émissions de CO₂ en raison du contenu élevé en carbone des combustibles fossiles et lors de la production d'électricité.

Selon l'APRUE, les émissions en GES dues à la consommation d'énergie ont atteint 40 Milles Tonnes équivalent de CO₂, soit un niveau d'émissions par habitant de 1,22 kg eq CO₂.

Tableau I.2 : Consommation d'énergie et émission de CO₂ en Algérie en 2005. [4]

	Consommation (ktep)	Emission GES (teq CO ₂)
Agriculture et Hydraulique	1130	1538
Industrie et BTP	3226	3881
Résidentiel et Tertiaire	7047	6312
Transport	5536	9574
Industries Energétiques	5889	18544

I.4. Situation des bâtiments en Algérie

Malheureusement, un grand nombre de logements en Algérie ne semblent pas répondre aux exigences du confort thermique et d'économie d'énergie. En effet, le confort thermique est une sensation de bien être lorsqu'on est exposé à une ambiance intérieure. Il ne dépend pas exclusivement de la température, mais également des conditions d'humidité de l'air intérieur, des éventuels courants d'air, du niveau de respirable de l'air ou de qualité d'air intérieur. L'économie d'énergie permet à la fois de lutter contre l'effet de serre, dans le respect de l'équilibre concurrentiel entre les filières énergétiques (enjeu environnemental), de préserver les ressources énergétiques, de réduire la facture payée par les occupants (enjeu social).

Le problème de non-conformité des logements algériens est dû à l'absence d'une réglementation spécifique, au manque de savoir-faire et à la méconnaissance du sujet par les maîtres d'ouvrage.

L'amélioration des techniques au niveau des matériaux de construction et d'isolation a permis aujourd'hui de réaliser des bâtiments qui rassemblent à la fois les qualités esthétiques et thermiques, tout en offrant un cadre de vie plus confortable en étant consommateur de très peu d'énergie (Figure I.1). En effet, l'Algérie consciente de la rationalisation de la consommation énergétique a lancé un nouveau programme national d'efficacité énergétique (PNEE) à partir de 2016 avec comme objectif l'isolation thermique de 100.000 logements/an, la diffusion de 10 millions de lampes à basse consommation et la conversion de 1,3 million de véhicules au GPL à l'horizon 2030.

I.5. Réglementation thermique

La réglementation thermique est un ensemble de règles à appliquer dans le domaine de la construction afin d'augmenter le confort des occupants tout en réduisant la consommation énergétique des bâtiments.



Figure I.1 : Projet des 80 logements de HPE à Djelfa (vue d'un bâtiment). [7]

I.5.1. Réglementation thermique Algérienne

En Algérie, la réglementation thermique de 1997 des bâtiments à usage d'habitation a été créée pour réduire la consommation de chauffage de l'ordre de 25%. Une réflexion est engagée actuellement pour élever ce niveau d'économie à plus de 40%. Pour ce faire, des simulations numériques ont été menées sur des logements types. Il ressort de l'étude qu'en agissant sur la seule limitation des déperditions thermiques par transmission, il est possible d'atteindre ce nouvel objectif tout en réduisant substantiellement la charge de climatisation en été. Une nouvelle réglementation thermique pourrait s'articuler autour des deux principes suivants : réserver la réglementation de 1997 à l'habitat individuel, définir de nouveaux coefficients réglementaires plus contraignants pour l'habitat en immeuble collectif. [8]

La réglementation algérienne s'inspire en grande partie de la réglementation française, par contre les méthodes de calcul utilisées sont plus simples, elle autorise, tout du moins dans certaines limites, le calcul informatisé des besoins de chauffage et de climatisation. [6]

I.5.1.1. Mise en application de la réglementation thermique des bâtiments

Depuis plusieurs années, l'Algérie mène une politique d'amélioration de la gestion de ses ressources énergétiques. La mise en application de la loi 99.09 relative à la maîtrise de l'énergie dans le secteur du bâtiment s'est concrétisée par la promulgation le 24 avril 2000 d'un décret exécutif n°2000-90 portant réglementation thermique dans les bâtiments neufs.

Celle-ci a pour objectif l'introduction de l'efficacité énergétique dans les bâtiments neufs à usage d'habitation et autres et dans les parties de constructions réalisées comme extension des bâtiments existants. L'application de cette réglementation thermique devait aboutir obligatoirement à l'isolation thermique des bâtiments neufs.

Le Centre Nationale d'Etudes et de Recherches Intégrées des bâtiments (CNERIB) a édité trois documents techniques réglementaires à l'usage des professionnels du bâtiment (DTR) qui contiennent des informations techniques nécessaires à la conception, le calcul, et l'exécution des ouvrages avec différents matériaux.

Ces documents techniques réglementaires sont :

- Le **DTR C 3-2** : qui établit les règles de calcul des déperditions calorifiques pour les bâtiments à usage d'habitation. L'exigence réglementaire sur laquelle s'appuie ce DTR consiste à limiter les déperditions calorifiques des logements en fixant un seuil à ne pas dépasser (appelé déperditions de référence). Le respect de ce seuil devrait permettre une économie de 20 à 30% sur la consommation d'énergie pour le chauffage des logements, sans pour autant se réaliser au détriment du confort des utilisateurs. Les méthodes de calculs présentées dans ce DTR sont des méthodes simples, testées par ailleurs, suffisantes en principe pour trouver des solutions techniques admissibles

- Le **DTR C 3-4** : qui fixe les méthodes de calcul des apports calorifiques des bâtiments et celles de vérification de la conformité à la réglementation thermique d'été des bâtiments.

- Le **DTR C 3-31** : relatif à la ventilation naturelle des locaux à usage d'habitation répond au souci de l'efficacité énergétique, objet des préoccupations contenues dans la loi 99-09 du 28 juillet 1999 relative à la maîtrise de l'énergie. Ce DTR permet de définir les principes généraux qui réglementent la conception des installations de ventilation naturelle et de fournir les méthodes de calcul nécessaires pour les dimensionner. Néanmoins, ce dernier ne traite pas des conduits de fumée d'évacuation des produits de combustion des appareils à gaz, ni des systèmes de désenfumage (évacuation des fumées en cas d'incendie). [4]

Remarque :

On va s'intéresser dans ce mémoire au DTR C3-4 relatif au calcul des apports calorifiques des bâtiments qu'on va détailler par la suite.

CNERIB a édité trois versions de DTR qui s'améliorent d'une version à l'autre, on trouve la version de 1998 (1^{ère} version), puis celle de 2005 et actuellement on est à la version 2016. La dernière version a connu les changements suivants :

- Les deux DTR d'hiver et d'été sont fusionnés en un seul DTR,
- Ajout d'exemples de calcul,
- Introduction du nouveau zonage climatique,
- Réduction des déperditions de références de 10 %,
- Ajout de calcul du coefficient K des murs rideaux.

Les documents techniques réglementaires visent à :

- Enrichir de la réglementation technique spécifique à notre pays,
- Améliorer la qualité de la construction,
- Contribuer à l'élaboration des normes algériennes.

Selon l'APRUE, la mise en application de la réglementation thermique des bâtiments permettra de réduire les besoins calorifiques de nouveaux logements de l'ordre de 30% à 40%

pour les besoins en chauffage et en climatisation.

Malheureusement, au jour d'aujourd'hui cette réglementation n'est toujours pas entrée en vigueur, en raison entre autres de l'inexistence d'organisme devant vérifier son application, mais aussi en raison de l'absence d'outils opérationnels permettant aux bureaux d'études en architectures d'intégrer les exigences de cette réglementation dans la conception des bâtiments. Effectivement, et c'est ce que nous avons constaté sur le terrain ; la quasi-totalité des bureaux d'étude n'ont pas une copie de cette réglementation. Sa mise en application, nécessite, donc, sa vulgarisation auprès des bureaux d'études, des architectes et des promoteurs.

I.5.2. Autres réglementations thermiques dans le monde [4]

I.5.2.1. Réglementation Française (RT)

Les normes françaises pour ce qui est de l'isolation thermique et du chauffage des logements se trouvent rassemblées dans le '**Règlement thermique 1988 des logements neufs**' qui comprend entre autre l'Arrêté du 5 avril 1988. Entré en vigueur en 1989, ce document règle la consommation d'énergie et l'installation des équipements de chauffage dans un logement. Cet arrêté est complété par un certain nombre de règles de calcul décrivant en détails la manière de calculer les différents paramètres.

La consommation d'énergie relative au chauffage des nouvelles habitations était en 1988 inférieure de 42% par rapport à la consommation moyenne enregistrée en 1974. Ce qui caractérise les normes françaises est que depuis 1974, aucune exigence n'a été formulée concernant la transmission thermique (Coefficient K) des parois, les normes se concentrant sur les performances thermiques de l'ensemble du bâtiment. Les normes indiquant les débits d'air maximum et minimum permettent entre autre de compenser une perméabilité trop importante en prévoyant une isolation et vice versa. Et, dans le cas où l'on ne désire pas effectuer des calculs trop compliqués, on peut toujours utiliser des solutions types approuvées. Les exigences d'isolation thermique sont plus sévères pour les habitations utilisant le chauffage électrique comparées à celles utilisant un autre type de chauffage.

A noter que les normes françaises ont été revues en 2000 où une nouvelle réglementation RT 2000 a été adoptée et appliquée à partir de juin 2001. La RT 2000 a permis le passage d'une approche française à une approche européenne et s'appuie largement sur des méthodes de calcul et des caractéristiques définies dans les normes européennes Un nouveau renforcement des exigences au niveau de la performance énergétique des bâtiments, la prise en compte de la climatisation et de l'éclairage ainsi qu'un franc coup de pouce donné à la conception bioclimatique et aux énergies renouvelables sont quelques-uns des thèmes forts de la nouvelle réglementation thermique : la RT 2005.

La RT 2005 se fixe comme principaux objectifs une amélioration de la performance énergétique des bâtiments neufs d'au moins 15 % et la limitation du recours à la climatisation. Mais ce n'est qu'une étape intermédiaire car le but à ne pas perdre de vue est une diminution de 40 % de la consommation énergétique des bâtiments en 2020.

La RT 2012, suite aux exigences environnementales, devient la référence. Elle vise à diviser par trois la consommation énergétique des bâtiments neufs, la RT 2012 a été publiée le 27 octobre 2010.

I.5.2.2. Réglementation Américaine (ASHREA)

L'objectif de la réglementation thermique américaine est de réglementer la conception de l'enveloppe des bâtiments afin que ceux-ci disposent d'une résistance thermique suffisante et d'une faible perméabilité à l'air. La réglementation étudiée ne donne aucune norme spécifique n'ayant trait au confort thermique, celui-ci est traité dans d'autres normes. Le confort intérieur et le confort hygrométrique sont traités en détail dans (ASHRAE 1997).

La réglementation américaine de la maîtrise de l'énergie permet le calcul des performances thermiques à l'aide de logiciels avancés. Cette méthode permet de concevoir un bâtiment d'une manière optimale. Les normes autorisent également l'utilisation de calculs simplifiés pour ce qui est des exigences maximales de la transmission surfacique des différentes parois ainsi que des solutions de type standard.

La norme prend en compte les climats d'hiver et d'été, et en régions chaudes, les normes d'isolation thermique ne sont pas aussi exigeantes mais spécifient l'utilisation de protection solaire des baies. Par contre, elle ne prévoit pas de protection solaire des façades.

Indépendamment des méthodes spécifiées, les calculs autorisés prennent en compte l'inertie thermique des murs extérieurs. Les calculs informatisés autorisent l'utilisation du chauffage passif provenant de l'énergie solaire ainsi que du refroidissement réalisé par une ventilation nocturne.

I.5.2.3. Réglementation Anglaise

L'ensemble des règles contrôlant la construction en Grande-Bretagne se trouve rassemblé dans '**Building Regulations**'. Cette réglementation nationale remplace les arrêtés municipaux en vigueur jusqu'en 1984. La dernière réglementation date de 1991, modifiée en 1994.

La réglementation ne considère que la période d'hiver. De la même manière que les normes française et américaine, elle permet de choisir différents niveaux de calcul allant de la performance thermique de l'ensemble du bâtiment à des solutions standards. Les calculs les plus avancés prennent en compte les apports internes et les apports solaires. Par contre, les calculs ne prennent pas en compte l'inertie thermique.

De même qu'en France, la Grande-Bretagne autorise une moins bonne performance thermique dans le cas où les habitations utilisent une source d'énergie autre que celle provenant de l'électricité.

I.6. Règles de calcul des apports calorifiques selon le D.T.R.C 3-4

I.6.1. Données de base en commun des différentes éditions des DTR

I.6.1.1. Classification thermique des communes d'Algérie

La définition des climats est fondée sur l'analyse et la synthèse de données issues des postes météorologiques (températures, précipitations, ensoleillement, humidité de l'air, vitesse des vents, etc.) répartis sur le territoire durant une longue période. Pour l'Organisation météorologique mondiale, elle doit être d'au minimum 30 ans.

Les données météorologiques sont relevées ou enregistrées quotidiennement dans les stations (postes) météorologiques. Elles sont ensuite totalisées pour chaque mois et récoltées par les services météorologiques. Les données ainsi, récoltées permettent de situer un poste donné dans son contexte régional et national.

L'Algérie est un vaste pays compris entre 18° et 38° de latitude nord, et entre 9° de longitude ouest et 12° de longitude est, (le méridien international 0° Greenwich passe près de la ville de Mostaganem). En Algérie la première classification en zones climatiques a été faite par le CSTB en 1962 qui sert de base de calcul pour le dimensionnement de chauffage ou de climatisation. Une deuxième classification prenant en compte les données climatiques plus représentatives de la période (1974-1984) permet de définir avec plus de précision les zones climatiques de l'Algérie. Cette vaste étendue territoriale correspond à une diversité de zones climatiques qui peuvent se classer en trois catégories :

- Le tell : climat tempéré humide de type méditerranéen,
- Les hautes plaines : climat de type continental,
- Le Sahara : climat aride et sec.

Le zonage utilisé par Borel [9] et adopté par les différents DTR, définit pour l'Algérie les zones suivantes :

- 4 zones climatiques avec sous zonent au Nord,
- 3 sous zones climatiques au Sud.

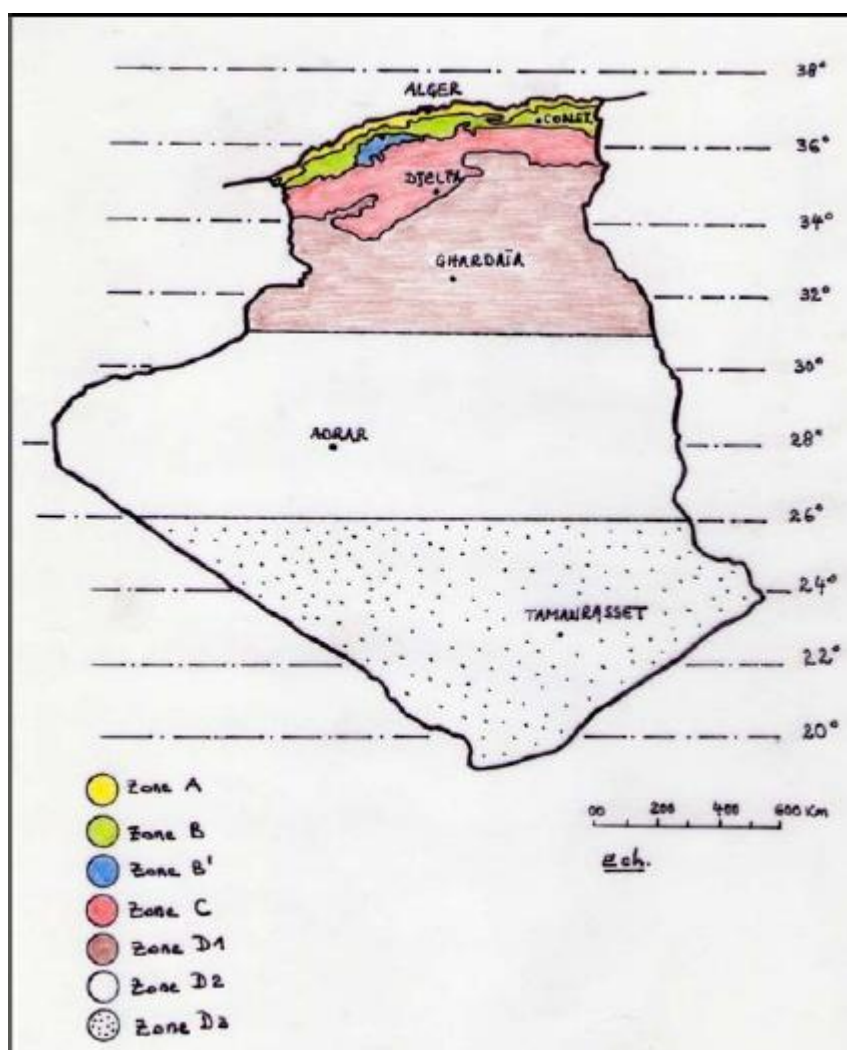


Figure I.2 : Zones climatiques en Algérie. [9]

On distinguera dans ces zones les sites d'altitude inférieure à 500 m, compris entre 500 et 1000 m et supérieur à 1000 m, étant donné l'influence de l'altitude sur les températures.

La zone A : Elle comprend le rivage de la mer. Celle-ci portera son influence jusqu'au sommet de la chaîne côtière à condition qu'elle ne soit pas trop loin du rivage. Le climat en été est assez variable avec des journées beaucoup plus chaudes que d'autres.

La zone B : Elle comprend la plaine derrière le rivage de la mer et les vallées entre les chaînes côtières et l'Atlas Tellien, autre que celle de Chlef. Dans cette zone, l'influence régulatrice de la mer est encore nettement ressentie. Le climat, en été, est aussi variable qu'en zone A.

La zone B' : Elle comprend la vallée de Chlef, comprise entre la chaîne de l'Ouassenis et les montagnes du Dahra et des Braz, a une longueur de 200 km et une largeur entre 10 et 60 km. L'influence de la mer y est très atténuée par les montagnes formant écran. Le climat est aussi variable qu'en zone B.

La zone C : Elle comprend les hauts plateaux entre l'Atlas Saharien et l'Atlas Tellien, les régions de cette zone se trouvent à des altitudes supérieures à 500 m, l'influence maritime est très faible. Le climat est moins variable qu'en zone B ou A.

La zone D1 : Elle comprend le Sahara au-delà de l'Atlas Saharien jusqu'à la latitude 31°.

La zone D2 : Elle comprend le Sahara au-delà de la latitude 31° jusqu'à la latitude 26°.

La zone D3 : Elle comprend le Sahara au-delà de la latitude 26° jusqu'aux frontières Sud.

La zone D3 a des hivers plus froids que la zone D2 et l'inverse se produit pour les étés. Le climat est peu variable, les journées sont aussi chaudes les unes que les autres.

Le zonage climatique de toutes les communes d'Algérie (issues du découpage administratif d'avril 1998) est donné dans un tableau en Annexe 1 du D.T.R.C 3-2 (Tableau I.3).

Tableau I.3 : Extrait du tableau donnant la classification thermique des communes d'Algérie.

Wilaya	Communes	Zone
01 ADRAR	Groupe de Communes 1 : Ksar Kaddour - Timiaouine – Tinerkouk	D1
	Groupe de Communes 2 : Toutes les communes autres que celles figurant au groupe de communes 1.	D2
02 CHLEF	Groupe de Communes 1 : Beni Haoua - Dahra - El Marsa - Moussadek -Sidi Abderrahmane - Talassa - Taougrite - Tenes - Oued Guoussine.	A
	Groupe de Communes 2 : Abou El Hassan Benaira - Breira - Bouzghaïa - Sidi Akkakcha - Tadjena - Zeboudja.	B
	Groupe de Communes 3 : Toutes les communes autres que celles figurant aux groupes de communes 1 et 2.	B'
03 LAGHOUAT	Groupe de Communes 1 : Ain Medhi - El Assafia - El Haouita - Hassi Delaa -Hassi R'Mel - Kheneg - Ksar El Hirane - Laghouat - Mekhareg - Tadjrouna.	D1
	Groupe de Communes 2 : Toutes les communes autres que celles figurant au groupe de communes 1.	C

Cette classification thermique permet de fixer les valeurs des caractéristiques de l'air extérieur (conditions de base extérieures) à travers les paramètres d'étude suivants (Tableau I.4) :

- La température sèche $TS_{b,e}$ (°C),
- L'humidité spécifique $HS_{b,e}$ (ou teneur en vapeur d'eau) exprimée en g de vapeur par kg d'air sec),
- L'écart diurne E_b (°C),
- La température moyenne TS_m (°C),
- L'écart annuel de température EAT (°C).

I.6.1.2. Caractéristiques thermo physiques des matériaux hétérogènes

Les valeurs des résistances thermiques des différents matériaux de construction (briques creuses, parpaing, planchers avec différents entrevous) sont données en annexe 3 du D.T.R. C 3.2 [10]. Ces valeurs sont utiles lors du calcul du coefficient de transmission global des parois opaques. Un tableau donnant la résistance thermique des blocs creux à parois épaisses est donné comme exemple (Tableau I.5)

Tableau I.4 : Conditions extérieures de base pour chaque zone climatique. [10]

Zone climatique	Température sèche $TS_{b,e}$ (°C)	Humidité spécifique $HS_{b,e}$ (g_{vap}/kg_{as})	Ecart diurne E_b (°C)	Température moyenne TS_m (°C)	Ecart annuel de température EAT (°C)
A					
alt < 500 m	34	14,5	9	25,5	31
500 ≤ alt < 1000 m	33,5	13	10	25	32,5
alt ≥ 1000 m	30,5	13	9	22,5	31,5
B					
alt < 500 m	38	12,5	15	26,5	36
500 ≥ alt < 1000 m	37	11	15	26,5	36
alt ≥ 1000 m	35	10	14	25	36
B'					
alt < 500 m	41	11	18	29	41
alt ≥ 500 m	voir zone B	voir zone B	voir zone B	29	
C					
alt < 1000 m	39,5	8,5	20	27	41,5
alt ≥ 1000 m	36	8,5	18	25	40
D1	44	6,5	15,5	33	38
D2	48	5,5	16,5	36,5	43
D3	39	5,0	12,0	29,6	35

Tableau I.5 : Résistance thermique des Blocs creux à parois épaisses (parpaings). [10]

Résistance thermique (en m ² C/W) (Résistances superficielles non comprises)								
Types des blocs	Épaisseur des blocs creux (cm)							
	7,5	10	12,5	15	17,5	20	22,5	25
Blocs en béton de granulats lourds à deux trous	0,07	0,09	0,10	0,12	0,14	0,16		
Blocs en béton de laitier à deux trous	0,13	0,16	0,19	0,22	0,25	0,28		
Blocs en béton de granulats lourds à quatre trous				0,14	0,16	0,19		
Blocs en béton de laitier à 4 trous					0,29	0,32	0,21	0,34

Il est à noter que l'annexe 3 du même DTR comprend aussi les caractéristiques thermo physiques des matériaux hétérogènes utilisés en construction en Algérie à savoir la conductivité thermique apparente (W/m °C), la capacité thermique (J/kg °C) et la masse volumique (kg/m³).

I.6.1.3. Caractéristiques thermo physiques des matériaux homogènes

En annexe 2 du même DTR [10], on trouve les caractéristiques thermo physiques des matériaux homogènes utilisés en construction en Algérie à savoir la conductivité thermique apparente (W/m °C), la capacité thermique (J/kg °C) et la masse volumique (kg/m³).

I.6.2. Domaines d'application du D.T.R. C 3-4

Les méthodes de détermination des apports calorifiques du présent DTR s'appliquent aux locaux :

- à usage d'habitation,
- d'hébergement (chambres collectives, dortoirs, salles de repos),
- à usage de bureaux,
- d'enseignement (classes, salles d'études, ...),
- d'accueil (bibliothèques, bureaux de poste, banques, ...),
- de réunion (salles de spectacle, lieux de culte, ...),
- de vente (boutiques, supermarché, ...),
- de restauration (café, restaurant, cantine, ...),
- à usage artisanal (salon de coiffure, laboratoire de boulangerie, petit atelier, etc.)

I.6.3. Hypothèses adoptés par le D.T.R. C 3-4

1- Le calcul utilisé par le D.T.R. C 3.4 édité par le CNERIB est basé sur l'hypothèse que les locaux concernés sont conditionnés (même si ces locaux n'ont pas été prévus pour l'être). Cette hypothèse est adoptée aussi pour le calcul des apports calorifiques d'un local, pour le calcul des apports calorifiques effectifs et pour la détermination de la puissance frigorifique,

2- Les conditions intérieures du local conditionné (température sèche et humidité relative de l'air intérieur) appelées aussi conditions intérieures de base, sont considérées constantes et

données par le tableau I.6. Le D.T.R. C 3.4 considère deux niveaux de confort à savoir, le confort normal et le confort amélioré.

3- Les apports de chaleur par les parois opaques extérieures tiennent compte de la différence de température entre les faces des parois, de l'ensoleillement, de l'amortissement et du déphasage dans la paroi du flux de chaleur induit.

4- Les apports de chaleur par ensoleillement dû aux parois vitrées ainsi que les gains internes, sont calculés en considérant qu'une partie de ces gains est amortie par les parois opaques internes et externes.

5- Les apports calorifiques à travers les parois intérieurs sont déterminés en régime permanent.

6- Le régime des conditions extérieures est cyclique.

I.6.4. Méthodologie de calcul des apports calorifiques selon le D.T.R. C 3-4

Les apports calorifiques doivent être déterminés selon les étapes suivantes :

1- Définition des zones (ou volumes) thermiques ;

Une zone thermique est un volume d'air dont les conditions intérieures sont supposées être homogènes ;

2- Détermination de l'intervalle de temps critique ;

Pour ce faire, pour chaque façade on détermine l'heure qui correspond aux gains maxima par transmission à travers les parois opaques et vitrées, l'intervalle de temps critique est délimité par la plus petite heure et par la plus grande heure choisie parmi les heures déterminées (les heures de la journée sont données en temps solaire vrai (TSV)) ;

3- Calcul des apports calorifiques pour chaque volume thermique et pour toutes les heures situées dans l'intervalle de temps critique ;

4- Calcul des apports calorifiques effectifs ;

5- Calcul de la puissance frigorifique ;

6- Adoption d'un système de conditionnement d'air (aspect non traité par ce D.T.R.).

7- Les calculs doivent être menés pour le mois de Juillet. Il est fortement recommandé d'opérer le calcul pour les trois mois de l'été : Juillet (calcul obligatoire), Août et Septembre.

Tableau I.6 : Conditions intérieures de base selon le D.T.R. C3-4

APPLICATION	Niveau de confort amélioré		Niveau de confort normal		
	Température sèche (°C)	Humidité relative (%)	Température sèche (°C)	Humidité relative (%)	Accroissement toléré de la température (°C)
Séjour de longue durée Logement, hôtel, bureaux, hôpital, école, etc.	24	45	27	50	2
Séjour de courte durée Magasin, banque, bureaux de poste, salon de coiffure, etc.	24	45	27	50	2
Séjour de durée limitée avec gains latents importants Amphithéâtre, salle de spectacle, lieu de culte, salle de restauration, cuisine, etc.	24	50	27	60	1

I.6.5. Définitions des apports considérés dans le D.T.R. C 3-4 [10]

I.6.5.1. Apports calorifiques

Les apports calorifiques (appelés aussi gains) d'un local sont égaux à la somme des apports de chaleur sensible A_s et latente A_l , provenant d'une source intérieure ou extérieure du local, pour des conditions extérieures et intérieures déterminées, en ne tenant pas compte des apports dus à l'installation. [9]

I.6.5.1.1. Apports calorifiques sensibles A_s

Les apports calorifiques sensibles A_s , ou gains sensibles, sont les apports de chaleur qui affectent directement la température sèche de l'air du local considéré. [10]

I.6.5.1.2. Apports calorifiques latents A_l

Les apports calorifiques latents, ou gains latents A_l , sont les apports d'humidité sous forme de vapeur d'eau qui affectent le local considéré. [10]

I.6.5.2. Apports calorifiques effectifs AE

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

I.6.5.3. Apports calorifiques totaux AT

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

Remarques :

- 1- Les apports calorifiques constituent une donnée se rapportant au local, par contre, les apports calorifiques totaux constituent une donnée se rapportant à l'installation,
- 2- Les apports calorifiques sont utilisés pour déterminer le débit d'air soufflé dans les locaux climatisés,
- 3- Les apports calorifiques effectifs sont utilisés pour déterminer le débit d'air nécessaire (c'est à dire le débit d'air traité par la batterie),
- 4- La détermination des apports totaux permet d'opter pour l'équipement adéquat.

La figure I.3 dresse le bilan énergétique d'un local à travers la contribution des différents apports qu'on y trouve.

I.6.6. Formules de calcul des apports calorifiques selon le D.T.R. C 3-4 [10]

I.6.6.1. Apports à travers les parois opaques

I.6.6.1.1. Paroi opaque aérienne se donnant sur l'extérieur

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

$$APO(t) = 1,2 \times K_{\text{été}} \times S_{\text{int}} \times \Delta t_e(t) \quad (\text{I.1})$$

Où 1,2 est un coefficient majorateur tenant compte des apports latéraux linéiques (à travers les ponts thermiques), $K_{\text{été}}$ le coefficient de transmission en partie courante de la paroi, S_{int} la surface intérieure totale de la paroi considérée, et $\Delta t_e(t)$ la différence équivalente de température à l'heure t.

I.6.6.1.2. Paroi opaque aérienne se donnant sur un local conditionné

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

$$APO(t) = K_{\text{été}} \times S_{\text{int}} \times [TS_a - TS_{b,i}] \quad (\text{I.2})$$

Où $K_{\text{été}}$ (en $W/m^2 \cdot ^\circ C$) est le coefficient de transmission en partie courante de la paroi considérée, S_{int} (en m^2) la surface intérieure de la paroi considérée, TS_a (en $^\circ C$) la température sèche de l'air intérieur du local adjacent, et $TS_{b,i}$ (en $^\circ C$) la température sèche de l'air intérieur du local considéré.

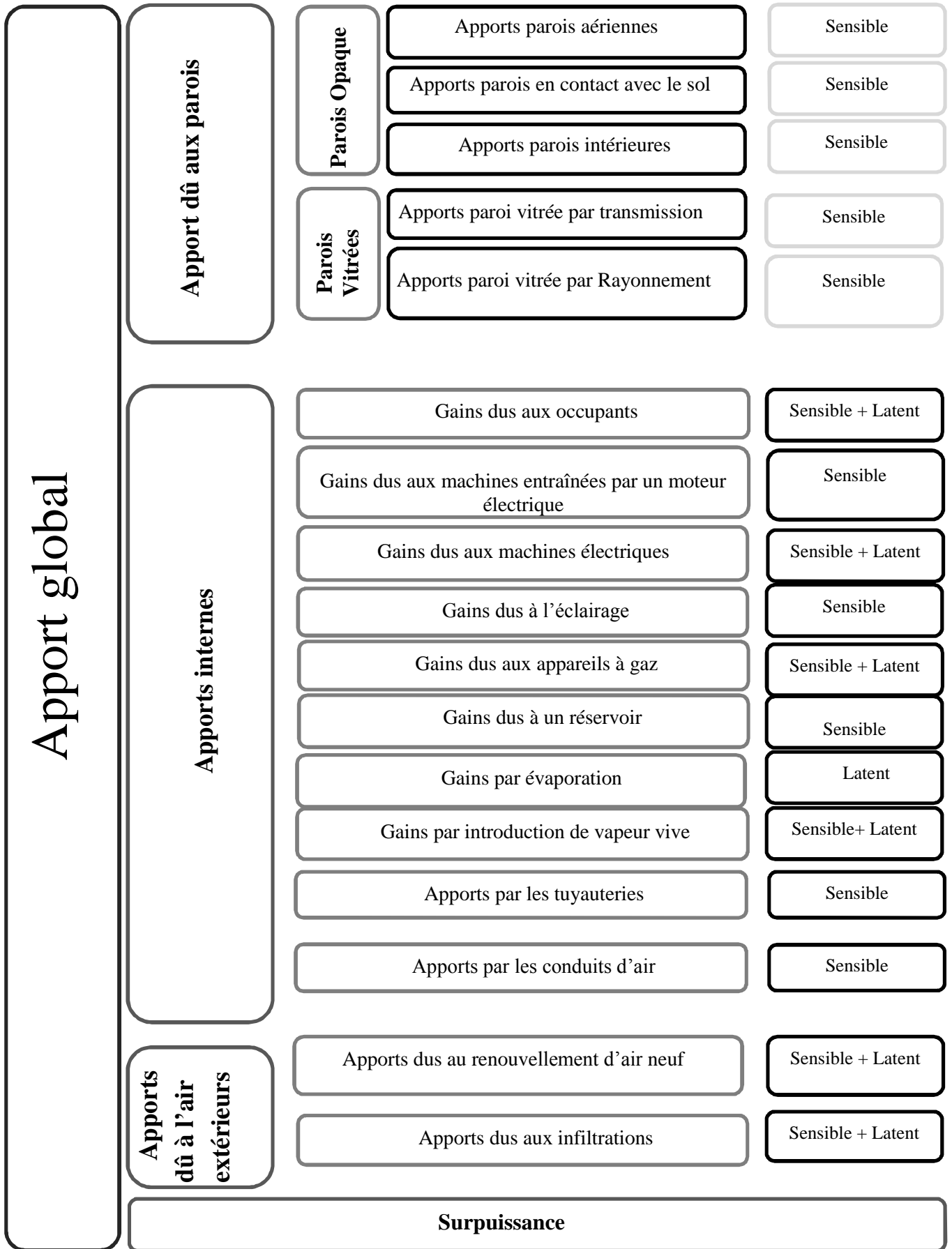


Figure I.3 : Organigramme de calcul des apports calorifiques. [4]

I.6.6.1.3. Paroi opaque aérienne se donnant sur un local non conditionné

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

$$APO(t) = K_{été} \times S_{int} \times [(TS_e(t) - C_{inc}) - TS_{b,i}] \quad (I.3)$$

Où $TS_e(t)$ (en °C) est la température extérieure sèche à l'instant considéré, C_{inc} (en °C) est un coefficient correcteur. (voir annexe B)

I.6.6.1.4. Paroi opaque en contact avec le sol

Les apports APO à travers une paroi en contact avec le sol sont donnés par :

$$APO(t) = K_{été} \times S_{app} \times [TS_m - TS_{b,i}] \quad (I.4)$$

Où, S_{app} (en m^2) est la surface de la zone d'apport, TS_m (en °C) est la température moyenne sèche de l'air extérieur.

Remarque :

Dans le cas où les valeurs déterminées par les formules ci-dessus sont négatives, on n'en tiendra pas compte dans les calculs.

I.6.6.2. Apports à travers les parois vitrées

I.6.6.2.1. Paroi vitrée intérieure

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

$$AVT(t) = K_{été} \times S_{ouv} \times [(TS_e(t) - C_{inc}) - TS_{b,i}] \quad (I.5)$$

Où, $K_{été}$ (en $W/m^2 \cdot ^\circ C$) est le coefficient de transmission en partie courante de la paroi considérée, S_{ouv} (en m^2) est la surface de l'ouverture dans la paroi opaque,

I.6.6.2.2. Paroi vitrée extérieure

Les apports à travers les parois vitrées sont dus à la différence de température entre l'extérieur et l'intérieur et au rayonnement solaire et sont de nature sensible, ils sont obtenus à travers les formules suivantes :

$$AV(t) = AVT(t) + AVE(t) \quad (I.6a)$$

$$AVT(t) = 1,2 \times K_{été} \times S_{ouv} \times [TS_e(t) - TS_{b,i}] \quad (I.6b)$$

$$AVE(t) = [SV_{ens} \times I_t + (SV - SV_{ens}) \times I_d] \times FS \times N_{PVI}(t) \quad (I.6c)$$

Où, $AVT(t)$ (en W) représente les gains dus au gradient de température à travers les parois vitrées, $AVE(t)$ (en W) représente les gains dus au rayonnement solaire à travers les parois vitrées, SV (en m^2) est la surface totale vitrée, SV_{ens} (en m^2) est la surface vitrée ensoleillée, $(SV - SV_{ens})$ (en m^2) est la surface vitrée à l'ombre, I_t (en W/m^2) est le rayonnement total maximal réel, I_d (en W/m^2) est le rayonnement diffus maximal réel, $N_{PVI}(t)$ représente le coefficient d'amortissement relatif aux gains par ensoleillement à travers les parois vitrées à

l'heure t considérée, FS est le facteur solaire du vitrage.

I.6.6.3. Apports de chaleur internes

On désigne par apports de chaleur internes, ou gains internes, les quantités de chaleur dégagées sous forme latente ou sensible à l'intérieur des locaux conditionnés. Les gains internes prévus par ce DTR sont ceux ayant pour origine les occupants, les machines entraînées par des moteurs électriques, les appareils électriques, l'éclairage, les appareils à gaz, les réservoirs, l'évaporation libre, l'introduction de vapeur vive, les tuyauteries et les conduits d'air intérieurs. Les apports de chaleur internes sont donnés par la formule suivante :

$$AI(t) = \sum_j (CS_j \times AI_{s,j} \times N_{AI,j}) + \sum (CS_j \times AI_{l,j}) \quad (I.7)$$

Où, $AI_{s,j}$ (en W) représente la partie sensible de l'apport interne j ; $AI_{l,j}$ (en W) représente la partie latente de l'apport interne j , CS_j est le coefficient de simultanéité relatif à l'apport interne j , $N_{AI,j}$ est le coefficient d'amortissement relatif à l'apport interne j .

I.6.6.3.1. Apports internes dus aux occupants

Les gains dus aux occupants sont une source de chaleur sensible et latente, ils dépendent du nombre des occupants. Ils sont donnés par la formule qui suit :

$$AI_{occ} = \text{nbre}_{occ} \times (AI_{occ,l} + AI_{occ,s}) \quad (I.8)$$

I.6.6.3.2. Apports dus aux machines entraînées par un moteur électrique

Les machines entraînées par moteur électrique dégagent une quantité de chaleur donnée par les formules suivantes dépendant des cas d'étude :

Cas (a) Le moteur et la machine entraînée sont dans le même local climatisé :

$$AI = W_a = W_{eff} / \eta \quad (I.9)$$

Où, W_{eff} (en W) désigne la puissance nominale, η désigne le rendement du moteur.

Cas (b) Seul le moteur est dans le local climatisé :

$$AI = W_a - W_{eff} = (W_{eff} / \eta) \times (1 - \eta) \quad (I.10)$$

Cas (c) Seule la machine est dans le local climatisé :

$$AI = W_{eff} \quad (I.11)$$

Cas (d) Pompe ou ventilateur véhiculant un fluide à l'extérieur du local, l'apport calorifique AI dans le local correspond à :

$$AI = W_{eff} - \Delta p \times qv_m \quad (I.12)$$

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

Ou à :

$$AI = (W_{\text{eff}}/\eta) - \Delta p \times q_{v_m} \quad (\text{I.13})$$

Si le moteur électrique est positionné dans le local.

Où, W_{eff} (en W) désigne la puissance nominale, η désigne le rendement du moteur, Δp (en Pa) désigne la pression du ventilateur ou la hauteur manométrique de la pompe, q_{v_m} (en m^3/s) est le débit volumique moyen du fluide.

I.6.6.3.3. Apports dus aux appareils électriques

Les appareils électriques peuvent constituer à la fois une source de chaleur sensible et latente, ou seulement une source de gains sensibles. Pour la détermination des apports dus aux machines électriques, on utilisera soit :

- les indications données par le fabricant ;
- les formules donnant la puissance électrique absorbée qui constitue une source de chaleur sensible ; pour certains appareils (de cuisines, de restaurants, etc.), il y a lieu de tenir compte aussi des gains latents ; on pourra alors utiliser les formules relatives aux gains par évaporation ;
- à défaut, les valeurs des tableaux données par le D.T.R. C 3-4.

Remarque :

On diminuera de 50 % les apports sensibles et latents si l'appareil électrique est pourvu d'une hotte d'extraction mécanique dimensionnée selon les règles d'usage.

I.6.6.3.4. Apports internes dus à l'éclairage

Les appareils d'éclairage constituent une source de chaleur sensible. Connaissant la puissance installée pour l'éclairage, les gains dus à l'éclairage sont donnés par la formule suivante :

$$AI = \sum (W_n \times C_{me} \times C_{cr}) \quad (\text{I.14})$$

Où, W_n (en W) est la puissance nominale de l'ampoule ou du tube fluorescent, C_{me} est un coefficient de majoration, C_{cr} est le pourcentage de chaleur résiduelle correspondant à la part d'énergie restant dans la salle.

I.6.6.3.5. Apports internes dus aux appareils à gaz

Les appareils à gaz sont une source de chaleur sensible et latente. Les apports sensibles et latents AI_s et AI_l dus aux appareils à gaz sont donnés par :

$$AI_s = q_{v_n} \times PC_{\text{sup}} \quad (\text{I.15})$$

$$AI_l = q_{v_n} \times m_{\text{vap}} \times 2498 \times 10^3 \quad (\text{I.16})$$

Où, q_{v_n} (en m^3/s) est le débit nominal de l'appareil, PC_{sup} (en J/m^3) est le pouvoir calorifique supérieur du combustible, m_{vap} (en kg/m^3) est la masse d'eau apportée par la

combustion du gaz, 2498×10^3 (en J/kg) est la chaleur latente de condensation de la vapeur d'eau.

Remarque :

Si les appareils à gaz sont pourvus d'une hotte d'extraction mécanique dimensionnée selon les règles d'usage, on réduira de 50% les apports de chaleur sensibles et latents.

I.6.6.3.6. Apports internes dus à un réservoir

Les réservoirs fermés sont une source de chaleur sensible. S'ils sont ouverts, ils constituent une source de chaleur sensible et latente. Les gains sensibles dus à un réservoir AI_s contenant un liquide maintenu à une certaine température sont donnés par la formule suivante :

$$AI_s = (\theta_f - TS_{b,i}) \times \sum \frac{S_i}{\sum_j \frac{e_{ij}}{\lambda_{ij}} + r_{ej}} \quad (I.17)$$

Où, θ_f (en °C) est la température du liquide, S_i (en m²) est la surface de la paroi considérée en contact avec l'air intérieur, e (en m) désigne l'épaisseur de la couche de matériau constituant les parois du réservoir, λ (en W/°C) désigne la conductivité thermique du matériau considéré, r_e (en m².°C/W) désigne la résistance superficielle extérieure, l'indice i désigne la paroi, l'indice j désigne les différentes couches de matériau.

I.6.6.3.7. Apports internes dus à l'évaporation libre

L'évaporation est une source de chaleur latente. Les gains latents, en W/m² de surface, provenant de l'évaporation d'un plan d'eau (piscines, bassin, plonge de restaurant, etc.) sont donnés par la formule suivante :

$$AI_l = 0,0935 \times [PS_{eau} - PP_i] \quad (I.18)$$

Où, PS_{eau} (en Pa) désigne la pression de vapeur saturante de la couche d'air en contact avec le plan d'eau (et donc à la même température), PP_i (en Pa) désigne la pression partielle de vapeur d'eau de l'air ambiant.

I.6.6.3.8. Apports internes dus à l'introduction de la vapeur vive

L'introduction de vapeur vive est une source de chaleur sensible et latente. Les gains sensibles dus à l'introduction de vapeur vive AI_s sont donnés par la formule suivante :

$$AI_s = 0,523 \times [\theta_{vap} - TS_{b,i}] \times qm_{vap} \quad (I.19)$$

Où, 0,523 (en J/kg.°C) est le produit de la chaleur spécifique de la vapeur d'eau (1883J/kg.°C) par un facteur de conversion (1/3600), θ_{vap} (en °C) est la température de la vapeur d'eau à l'entrée du local, qm_{vap} (en kg/h) est le débit massique de vapeur d'eau introduite dans le local.

Quand aux gains latents dus à l'introduction de vapeur vive AI_l , ils sont donnés comme :

$$AI_l = 694 \times qm_{vap} \quad (I.20)$$

Où, 694 (en J/kg) est le produit de la chaleur latente de condensation de la vapeur d'eau (2498×10^3 J/kg par un facteur de conversion (1/3600), $q_{m_{vap}}$ (en kg/h) est le débit massique de vapeur d'eau introduite dans le local.

I.6.6.3.9. Apports internes par les tuyauteries

Les tuyauteries sont une source de chaleur sensible. L'apport calorifique par les tuyauteries AI_s est donné par la relation suivante :

$$AI_s = k \times l \quad (I.21)$$

Où, l (en m) désigne la longueur totale de tuyauterie mesurée à l'intérieur du local climatisé, k (en W/m) est le coefficient linéique d'émission de la tuyauterie.

I.6.6.3.10. Apports internes par les conduits d'air

Les conduits d'air sont une source de chaleur sensible. Les apports AI_s par les conduits d'air sont donnés par :

$$AI_s = k \times l \times (\theta_{a,c} - TS_{b,i}) \quad (I.22)$$

Où, $\theta_{a,c}$ (en °C) est la température moyenne de l'air circulant dans le conduit, k (en W/m.°C) est le coefficient linéique de transmission thermique du conduit d'air.

I.6.6.4. Apports par introduction d'air extérieur

Les apports de chaleur dus à l'introduction d'air extérieur sont une source de chaleur latente et sensible. On distingue :

- les apports dus aux infiltrations qui interviennent directement dans le bilan du local, ces apports sont à associer au débit d'infiltrations $q_{v_{inf}}$;
- les apports dus à l'introduction d'air neuf qui interviennent dans le bilan calorifique total, on associe à ces apports le débit d'air neuf $q_{v_{an}}$.

Les portes les fenêtres et toutes les autres ouvertures sont sujets d'infiltration de l'air extérieur. Les apports dus à l'introduction de l'air neuf sont à la fois indispensables pour garantir un air hygiénique et une atmosphère correcte.

Les gains sensibles dus au renouvellement de l'air $ARNE_s$, et dus aux infiltrations $AINF_s$ sont donnés par les formules ci-après :

$$ARNE_s(t) = 0,320 \times q_{v_{an}} \times (TS_e(t) - TS_{b,i}) \quad (I.23)$$

$$AINF_s(t) = 0,320 \times q_{v_{inf}} \times (TS_e(t) - TS_{b,i}) \quad (I.24)$$

Où, 0,320 (en J/m³. °C) représente le produit de la chaleur spécifique de l'air (1004 J/kg.°C) par la masse volumique de l'air (1,15 kg/m³) et par un facteur de conversion (1/3600), $q_{v_{an}}$ (en m³/h) représente le débit d'air neuf, $q_{v_{inf}}$ (en m³/h) représente le débit dû aux infiltrations

Les gains latents dus au renouvellement de l'air $AREN_1$, et dus aux infiltrations $AINF_1$ sont donnés par les formules ci-après :

$$ARNE_1(t) = 0,797 \times q_{v_{an}} \times \text{Max} [(HS_{b,e} - HS_{b,i}), 0] \quad (I.25)$$

$$AINF_1(t) = 0,797 \times q_{v_{inf}} \times \text{Max} [(HS_{b,e} - HS_{b,i}), 0] \quad (I.26)$$

Où, 0,797 (en $J.kg_{air} / g_{vap}.m^3_{air}$) représente le produit de la masse volumique moyenne de l'air ($1,15 kg/m^3$) par la chaleur de vaporisation de l'eau ($2498 J/g$) et par un facteur de conversion ($1/3600$), $q_{v_{an}}$ (en m^3/h) représente le débit d'air neuf, $q_{v_{inf}}$ (en m^3/h) représente le débit dû aux infiltrations, $HS_{b,e}$ (en g_{vap}/kg_{as}) représente l'humidité spécifique de base de l'air extérieur, $HS_{b,i}$ (en g_{vap}/kg_{as}) représente l'humidité spécifique de base de l'air intérieur.

I.7. Logiciels utilisés en climatisation

Le développement de l'informatique a permis d'évaluer avec précision et en peu de temps les bilans énergétiques (apports et déperditions calorifiques) des bâtiments en se basant sur les connaissances du transfert de chaleur et de masse. Les logiciels développés en faveur de la thermique des bâtiments intéressent aussi bien les architectes (lors de la conception du bâtiment ; choix de l'orientation, des surfaces vitrées, des protections solaires) que les bureaux d'études (lors de la conception du système de chauffage ou de climatisation). De nos jours, il existe plusieurs logiciels dans le monde qui calculent les déperditions calorifiques des bâtiments, on se contente de citer quelques uns.

I.7.1. Logiciels utilisés en France

- **BilanTherm** [12] est un programme de calcul écrit en VBA, il fonctionne en s'intégrant dans l'environnement de Microsoft Excel qui est maintenant familier et laisse donc la possibilité aux utilisateurs de personnaliser leurs documents. Le programme a été établi en fonction des algorithmes de calcul du document ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air conditioning Engineers). Il permet d'effectuer les calculs de bilans thermiques et de déperditions pour les locaux à climatiser et notamment d'en estimer la puissance frigorifique et thermique nécessaire. Le programme BilanTherm est pourvu d'une commande barre personnalisée donnant accès aux différentes procédures, boîtes de calculs et macro-commandes. Les fichiers de travail sont créés séparément permettant d'alléger le stockage des données.
- **KoZiBox** est un logiciel de détermination de la consommation de chauffage et de climatisation d'un bâtiment. A la fois simple et puissant, le logiciel ne nécessite pas de formation particulière. Une version en français est gratuite. A l'aide de l'interface graphique, l'utilisateur définit son bâtiment et lance le calcul. L'évolution de la température est calculée de façon exacte dans un bâtiment mono zone, selon un algorithme de bilans thermiques de type STD ("Simulation Thermique du Bâtiment"), celui du logiciel KoZiBu. A tout instant est calculée la puissance de chauffage ou de climatisation nécessaire pour maintenir une consigne, ou bien la température évolue librement si la puissance de chauffage ou de climatisation est insuffisante. Le calcul est très rapide (10 s) et précis. Il permet d'obtenir les pics de puissance en chauffage/climatisation et les énergies, sous forme de bilan ou de courbes Les météos RT2005 de 8 villes de France sont fournies avec la version gratuite. La version

commerciale contient en plus des fichiers météo français, belges et suisses. Ce logiciel est très utile pour évaluer l'influence de différents paramètres (climat, composition des parois et vitrages, puissance de régulation, températures de consigne, importance des charges internes, etc.) sur la consommation d'énergie d'un bâtiment.

- **Hap4** est un logiciel sous Windows de Carrier pour le calcul des charges de climatisation et de consommation énergétique des locaux tertiaires, d'une utilisation très professionnelle et intuitive, Hap4 utilise la méthode des facteurs de réponse, méthode approuvée par l'ASHRAE pour le calcul des charges horaires. Les espaces ou locaux sont décrits en 7 pages de saisie sous forme d'onglets : une page pour les données générales d'espace : surface, hauteur moyenne sous plafond, masse du bâtiment. Une page pour les apports internes : éclairage général, éclairage des postes de travail, équipement électrique, densité de personne et activité, charges diverses en sensible et latent. Chaque charge interne peut-être affectée d'une intermittence. Une page pour décrire les murs, vitrages, et portes. Les coefficients K de parois sont décrits dans un fichier séparé de manière très détaillée avec épaisseur, masse, résistance thermique, chaleur spécifique, couleur. Les coefficients des vitrages sont également décrits dans un fichier distinct avec de nombreux paramètres tel que nature du châssis (bois, pvc, alu...), nature des rideaux intérieurs (15 types), type de vitrage permettant de définir les coefficients de transmission, de réflexion et d'absorption. Une page pour la toiture et les fenêtres de toit. Une page pour décrire le détail des infiltrations Une page pour décrire les planchers (4 solutions). Une page pour les parois internes en contact avec des locaux non climatisés.

I.7.2. Logiciels développés en Algérie

Vu le manque de diffusion de l'information en Algérie, et d'après nos recherches, on a trouvé les logiciels qu'on va citer ci-dessous développés dans le cadre des thèses de doctorat ou de magistère.

- **UHB Clim** est un logiciel de climatisation qui permet de calculer les bilans thermiques hivernal et estival pour les locaux à climatiser et de déterminer les différents débits d'air qui entrent en jeu dans l'installation de climatisation d'un bâtiment (habitation, bureaux, hôpital, aéroport, mosquée...) à n'importe quel endroit de notre pays et de tracer l'évolution des différents apports thermiques des locaux climatisés en fonction de toutes les informations dont on dispose concernant ce lieu. UHB Clim est établi en respectant la réglementation thermique Algérienne par Ahmed Dekkiche dans le cadre de sa thèse de magistère faite à l'université de Chlef en 2000, fonctionne sous Windows. Il est écrit en langage Delphi.
- **SIMULARCH** est un logiciel écrit en langage pascal, dans l'environnement Delphi, afin de vérifier la performance thermique d'un bâtiment quelconque et de proposer de nouveaux paramètres de confort réduisant ainsi le coût de la facture énergétique et conduisant à un gain financier appréciable pour le pays. il permet de réaliser des simulations dans le régime permanent de l'enveloppe du bâtiment dès les premières esquisses d'un projet. Il peut aussi évaluer les économies d'énergie réalisées en adoptant un réduit de week-end et estimer l'impact de masques proches

(casquettes) à la fois sur la température intérieure et sur les consommations. Cet outil intéressant a été développé par le docteur Foura Samir de l'université de Constantine en 2007 dans le cadre de sa thèse de doctorat.

- **EcoBâtim** est un logiciel développé à l'aide du langage de programmation C Sharp sous Microsoft Visual studio en utilisant les modules fournis par DEVEXPRESS ainsi que le moteur de base de données ACCESS contenu dans Microsoft Office. EcoBâtim repose dans son élaboration sur le principe de l'unité du volume thermique c'est-à-dire que le calcul thermique (apports et déperditions) se résumera à un seul volume thermique ainsi que ses résultats. On peut effectuer plusieurs types de calcul après la détermination des conditions de base climatique. Ce logiciel établi en respectant la réglementation thermique Algérienne par Hachemi Mohamed en 2011 dans le cadre de sa thèse de Magister soutenue à l'université de Boumerdes.
- **RTEA** est un logiciel d'application de la réglementation Algérienne de libre accès qui se présente sous forme d'interface graphique accessible via l'adresse web (reta.cder.dz). Ce logiciel facile à utiliser, fait le bilan thermique d'un bâtiment, il permet d'avoir les déperditions thermiques d'hiver et les apports de chaleur d'été et de les comparer aux valeurs de référence. l'équipe bioclimatique du Centre de Développement des Energies Renouvelables a développé une application 'RETA' qui permet de décrire les différents composants d'un bâtiment et d'effectuer les calculs thermiques nécessaires afin de vérifier la conformité d'un projet de construction vis-à-vis de la réglementation thermique algérienne en 2015.

I.8. Conclusion

Le bâtiment est un gros consommateur d'énergie, il est le premier secteur grand consommateur d'énergie électrique au niveau national. Le secteur du bâtiment est un important contributeur d'émissions de GES (gaz à effet de serre (CO₂)). Selon l'APRUE, les émissions en GES dues à la consommation d'énergie ont atteint 40 Mille Tonnes équivalent de CO₂, soit un niveau d'émissions par habitant de 1,22 kg eq CO₂.

La réglementation thermique est un ensemble de règles à appliquer dans le domaine de la construction afin d'augmenter le confort des occupants tout en réduisant la consommation énergétique des bâtiments. Le Centre Nationale d'Etudes et de Recherches Intégrées des Bâtiments (CNERIB) a édité trois documents techniques réglementaires à l'usage des professionnels du bâtiment (DTR) qui contiennent des informations techniques nécessaires à la conception, le calcul, et l'exécution des ouvrages avec différents matériaux.

Le développement de l'informatique a permis d'évaluer avec précision et en peu de temps les bilans énergétiques (apports et déperditions calorifiques) des bâtiments en se basant sur les connaissances du transfert de chaleur et de masse. Différents logiciels développés en faveur de la thermique des bâtiments existent dans le monde et en nombre limité en Algérie. Beaucoup de travail reste à faire là-dessus.

Chapitre II


*Présentation de l'interface
réalisée*

II.1. Introduction

Ce chapitre est dédié à la description détaillée de l'interface graphique ClimBâtim que nous avons réalisée. Cette dernière permet de calculer les apports calorifiques des bâtiments se trouvant dans toutes les communes de la Wilaya de M'Sila selon la réglementation thermique Algérienne D.T.R. C 3-4. C'est vrai qu'il existe un nombre bien déterminé de logiciels destinés à cet effet en Algérie dont la plupart sont inaccessibles. Ces logiciels sont réalisés par des universitaires dans le cadre de leurs thèses de doctorat ou de magister. On considère que notre travail apporte un plus à ceux qui existent déjà. En plus, il est d'une grande utilité pour les travaux dirigés du module Chauffage et climatisation destiné aux étudiants de première année Master énergétique leurs assurant une bonne formation.

II.2. Présentation du langage de programmation MATLAB

L'interface graphique ClimBâtim a été développée à l'aide du langage de programmation de quatrième génération MATLAB (Matrix laboratory) fournis par la société MathWorks fin des années 70. En effet, MATLAB est utilisé à des fins de calcul numérique. Il permet de manipuler des matrices, d'afficher des courbes et des données, de mettre en œuvre des algorithmes, de créer des interfaces utilisateurs, et peut s'interfacer avec d'autres langages comme le C, C++, Java, et Fortran. Les utilisateurs de MATLAB sont de milieux très différents comme l'ingénierie, les sciences et l'économie dans un contexte aussi bien industriel que pour la recherche. MATLAB peut s'utiliser seul ou bien avec des toolbox 'boîte à outils' [13].

MATLAB possède un outil dédié à la création des interfaces graphiques appelé GUIDE (Graphical User Interface Development Environment). Il s'ouvre, soit en cliquant sur l'icône , soit en tapant guide dans la fenêtre de commande 'Command Window' de MATLAB (voir la Figure II.1).

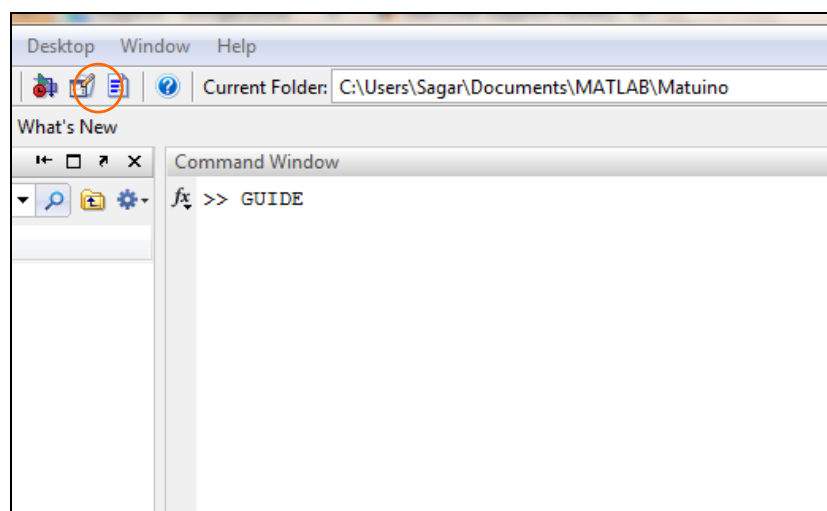


Figure II.1 : Commande d'ouverture de GUIDE.

Ce dernier 'GUIDE' regroupe tous les outils (objets graphiques : boutons, menus, cases à cocher...) dont le programmeur a besoin pour créer son interface (voir la Figure II.2). Ces objets sont généralement actionnés à l'aide de la souris ou du clavier. [14]

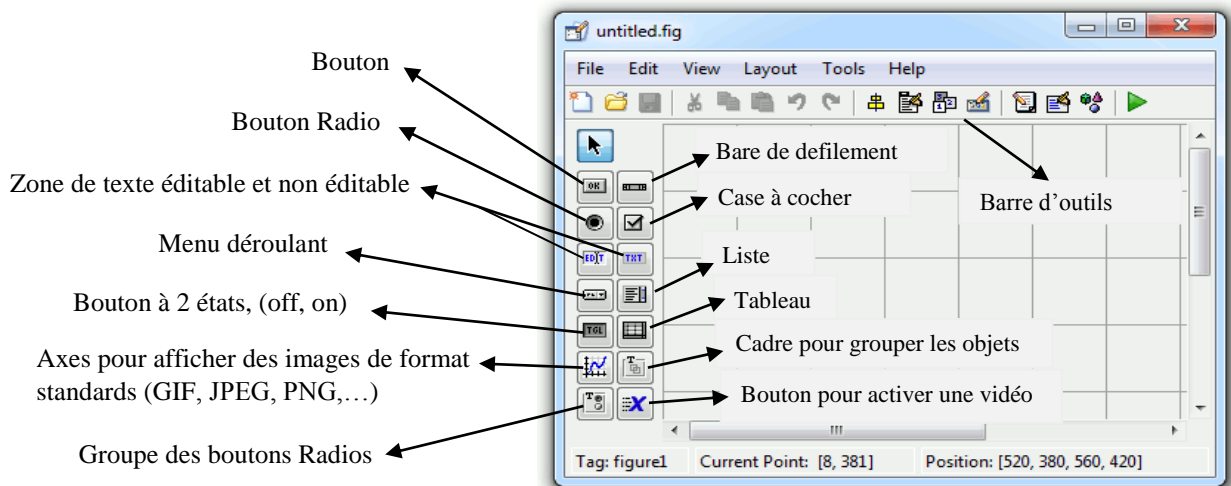


Figure II.2 : Fenêtre principale du GUIDE

Le placement des objets est réalisé par sélection dans une boîte à outils. Leur mise en place et leur dimensionnement se font à l'aide de la souris.

Un double-clic sur un objet permet de faire apparaître l'inspecteur de propriété 'Property Inspector' où les propriétés des objets sont facilement éditables. Leurs modifications et la visualisation de ces modifications sont immédiates (voir la Figure II.3).

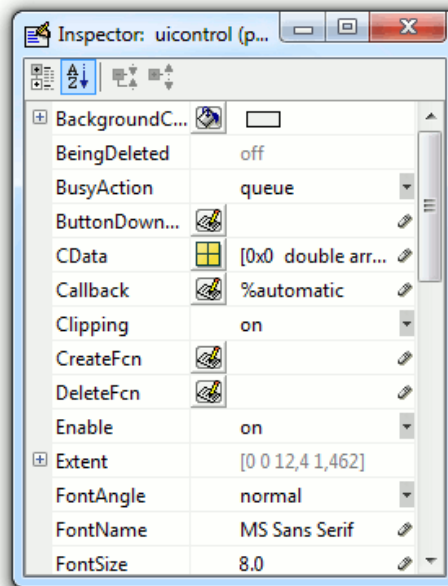


Figure II.3 : l'inspecteur de propriété.

Le GUIDE possède également des outils pour gérer l'alignement des objets et pour créer des barres d'outils ou des menus. Une fois l'interface graphique terminée, son enregistrement donne deux fichiers portant le même nom mais dont les deux extensions sont .fig et .m. Le fichier .fig contient la définition des objets graphiques (positions et propriétés). Ce fichier peut être ouvert ultérieurement avec le GUIDE pour modifier les objets graphiques. Le fichier .m contient les lignes de code qui assurent le fonctionnement de l'interface graphique (actions des objets). Ce fichier peut être édité dans l'éditeur de MATLAB 'MATLAB Editor' pour y

ajouter des actions à la main. C'est ce fichier qui doit être lancé par l'utilisateur de l'interface graphique.

Remarque :

Il est possible de programmer une interface graphique entièrement à la main sous MATLAB. Bien que cette seconde méthode semble beaucoup moins intuitive que celle utilisant le GUIDE.

II.3. Présentation générale de l'interface ClimBâtim

L'évaluation des apports thermiques des bâtiments afin de dimensionner les installations de climatisation est une tâche très complexe et qui prend beaucoup de temps. C'est pour cette raison qu'on a décidé de créer cette interface qui facilite les calculs, tout en consommant moins de temps.

L'interface ClimBâtim fonctionne sous Windows, elle est écrite en langage MATLAB et assure l'automatisation des tâches de calcul selon la réglementation thermique Algérienne D.T.R. C3-4. Elle se base lors de ses calculs sur le principe de décomposition de la structure du bâtiment en sous éléments (Enveloppe, Espace) représentant le projet à créer (Voir la Figure II.4).

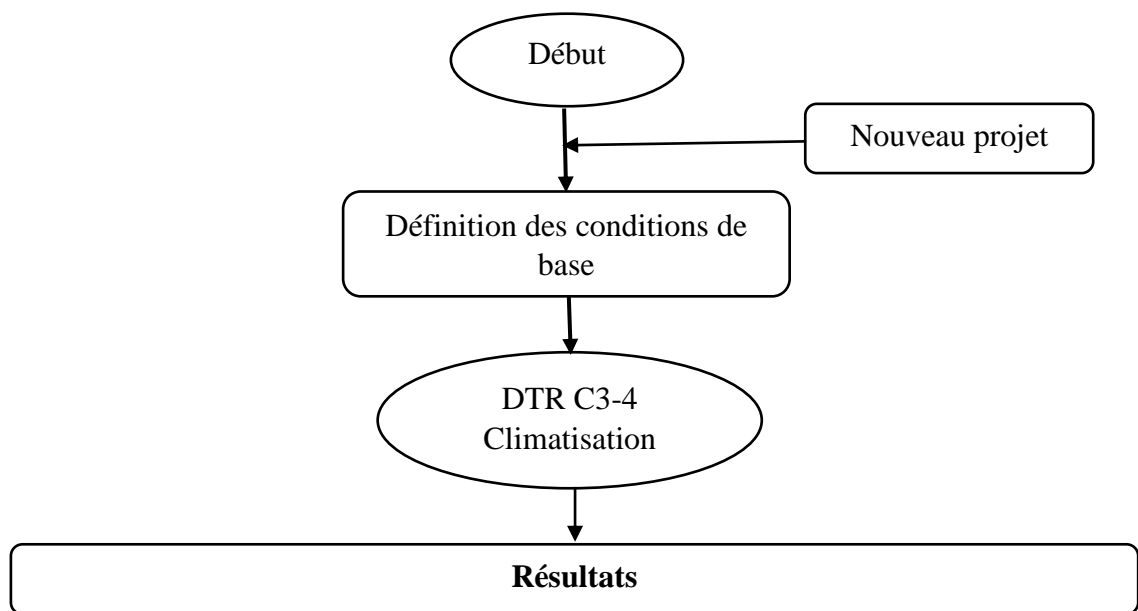


Figure II.4 : Organigramme général du processus de calcul de l'interface ClimBâtim.

ClimBâtim prend en considération et ne se limite pas aux informations suivantes :

- Le niveau d'altitude où est situé le bâtiment,
- La commune où est situé le bâtiment,
- Les conditions de température intérieure,
- L'inclinaison des parois (opaques/vitrées) entre la position horizontale et verticale,
- La position réelle des parois (opaques/vitrées) par rapport au soleil (Ensoleillée /ombrée),
- Parois, ouvrants, protections solaires,
- Eclairage..., etc.

ClimBâtim se présente fondamentalement par des boîtes de dialogues recevant des commandes.

II.3.1. Donnée de base

ClimBâtim sous sa version actuelle est destiné aux calculs des apports calorifiques de tous les bâtiments qui se trouvent dans tous les lieux géographiques de la Wilaya de M'Sila.

ClimBâtim intègre une bibliothèque de données importante comportant toutes les informations éditées par le D.T.R. C 3-4 concernant la détermination des apports calorifiques, à savoir ; les données thermiques sur les matériaux et les éléments constructifs (blocs, panneaux...) pour la création de parois composites, zones climatiques de la wilaya de M'Sila, conditions extérieures base pour chaque zone climatique, conditions intérieures de base, valeurs du rayonnement de base pour chaque zone, valeurs des coefficients d'échange superficiel en fonction de l'inclinaison de la paroi et de la nature du milieu avec qui elle est en contact, etc.

II.3.2. Processus de calcul

Le processus de calcul est répété pour chaque local à climatiser du projet étudié. Il consiste à calculer les apports calorifiques à n'importe quelle commune de M'Sila pour les mois de juillet, août et septembre. Ces gains sont donnés en fonction de l'heure solaire du lieu considéré. Ils prennent en compte, les apports par parois opaques et vitrées, les apports internes et les apports dus à l'air extérieur.

II.4. Présentation visuelle de l'interface ClimBâtim

Dans ce qui suit, on présente une vue d'ensemble des différentes boites de dialogue que propose l'interface ClimBâtim afin de se familiariser avec elle.

II.4.1. Menu principal

La première page 'Page d'accueil' de notre interface ClimBâtim est présentée sur la Figure II.5, elle comporte des informations sur son objectif et ses concepteurs. Sur cette page, l'utilisateur peut accéder aux fonctions suivantes :

- L'icône Nouveau projet : permet d'ouvrir un nouveau projet,
- L'icône Ouvrir : permet d'ouvrir un fichier de projet existant,
- L'icône Aide : présente toutes les informations et aides aboutissant à la bonne exécution de l'interface ClimBâtim,
- L'icône Sommaire de climatisation : Liste les divers apports calorifiques à prendre en considération.



Figure II.5 : Page de démarrage de l'interface graphique ClimBâtim.

II.4.2. Menu Démarrer

L'icône Démarrer, une fois actionnée permet d'accéder à la page de renseignements des données géographiques et climatiques du projet ainsi qu'aux conditions à maintenir à l'intérieur du bâtiment (voir la Figure II.6).



Figure II.6 : Fenêtre Démarrer de l'interface ClimBâtim.

II.4.3. Fenêtre de renseignements

Une fois cliquée sur l'icône démarré, la fenêtre suivante (Figure II.7) apparaît. Elle comporte trois panneaux décrits comme suit :

- Le premier regroupe toutes les informations concernant le projet à savoir ; le nom du

projet, la wilaya, la commune, la zone climatique, le mois d'été, la latitude et l'altitude où se situe le bâtiment.

Figure II.7 : Capture de l'interface relative à la page de renseignements

Sur le panneau : données, il suffit juste d'introduire la commune de la wilaya de M'Sila, pour que toutes les autres informations apparaissent puisqu'elles sont intégrées dans la bibliothèque de l'interface.

- Le deuxième est relatif aux conditions intérieures de base à savoir ; la température sèche de base (°C) et l'humidité spécifique de base (g de vapeur d'eau/kg d'air sec). A noter que les valeurs de ces deux paramètres sont intégrées dans la bibliothèque de l'interface suivant les recommandations du D.T.R. C3-4.

- Le troisième est relatif aux conditions extérieures de base à savoir ; la température sèche de base (°C), l'humidité spécifique de base (g de vapeur d'eau/kg d'air sec), la température sèche moyenne (°C) et l'écart diurne de base (°C). A noter que les valeurs de ces quatre paramètres sont intégrées dans la bibliothèque de l'interface suivant les zones climatiques. L'utilisateur n'a pas à saisir ces données.

Après validation, le projet en cours est enregistré dans une table de données et la fenêtre des apports calorifiques apparaît.

II.4.4. Fenêtre des apports calorifiques

La fenêtre des apports calorifiques permet les opérations suivantes :

- Ajouter les apports des parois opaques aériennes (Mur/Toiture/Porte) ;
- Ajouter les apports des parois opaques intérieures (en contact avec : deux locaux climatisés/ un local non climatisés/ en contact avec le sol) ;
- Ajouter les apports des parois vitrées ;

- Ajouter les apports internes dus aux occupants, aux équipements électriques et à l'éclairage ;
- Ajouter d'autres apports internes : autre installation et autres apports ;
- Afficher les résultats de calculs.

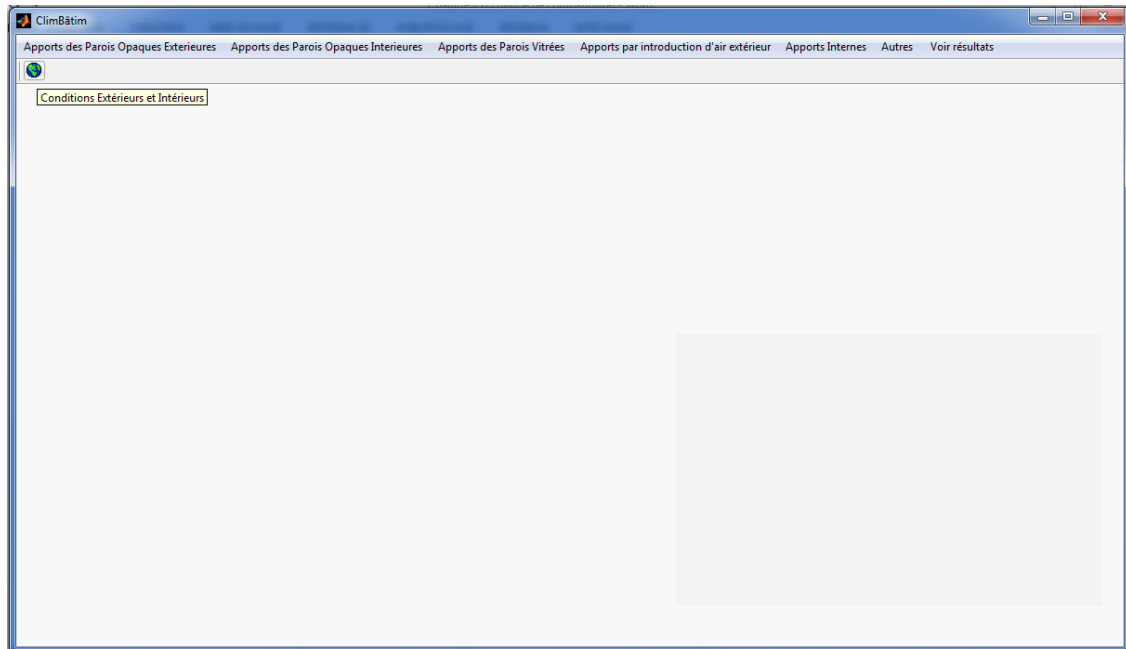


Figure.II.8 : Fenêtre des apports calorifiques.

II.4.5. Fenêtre des apports à travers les parois opaques aériennes

Cette fenêtre permet de calculer les apports calorifiques à travers les parois extérieures à savoir ; les murs verticaux, les toitures et les portes (voir la Figure II.8). L'utilisateur doit introduire les paramètres suivants : Orientation de la paroi, sa surface, sa masse surfacique et sa couleur. Les autres paramètres s'affichent automatiquement grâce à la bibliothèque intégrée à cette interface. Le $K_{été}$, Δte , et l'apport calorifique de la paroi sont calculés par ClimBâtîm.

Figure II.9 : Fenêtre de calcul des apports calorifiques à travers les parois opaques aériennes.

II.4.6. Fenêtre des apports à travers les parois opaques intérieures

La Figure II.9 représente la boîte de dialogue de ClimBâtîm relative au calcul des apports à travers les parois opaques intérieures. Cette dernière regroupe les parois en contact avec un local conditionné et non conditionné et les parois en contact avec le sol (plancher). Cette interface est semi-automatique car elle y intègre une large bibliothèque, il suffit de saisir peu de paramètres afin de calculer les apports calorifiques.

Figure II.10 : Fenêtre de calcul des apports calorifiques à travers les parois opaques intérieures.

II.4.7. Fenêtre des apports à travers les parois vitrées

La Figure II.10 représente la boîte de dialogue de ClimBâtîm relative au calcul des apports à travers les parois vitrées que se soient intérieures ou extérieures. Ces apports sont constitués d'apports par transmission et par rayonnement. Une autre fois peu de paramètres sont à saisir

par l'utilisateur (type de vitre, surface des ouvrants, nature de l'atmosphère, orientation et masse surfacique des ouvrants) afin de calculer les apports calorifiques à travers les parois vitrées.

Figure II.11 : Fenêtre de calcul des apports calorifiques à travers les parois vitrées.

II.4.8. Fenêtre des apports dus à l'introduction d'air extérieur

La fenêtre des apports dus à l'introduction d'air extérieur (Figure II.11) affiche le panneau qui résume les apports dus à l'introduction d'air extérieur dans le local, on y retrouve toutes les cases (à remplir ou dont les valeurs s'affichent automatiquement) qui permettent de définir les différents paramètres qui y sont nécessaires.

Figure II.12 : Fenêtre de calcul des apports calorifiques dus à l'introduction d'air.

II.4.9. Fenêtre des apports internes dus aux occupants

La Figure II.12 représente la boîte de dialogue de ClimBâtîm relative au calcul des apports internes dus aux occupants. L'utilisateur doit introduire le nombre d'occupants, choisir leur niveau d'activité et la destination du local pour déterminer l'apport du aux occupants.

The image shows a software dialog box titled "Apports dus aux Occupants". It features a blue background and contains the following elements:

- A text input field for "TSb,i [°C]".
- A green slider control for "Nombre d'occupants" with left and right arrow buttons.
- A dropdown menu for "Niveau d'activité" with the text "choisir le degré d'activité :".
- A green dropdown menu for "Local d'application".
- Two sub-dialogs: "Apports Sensibles" with a text box for "A.I_s" and "Apports Latents" with a text box for "A.I_l".
- Three buttons at the bottom: "Annuler", "OK", and "Ajouter".
- A text box for "Al_occup Total [kW]" on the right side of the bottom row.

Figure II.13 : Fenêtre de calcul des apports calorifiques internes dus aux occupants.

II.4.10. Fenêtre des apports internes dus aux équipements électriques et à gaz

La Figure II.13 représente la boîte de dialogue de ClimBâtîm relative au calcul des apports internes dus aux équipements que se soient à gaz ou électriques. L'utilisateur doit introduire le type et le nombre d'appareils à gaz et de machines électriques pour que l'interface calcul et affiche les apports calorifiques relatifs à ces équipements. Concernant les machines entraînées par moteurs électriques, l'utilisateur doit introduire la puissance nominale, et le rendement du moteur électrique et préciser son emplacement par rapport au local.

Figure II.14 : Fenêtre de calcul des apports calorifiques internes dus aux équipements électriques et à gaz.

II.4.11. Fenêtre des apports internes dus à l'éclairage

La Figure II.14 représente la boîte de dialogue de ClimBâtîm relative au calcul des apports internes dus à l'éclairage. L'utilisateur doit introduire le type et le nombre de lampes, la destination du locale et sa surface éclairée, pour déterminer l'apport du à l'éclairage.

Figure II.15 : Fenêtre de calcul des apports calorifiques internes dus à l'éclairage.

II.4.12. Fenêtre des apports internes dus à d'autres installations

La fenêtre des apports par tuyauteries et conduits d'air sont regroupés sous l'icône Autres dans la barre des menus des apports calorifiques (Figure II.15). On y retrouve toutes les cases (à remplir ou dont les valeurs s'affichent automatiquement) qui permettent de définir les différents paramètres qui y sont nécessaires.

The image shows two side-by-side calculation windows. The left window, titled 'Apports par les Tuyauteries', contains the following fields: 'Type de Tuyauterie' (dropdown menu), 'K [W / m]' (text input), 'Ecart de T° [°C]' (text input), 'dT° ?' (dropdown menu), 'Longueur [m]' (text input), 'Diamètre extérieur [mm]' (text input), 'D ?' (dropdown menu), 'Epaisseur de Calorifuge [cm]' (text input), 'e ?' (dropdown menu), and 'A.I.Tuyauteries [kW]' (text input). The right window, titled 'Apports par les conduits d'air', contains: 'TSb,i [°C]' (text input with value 24), 'T° d'air dans la conduits [°C]' (text input), 'Longueur [m]' (text input), 'K_globale [W / m².°C]' (text input), and 'A.I.C.A [kW]' (text input). Both windows have 'Annuler' and 'Calculer' buttons. At the bottom of the entire interface are 'Annuler' and 'OK' buttons.

Figure II.16 : Fenêtre de calcul des apports calorifiques internes dus à d'autres installations.

II.4.13. Fenêtre d'autres apports internes

La fenêtre des apports par évaporation, par vapeur vive et dus aux réservoirs d'eau sont aussi regroupés sous l'icône Autres dans la barre des menus des apports calorifiques (Figure II.16). On y retrouve toutes les cases (à remplir ou dont les valeurs s'affichent automatiquement) qui permettent de définir les différents paramètres qui y sont nécessaires.

The image shows three calculation windows side-by-side. The left window, 'Apports Evaporation', has: 'Température de l'eau [°C] : T° ?' (dropdown menu), 'Condition ambiante' (text input), 'Gains latents [W/m²]' (text input), 'Surface [m²]' (text input), and 'A.I.E [kW]' (text input). The middle window, 'Apports Réservoirs', has: 'TSb,i [°C]' (text input), 'T_liquide [°C]' (text input), 'Surface globale [m²] : ' (text input), 'K_globale [W / m².°C] : ' (text input), and 'A.I.R [kW]' (text input). The right window, 'Apports Vapeur vive', has: 'TSb,i [°C]' (text input), 'T_vap [°C]' (text input), 'qm_vap [Kg / h]' (text input), 'A.I.V.V_sen [W]' (text input), 'A.I.V.V_lat [W]' (text input), and 'A.I.V.V_tot [kW]' (text input). Each window has 'Annuler' and 'Calculer' buttons. At the bottom are 'Annuler' and 'OK' buttons.

Figure II.17 : Fenêtre de calcul d'autres apports calorifiques internes.

II.4.14. Fenêtre d'affichage des résultats

Une fenêtre est consacrée à l'affichage de tous les apports calculés en plus des données relatives au projet de calcul dans une fiche récapitulative (voir la Figure II.17).

Nom et Prénom		OUADADI AISSA : ouadadi16.6@gmail.com , LASFAR KHALATI : lasfarkhalati1991@gmail.com					
Identification du local							
Commune	Bou Saada	Condition Extérieur			Condition Intérieur		
Altitude	< 500	TSb,e (°C)	44		TSb,i (°C)	24	
Mois	Juillet	HSb,e (g vap./kg a.s.)	6.5		HRb,i (%)	45	
Position		Paroi Opaque Extérieur			Paroi Vitrée	Apports Total	
Désignation de paroi	Orientation	A.mur (kW)	A.Toit (kW)	A.Port (kW)	APV (kW)	APO.Ext Total (kW)	
Paroi Verticale	N						
	NE						
	E						
	SE						
	S						
	SO						
	O						
NO							
Paroi Horizontale	Horizontal					APV Total (kW)	
						OK	
Paroi Opaque Intérieur		Apports Total			Introduction d'air		
Désignation de paroi	Contact avec	APO-Int (kW)		APO-Int Total (kW)		A.Infil.Total (kW)	
Paroi Verticale	2 L.C.						
	2 L.N.C.						
Paroi Horizontale	2 L.C.						
	2 L.N.C.						
	Sol			OK		A.Ren.Total (kW)	
					OK		
Les Equipements		Les Installations			Les Occupants		
A.I.A.G (kW)		A.I.Eclair. (kW)			Apports Occu.Total (kW)		
A.I.M.E (kW)		A.I.Tuyau. (kW)					
A.I.M.E.M.E (kW)		A.I.C.A (kW)					
A.I.E (kW)		A.Ins.Tot (kW)					
A.I.R (kW)		OK					
A.V.V (kW)							
OK	A.Equ.Tot (kW)						
		OK			Apports Total (kW)		
Voir Graphique		HQE		Rs. relative		OK	

Figure II.18 : Fenetre d'affichage des résultats de calcul.

II.5. Conclusion

Ce chapitre nous a permis de connaître la manière de concevoir une interface graphique sous MATLAB qui nous a servis de support pour réaliser l'interface ClimBâtîm destinée aux calculs des apports calorifiques à n'importe quel endroit dans la wilaya de M'sila.

Il nous a permis aussi de survoler ses différentes fonctionnalités.

Chapitre III

Validation de l'interface ClimBâtim

III.1. Introduction

Ce chapitre, comme son nom l'indique, illustre le pragmatisme des règles mises en avant aux chapitres I précédents. La validation de l'interface développée par un exemple concret est une étape nécessaire pour toute interface récente.

On traite l'application d'un point de vue transcription du problème posé dans l'environnement de l'outil. On présente d'abord une description des conditions de base qui entourent le cas d'exemple pris puis les différentes descriptions du bâtiment (géométrique, constructive) pour enfin lancer le calcul de ses apports calorifiques.

III.2. Description géographique du projet d'étude

Dans cette partie on a décidé de prendre le bâtiment collectif du projet des 500 logements de Bou Saada qui se compose de 4 étages en plus du rez de chaussée comme un objet d'étude, ce bâtiment se situe dans la wilaya de M'Sila à Bou Saada qui se trouve dans la zone D1. Sa latitude est de 35.21° et son altitude est 560 m.

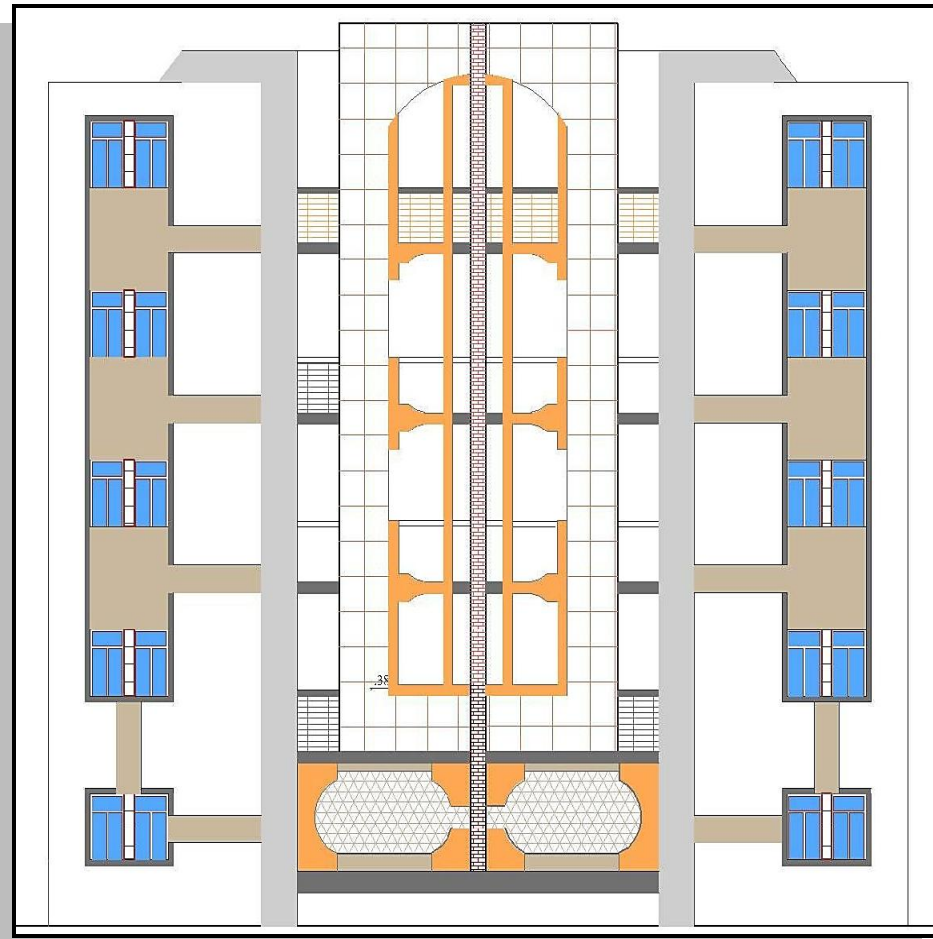


Figure III.1 : Façade principale du bâtiment à étudier

III.3. Description géométrique du projet d'étude

On a choisi de vérifier la validité de notre interface par l'étude d'un seul logement F3 de hauteur 2,88 m qui se trouve dans le premier étage. Ce dernier se compose de trois (03) chambres principales plus cuisine. A noter que chaque étage se compose de deux logements identiques un à gauche et l'autre à droite (voir la Figure III.2).

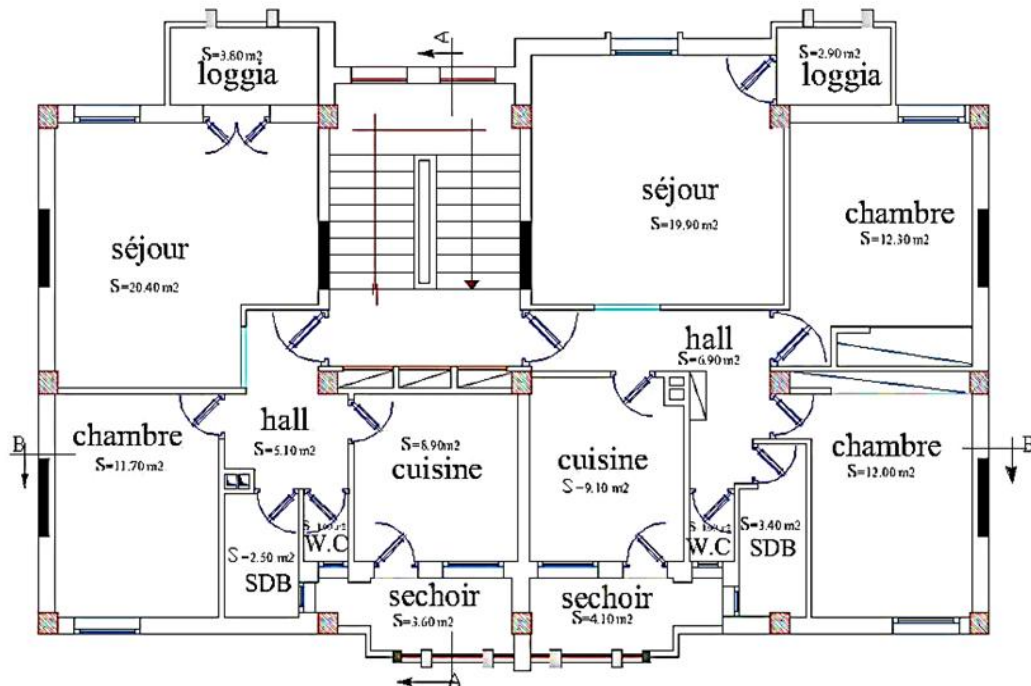


Figure III.2 : Plan d'étage courant du bâtiment d'étude.

Le tableau III.1 regroupe les informations nécessaires au calcul des apports calorifiques du logement choisi.

Tableau III.1 : Informations géométriques du logement choisi.

Paroi	Orientation	Surface total (m ²)	Type ouverture	Nombre ouvertures	Surface ouverture (m ²)	Surface net (m ²)
Mur en double cloison	Nord	21.744	Fenêtre (OI)	2	3.84	17.904
Mur en double cloison	Est	23.76	Fenêtre coulissante	2	3.6	20.16
Mur en double cloison	Sud	8.352	Fenêtre (OI)	1	3.84	4.512
Mur en double cloison	Ouest	0	Vasistas	1	0.1225	0.1225
Plancher haut (dalle en corps creux)	Haut	44.035	Aucune	0	0	44.035
Plancher bas (dalle en corps creux)	Bas	44.035	Aucune	0	0	44.035

III.4. Description constructive du projet d'étude

L'étage retenu pour cette étude se compose d'un noyau central en béton armé, de poutres et de poteaux supportant les planchers lourds. Les façades sont en maçonnerie en double cloison avec des revêtements des deux coté (intérieur et extérieur) en enduit.

III.4.1. Mur

Les murs extérieurs sont en maçonnerie en double cloison séparée d'une lame d'air de 5 cm, chaque cloison est en brique creuse à 10 trous revêtues de chaque côté d'un enduit de 2 cm d'épaisseur. L'enduit du côté extérieur est un enduit en mortier et celui du coté intérieur est un enduit en plâtre (voir la Figure III.3).

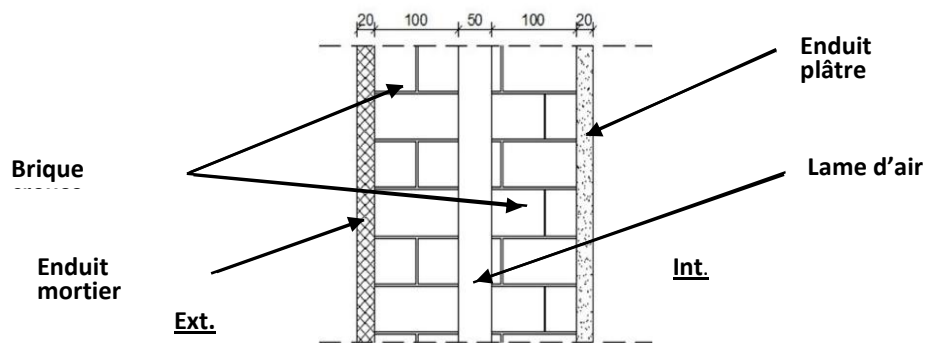


Figure III.3 : Composition du mur extérieur en double cloison.

Les murs intérieurs sont en maçonnerie en brique creuse à 10 trous revêtus de chaque côté d'un enduit de 2 cm d'épaisseur. L'enduit du côté intérieur est un enduit en plâtre.

III.4.2. Plancher

III.4.2.1. Plancher Bas

Le plancher bas est formé d'une dalle flottante composée d'une couche de carrelage de 3 cm d'épaisseur, d'une couche de 5 cm de mortier en béton armée et d'une couche de 10 cm en béton armée et de trillée soudée qui repose sur une couche hérissonnée de 15 cm composée de pierres sèches compactés comme illustré sur la Figure III.4.

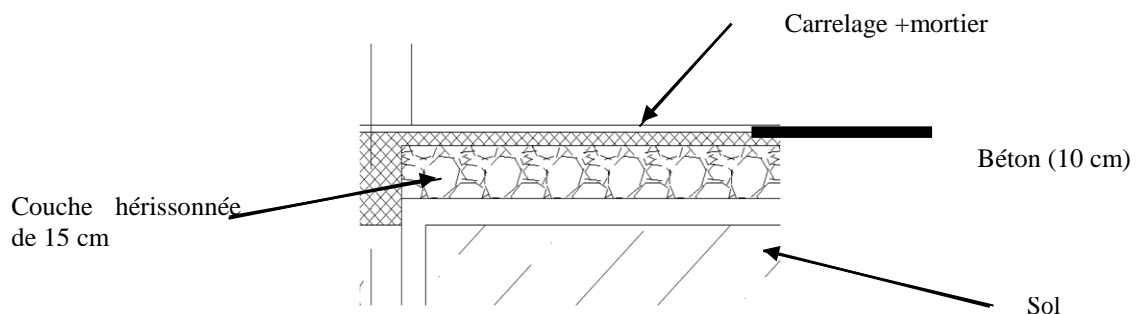


Figure III.4 : Plancher Bas.

III.4.2.2. Plancher Haut

Le plancher haut est constitué d'une dalle en corps creux de 16 cm en plus d'une chape en béton de 5cm et d'une couche d'enduit en plâtre de 2 cm.

III.4.3. Menuiserie

III.4.3.1. Fenêtres

Les fenêtres utilisées sont des fenêtres simples à double vantaux en bois ayant 1.6 m de largeur et 1.20 m de hauteur.

III.4.3.2. Portes

Les portes sont en bois de 2 m de haut pour 0,90 m de largeur. La porte principale d'accès au bâtiment est une porte en acier de 1.8 m de largeur par 2.2 m de hauteur.

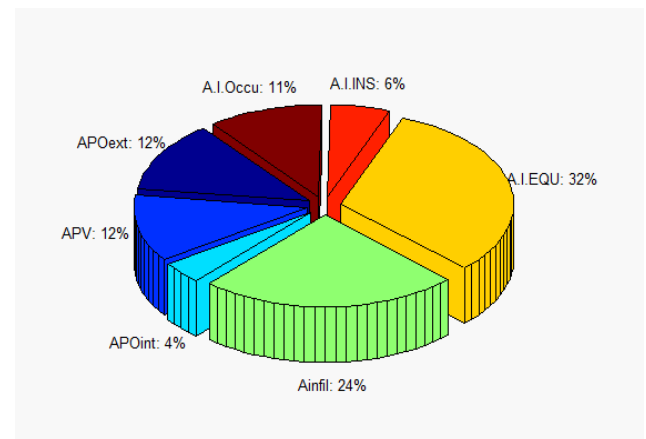
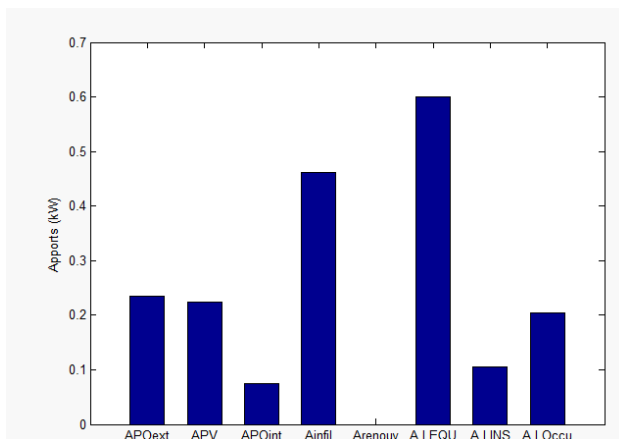
III.4.4. Occupation

On considère que le nombre maximum de personnes est de deux personnes présentes par local. Elles sont supposées avoir des activités modérées.

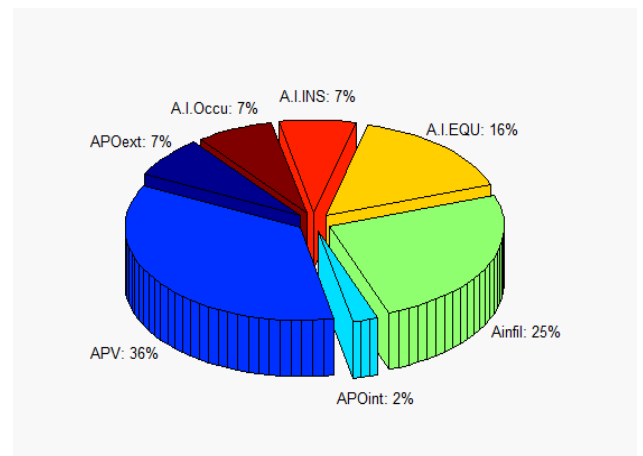
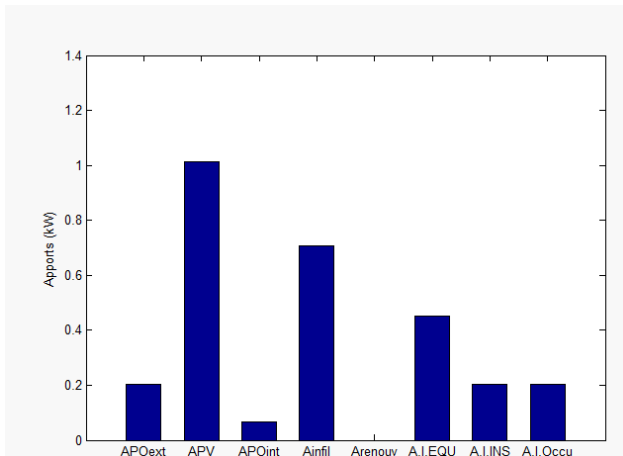
III.5. Résultats obtenus par l'interface ClimBâtim

Les premiers résultats de calcul relatifs à chaque chambre sont schématisés par les histogrammes et les secteurs suivants (Figure III.5) :

- **Salle de séjour**



• **Chambre N° 01**



• **Chambre N° 02**

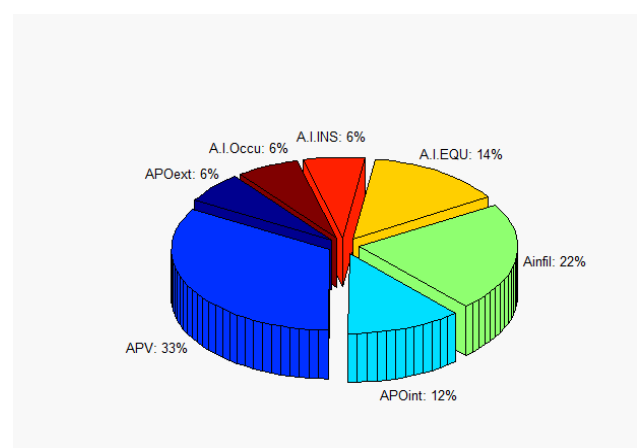
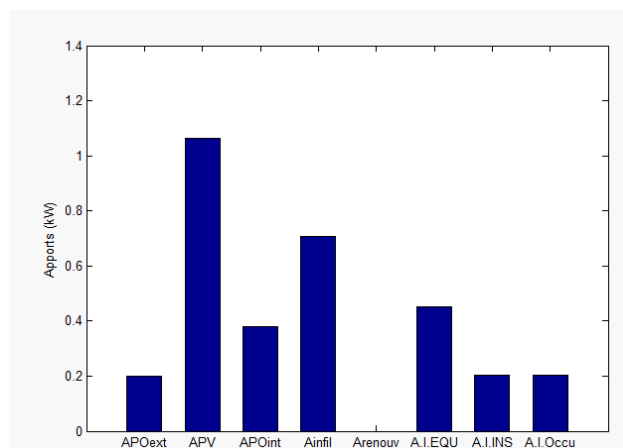


Figure III.5 : Différents apports calorifiques des trois chambres principales du logement d'étude.

Les secteurs montrent l'apport relatif par rapport à l'apport total de chaque gain calculé (Apport par paroi vitrée, opaque, dû aux occupants..., etc.) et ce pour chaque local.

On constate d'après la figure III.5 que la contribution des différents apports varie d'une pièce à l'autre.

Pour tout le logement (salle de séjour + deux chambres), on a le secteur suivant (Figure III.6) qui montre la contribution de chaque gain dans l'apport calorifique totale.

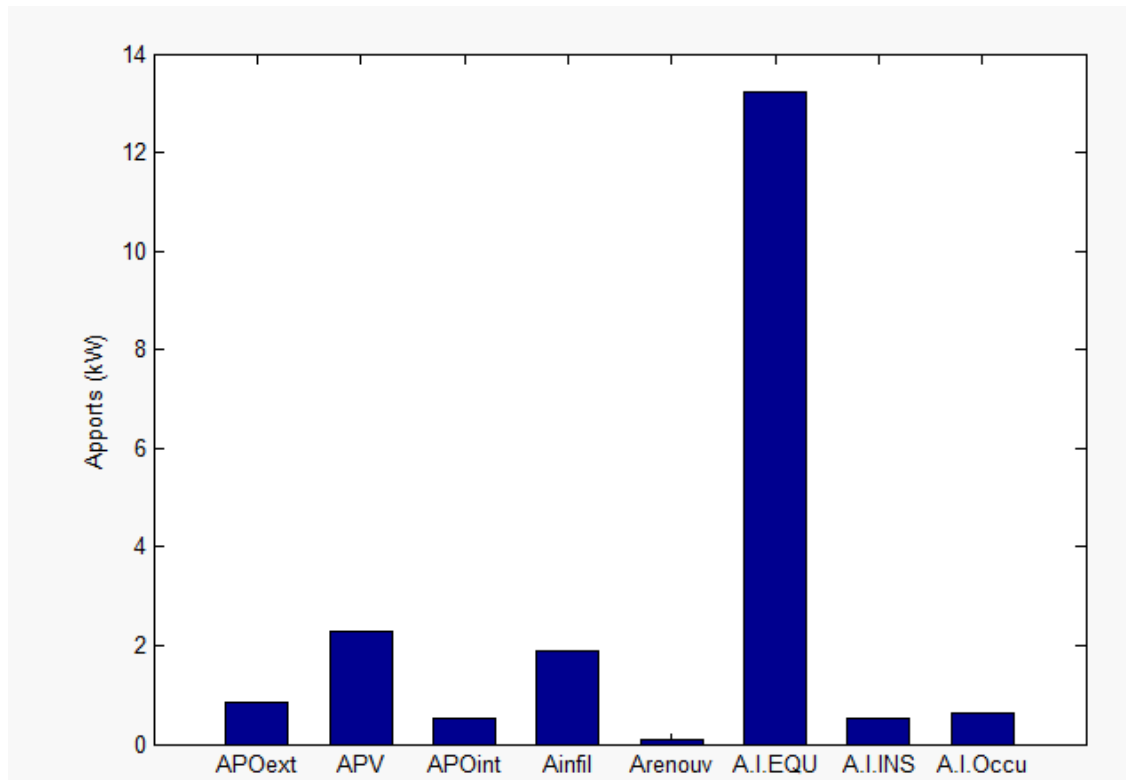


Figure III.6 : Différents apports calorifiques du logement d'étude.

Les fiches récapitulatives suivantes (Figure III.7, III.8, III.9 et III.10) montrent en détail les résultats de calculs pour chaque pièce du logement d'étude.

Nom et Prénom		OUADADI AISSA : ouadadi16.6@gmail.com , LASFAR KHALATI : lasfarkhalati1991@gmail.com						
Identification du local		Séjour						
Commune	Bou Saada	Condition Extérieur			Condition Intérieur			
Altitude	< 1000	TSb,e (°C)	39.5		TSb,i (°C)	24		
Mois	Juillet	HSb,e (g vap./kg a.s.)	8.5		HRb,i (%)	45		
Position		Paroi Opaque Extérieur			Paroi Vitrée	Apports Total		
Désignation de paroi	Orientation	A.mur (kW)	A.Toit (kW)	A.Port (kW)	APV (kW)	APO.Ext Total (kW)		
Paroi Verticale	N	0.12084	0	0	0.22397	0.23551		
	NE	0	0	0	0			
	E	0	0	0.11467	0	APV Total (kW)		
	SE	0	0	0	0	0.22397		
	S	0	0	0	0			
	SO	0	0	0	0			
	O	0	0	0	0			
NO	0	0	0	0				
Paroi Horizontale	Horizontal	0			0	OK		
Paroi Opaque Intérieur		Apports Total			Introduction d'air			
Désignation de paroi	Contact avec	APO-Int (kW)		APO-Int Total (kW)		A.Infil.Total (kW)		
Paroi Verticale	2 L.C.	0		0.07425		0.461992		
	2 L.N.C.	0.07425						
Paroi Horizontale	2 L.C.	0		OK		A. Ren.Total (kW)		
	2 L.N.C.	0				0		
	Sol	0						
Les Equipements		Les Installations			Les Occupants			
A.I.A.G (kW)	0	A.I.Eclai. (kW)	0.1048		Apports Occu.Total (kW)			
A.I.M.E (kW)	0.6	A.I.Tuyau. (kW)	0		0.204			
A.I.M.E.M.E (kW)	0	A.I.C.A (kW)	0					
A.I.E (kW)	0	A.Ins.Tot (kW)	0.1048					
A.I.R (kW)	0	OK						
A.V.V (kW)	0	OK		Apports Total (kW)		1.90452		
OK	A.Equ.Tot (kW)	0.6						
Voir Graphique		HQE		Rs. relative		OK		

Figure III.7 : Fiche récapitulative de la salle de séjour.

Nom et Prénom		OUADADI AISSA : ouadadi16.6@gmail.com , LASFAR KHALATI : lasfarkhalati1991@gmail.com					
Identification du local		Chambre N°01					
Commune		Condition Extérieur			Condition Intérieur		
Bou Saada		TSb,e (°C)			TSb,i (°C)		
< 1000		39.5			24		
Mois		HSb,e (g vap./kg a.s.)			HRb,i (%)		
Juillet		8.5			45		
Position		Paroi Opaque Extérieur			Paroi Vitrée		Apports Total
Désignation de paroi		Orientation	A.mur (kW)	A.Toit (kW)	A.Port (kW)	APV (kW)	APO.Ext Total (kW)
Paroi Verticale		N	0.080418	0	0	0.23891	0.203498
		NE	0	0	0	0	
		E	0.12308	0	0	0.77395	
		SE	0	0	0	0	APO.Total (kW)
		S	0	0	0	0	1.01286
		SO	0	0	0	0	
		NO	0	0	0	0	
Paroi Horizontale		Horizontal	0				
Paroi Opaque Intérieur		Apports Total			Introduction d'air		
Désignation de paroi		Contact avec	APO-Int (kW)		APO-Int Total (kW)		A.Infil.Total (kW)
Paroi Verticale		2 L.C.	0		0.066825		0.70764
		2 L.N.C.	0.066825				
Paroi Horizontale		2 L.C.	0		OK		A. Ren.Total (kW)
		2 L.N.C.	0				0
		Sol	0				
Les Equipements		Les Installations			Les Occupants		
A.I.A.G (kW)	0	A.I.Eclai. (kW)	0.2024		Apports Occu.Total (kW) 0.204		
A.I.M.E (kW)	0.45	A.I.Tuyau. (kW)	0				
A.I.M.E.M.E (kW)	0	A.I.C.A (kW)	0				
A.I.E (kW)	0	A.Ins.Tot (kW)	0.2024				
A.I.R (kW)	0	OK					
A.V.V (kW)	0						
OK		A.Equ.Tot (kW)	0.45		Apports Total (kW)		
		OK			2.84722		
Voir Graphique		HQE	Rs. relative	OK			

Figure III.8 : Fiche récapitulative de la chambre n° 1.

Nom et Prénom		OUADADI AISSA : ouadadi16.6@gmail.com , LASFAR KHALATI : lasfarkhalati1991@gmail.com					
Identification du local		Chambre N°02					
Commune	Bou Saada	Condition Extérieur			Condition Intérieur		
Altitude	< 1000	TSb,e (°C)	39.5		TSb,i (°C)	24	
Mois	Juillet	HSb,e (g vap./kg a.s.)	8.5		HRb,i (%)	45	
Position		Paroi Opaque Extérieur			Paroi Vitrée	Apports Total	
Désignation de paroi	Orientation	A.mur (kW)	A.Toit (kW)	A.Port (kW)	APV (kW)	APO.Ext Total (kW)	
Paroi Verticale	N	0	0	0	0	0.200644	
	NE	0	0	0	0		
	E	0.13991	0	0	0.77395	APV Total (kW)	
	SE	0	0	0	0	1.06323	
	S	0.060734	0	0	0.28928		
	SO	0	0	0	0		
	O	0	0	0	0		
	NO	0	0	0	0		
Paroi Horizontale	Horizontal	0			OK		
Paroi Opaque Intérieur		Apports Total			Introduction d'air		
Désignation de paroi	Contact avec	APO-Int (kW)		APO-Int Total (kW)		A.Infil.Total (kW)	
Paroi Verticale	2 L.C.	0		0.379789		0.70764	
	2 L.N.C.	0.379789					
Paroi Horizontale	2 L.C.	0		OK		A. Ren.Total (kW)	
	2 L.N.C.	0				0	
	Sol	0					
Les Equipements		Les Installations			Les Occupants		
A.I.A.G (kW)	0	A.I.Eclai. (kW)	0.2024		Apports Occu.Total (kW)		
A.I.M.E (kW)	0.15	A.I.Tuyau. (kW)	0		0.204		
A.I.M.E.M.E (kW)	0	A.I.C.A (kW)	0				
A.I.E (kW)	0	A.Ins.Tot (kW)	0.2024				
A.I.R (kW)	0	OK					
A.V.V (kW)	0	OK		Apports Total (kW)			
OK	A.Equ.Tot (kW)	0.45		3.2077			
Voir Graphique		HQE		Rs. relative		OK	

Figure III.9 : Fiche récapitulative de la chambre n° 2.

Nom et Prénom OUADADI AISSA : ouadadi16.6@gmail.com , LASFAR KHALATI : lasfarkhalati1991@gmail.com

Identification du local Logement F3

Commune <input type="text"/> Bou Saada	Condition Exterieur		Condition Interieur	
Altitude <input type="text"/> < 1000	TSb,e (°C) <input type="text"/> 39.5	TSb,i (°C) <input type="text"/> 24		
Mois <input type="text"/> Juillet	HSb,e (g vap./kg a.s.) <input type="text"/> 8.5	HRb,i (%) <input type="text"/> 45		

Position		Paroi Opaque Exterieur			Paroi Vitrée	Apports Total
Désignation de paroi	Orientation	A.mur (kW)	A.Toit (kW)	A.Port (kW)	APV (kW)	APO.Ext Total (kW)
Paroi Verticale	N	0.402516	0	0	0.92576	0.84782
	NE	0	0	0.11467	0	
	E	0.2699	0	0	1.06323	APV Total (kW)
	SE	0	0	0	0	
	S	0.060734	0	0	0.28928	2.27827
	SO	0	0	0	0	OK
	O	0	0	0	0	
	NO	0	0	0	0	
Horizontal	Horizontal	0				

Paroi Opaque Interieur		Apports Total	Introduction d'air
Désignation de paroi	Contact avec	APO-Int (kW)	APO-Int Total (kW)
Paroi Verticale	2 L.C.	0	0.520889
	2 L.N.C.	0.520889	
Paroi Horizontale	2 L.C.	0	OK
	2 L.N.C.	0	
	Sol	0	

Introduction d'air	
A.Infil.Total (kW)	1.877272
A. Ren.Total (kW)	0.10717

Les Equipements		Les Installations		Les Occupants	
A.I.A.G (kW)	2.65	A.I.Eclai. (kW)	0.5096	Apports Occu.Total (kW)	
A.I.M.E (kW)	1.2	A.I.Tuyau. (kW)	0		
A.I.M.E.M.E (kW)	0	A.I.C.A (kW)	0	0.612	
A.I.E (kW)	9.3786	A.Ins.Tot (kW)	0.5096		
A.I.R (kW)	0	OK		Apports Total (kW)	
A.V.V (kW)	0	OK			
OK	A.Equ.Tot (kW)	13.2286		19.9816	

Voir Graphique HQE Rs. relative OK

Figure III.10 : Fiche récapitulative du logement d'étude.

III.6. Conclusion

A travers ce chapitre, on a pu vérifier la validité de l'interface graphique réalisée. Les résultats qu'il donne sont identiques à ceux calculés par Excel.

Faute de temps, on n'a pas pu présenter la comparaison entre les résultats donnés par Excel et ceux calculés par l'interface ClimBâtim

Conclusion générale

Conclusion générale

Un bâtiment au sens commun est une construction destinée à servir d'abri ou d'habitat et à protéger des biens et des personnes des conditions météorologiques extérieures. Ce projet intitulé 'Elaboration d'une interface graphique permettant de calculer les apports calorifiques d'un bâtiment en Algérie' nous a permis de retenir les points suivants lors de sa réalisation :

- Le secteur résidentiel en Algérie est à l'origine de 35% de la consommation énergétique finale nationale,
- L'évolution de la consommation en énergie du secteur résidentiel est en hausse continue, du fait même du rythme de croissance du parc de logements et des taux d'équipement des ménages notamment en appareils électrodomestiques et en équipements de chauffage et de climatisation.
- La vie quotidienne dans les bâtiments (chauffage, climatisation...) est à l'origine de près de 25% des émissions de gaz à effet de serre, donc, le secteur du bâtiment est un important contributeur d'émissions de GES (gaz à effet de serre (CO₂)),
- Le DTR C 3-4 établit les règles de calcul des apports calorifiques pour les bâtiments à usage d'habitation.
- L'interface graphique ClimBâtim réalisée assure l'automatisation des tâches de calcul selon la réglementation thermique Algérienne D.T.R. C3-4 et facilite les calculs fastidieux des apports calorifiques des bâtiments surtout pour la Wilaya de M'Sila,
- L'interface graphique ClimBâtim réalisée fonctionnant sous Windows est de manipulation facile,
- L'interface graphique ClimBâtim réalisée intègre une large bibliothèque qui permet l'automatisation des tâches de calcul.
- L'interface graphique ClimBâtim réalisée sert d'outil de formation destiné aux étudiants de Master I énergétique,

Perspectives

Nous comptons améliorer cette première version pour toucher toutes les communes des 48 Wilaya d'Algérie et encourager les bureaux d'étude à utiliser cette interface pour le calcul des apports calorifiques en Algérie afin de rationaliser la consommation énergétique en dimensionnant les équipements nécessaire à la climatisation des locaux.

Bibliographie

Bibliographie

- [1] (TOUIL Abdessalam & MERGHACHE Souad), Au sujet de l'efficacité énergétique -vers des bâtiments moins énergivores-, mémoire de master, Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen 2016/2017.
- [2] Revue de l'Agence Nationale pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'Energie, 'Consommation Energétique Finale de l'Algérie Chiffres clés Année 2005' APRUE, édition 2007. <http://www.aprue.org.dz/documents/consommation-energetique.pdf>
- [3] [https://fr.wikipedia.org/wiki/B%C3%A2timent_\(construction\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/B%C3%A2timent_(construction)), 08/03/2018.
- [4] Mohamed Aziz Hachemi, Exploitation et programmation informatique des documents techniques réglementaires relatifs aux déperditions thermiques de ventilation des bâtiments, thèse de magistère, Université M'hamed Bougara, Boumerdes, 2011-2012.
- [5] Bulletin trimestriel de l'APRUE « Programme ECO-BAT Signature d'une convention entre l'APRUE et l'OPGI », N° 15 / Juin 2009
- [6] m foura smir 'Simulation des paramètres du confort thermique d'hiver en Algérie', mémoire de doctorat université de Mentouri Constantine 2007-2008.
- [7] Derradji Lotfi, Réglementation thermique algérienne du bâtiment et efficacité énergétique, Conférence Internationale sur l'Efficacité Énergétique et l'Eco-construction en Algérie, 2016.
- [8] Sidi Mohamed Karim & all, 'Réglementation thermique algérienne des bâtiments : Contribution à la définition de nouveaux coefficients réglementaires', Revue française de génie civil (Rev. fr. génie civ.) ISSN 1279-5119 – Source : 2002, vol. 6, n°4, pp. 661-681.
- [9] <https://www.scribd.com/doc/48480380/Donnees-climatiques-de-l-Algerie>
- [10] D.T.R. C 3-4 Règles de calcul des apports calorifiques des bâtiments, Fascicule 2, édition CNERIB, 2005.
- [11] D.T.R. C 3-2 Règles de calcul des déperditions calorifiques des bâtiments, Fascicule 1, édition CNERIB, 2005.
- [12] <http://www.thermexcel.com/french/ressourc/bilanth.htm>, 27/05/2018
- [13] <https://fr.wikipedia.org/wiki/MATLAB>, vue le 02/06/2018
- [14] <https://briot-jerome.developpez.com/matlab/tutoriels/introduction-programmation-interfaces-graphiques/> vue le 29/04/2018

Annexes

Annexe A

1- Classification thermique d'été des communes de M'sila

Les zones climatiques considérées pour la période estival des communes de M'sila sont les suivantes :

- La zone C comprend les haut-plateaux compris entre l'atlas tellien et l'atlas Saharien ;
- La zone D1 comprend le Nord du Sahara, et le Sahara central.

2- Zonage climatique

Le zonage climatique est donné dans le tableau ci-après :

Wilaya	Communes	Zone
28 M'sila	Groupe de Communes 1 : Ain El Hadjel- Beni Ilmane- BirFoda – BoutiSayah – DjebelMessad – El Hamel – El Houamed – Hammam Dhalaa – Maadid – Medjedel – Menaâ – Oulteme – Sidi Aissa – Sidi Ameer – Sidi Hadjeres – Slim – Tamount – Tamsa – Ouanougha.	C
	Groupe de Communes 2 : Toutes les communes autres que celles figurant au groupe de communes 1.	D1

3- Rayonnement total et diffus de base

M'Sila est situé à 35.42 ° Nord de latitude, les valeurs de rayonnement total de base $I_{t,b}$ et diffus de base $I_{d,b}$ sont données par le tableau suivant :

Rayonnement total de base $I_{t,b}$ et diffus de base $I_{d,b}$ (en W/m ²)										
Latitude	Mois	Orientation								
		N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	Horiz.
20°	Juillet	59	435	514	267	44	267	514	435	791
	Août	34	372	520	356	81	356	520	372	788
	Septembre	31	273	514	441	205	441	514	273	733
30°	Juillet	50	413	516	315	94	315	516	413	776
	Août	34	340	520	406	198	406	520	340	741
	Septembre	28	284	498	479	330	479	498	284	668
40°	Juillet	47	400	516	394	217	394	516	400	734
	Août	34	321	511	459	321	459	511	321	675
	Septembre	28	183	470	511	441	511	470	183	577

Annexe B

1- Détermination des valeurs de coefficient correcteur C_{inc} de M'sila

Pour la zone climatique D1 : alt < 500 m

$TS_{b,e} = 44 \text{ °C}$

Cas 1 : les locaux à apports de chaleur interne négligeables tels que les combles non habitables faiblement ou très faiblement ventilés, les vides sanitaires faiblement ou très faiblement ventilés, et les circulations.

Heure	TS_{be}	C_{inc}	TS_{be}	C_{inc}	TS_{be}	C_{inc}
1	46	-1	41	-4	44	- 2,2
2	46	-2	41	-5	44	- 3,2
3	46	-3	41	-7	44	- 4,6
4	46	-4	41	-6	44	- 4,8
5	46	-4	41	-6	44	- 4,8
6	46	-3	41	-6	44	- 4,2
7	46	-3	41	-4	44	- 3,4
8	46	-2	41	-3	44	- 2,4
9	46	0	41	-1	44	- 0,4
10	46	1	41	1	44	1
11	46	3	41	3	44	3
12	46	4	41	5	44	4,4
13	46	6	41	6	44	6
14	46	7	41	7	44	7
15	46	8	41	8	44	8
16	46	9	41	7	44	8,2
17	46	8	41	7	44	7,6
18	46	7	41	6	44	6,6
19	46	7	41	5	44	6,2
20	46	6	41	4	44	5,2
21	46	5	41	3	44	4,2
22	46	4	41	1	44	2,8
23	46	2	41	-1	44	0,8
24	46	1	41	-3	44	-0,6

Cas 2 : les locaux techniques tels que les chaufferies, les centrales de climatisation, etc. ;

Heure	TS_{be}	C_{inc}	TS_{be}	C_{inc}	TS_{be}	C_{inc}
1	46	-14	41	-17	44	-15,2
2	46	-15	41	-18	44	-16,2
3	46	-16	41	-19	44	-17,2
4	46	-17	41	-19	44	-17,8
5	46	-16	41	-19	44	-17,2
6	46	-16	41	-18	44	-16,8
7	46	-16	41	-17	44	-16,4
8	46	-15	41	-15	44	-15
9	46	-13	41	-14	44	-13,4
10	46	-12	41	-12	44	-12
11	46	-11	41	-10	44	-10,6
12	46	-9	41	-8	44	-8,6
13	46	-7	41	-7	44	-7
14	46	-7	41	-6	44	-6,6
15	46	-6	41	-5	44	-5,6
16	46	-5	41	-6	44	-5,4
17	46	-6	41	-7	44	-6,4
18	46	-7	41	-8	44	-7,4
19	46	-7	41	-9	44	-7,8
20	46	-8	41	-10	44	-8,8
21	46	-9	41	-11	44	-9,8
22	46	-10	41	-12	44	-10,8
23	46	-11	41	-14	44	-12,2
24	46	-12	41	-16	44	-13,6

Cas 3 : les locaux non conditionnés d'un logement, les locaux à usage d'enseignement, d'hébergement, de bureaux et de réunion

Heure	TS_{be}	C_{inc}	TS_{be}	C_{inc}	TS_{be}	C_{inc}
1	46	-3	41	-5	44	-3,8
2	46	-4	41	-6	44	-4,8
3	46	-4	41	-7	44	-5,2
4	46	-5	41	-7	44	-5,8
5	46	-5	41	-6	44	-5,4
6	46	-5	41	-6	44	-5,4
7	46	-4	41	-5	44	-4,4
8	46	-3	41	-3	44	-3

Annexe B

9	46	-2	41	-3	44	-2,4
10	46	-1	41	-1	44	-1
11	46	0	41	1	44	0,4
12	46	2	41	3	44	2,4
13	46	3	41	4	44	3,4
14	46	4	41	4	44	4
15	46	4	41	5	44	4,4
16	46	5	41	4	44	4,6
17	46	4	41	3	44	3,6
18	46	4	41	3	44	3,6
19	46	3	41	2	44	2,6
20	46	2	41	1	44	1,6
21	46	1	41	0	44	0,6
22	46	1	41	-2	44	-0,2
23	46	-1	41	-3	44	-1,8
24	46	-2	41	-4	44	-2,8

Cas 4 : les locaux à usage artisanal, de restauration, de vente et les cuisines collectives.

Heure	TS _{be}	C _{inc}	TS _{be}	C _{inc}	TS _{be}	C _{inc}
1	46	-4	41	-6	44	-4,8
2	46	-4	41	-7	44	-5,2
3	46	-5	41	-7	44	-5,8
4	46	-6	41	-7	44	-6,4
5	46	-5	41	-7	44	-5,8
6	46	-5	41	-6	44	-5,4
7	46	-4	41	-5	44	-4,4
8	46	-3	41	-3	44	-3
9	46	-7	41	-7	44	-7
10	46	-6	41	-6	44	-6
11	46	-5	41	-4	44	-4,6
12	46	-4	41	-3	44	-3,6
13	46	-3	41	-2	44	-2,6
14	46	-2	41	-1	44	-1,6
15	46	-2	41	-1	44	-1,6
16	46	-1	41	-2	44	-1,4
17	46	-2	41	-3	44	-2,4
18	46	-3	41	-3	44	-3
19	46	-3	41	-4	44	-3,4
20	46	-4	41	-6	44	-4,8
21	46	0	41	-1	44	-0,4

22	46	-1	41	-3	44	-1,8
23	46	-2	41	-4	44	-2,8
24	46	-3	41	-5	44	-3,8

Pour les zones climatique C : alt < 1000 m

$$TS_{b,e} = 39.5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Cas 1 : les locaux à apports de chaleur interne négligeables tels que les combles non habitables faiblement ou très faiblement ventilés, les vides sanitaires faiblement ou très faiblement ventilés, et les circulations.

Heure	TS _{be}	C _{inc}	TS _{be}	C _{inc}	TS _{be}	C _{inc}
1	41	-4	37	-3	39,5	-3,625
2	41	-5	37	-4	39,5	-4,625
3	41	-7	37	-5	39,5	-6,25
4	41	-6	37	-6	39,5	-6
5	41	-6	37	-6	39,5	-6
6	41	-6	37	-6	39,5	-6
7	41	-4	37	-5	39,5	-4,375
8	41	-3	37	-4	39,5	-3,375
9	41	-1	37	-3	39,5	-1,75
10	41	1	37	-1	39,5	0,25
11	41	3	37	1	39,5	2,25
12	41	5	37	2	39,5	3,875
13	41	6	37	4	39,5	5,25
14	41	7	37	5	39,5	6,25
15	41	8	37	6	39,5	7,25
16	41	7	37	6	39,5	6,625
17	41	7	37	6	39,5	6,625
18	41	6	37	5	39,5	5,625
19	41	5	37	4	39,5	4,625
20	41	4	37	4	39,5	4
21	41	3	37	3	39,5	3
22	41	1	37	2	39,5	1,375
23	41	-1	37	0	39,5	-0,625
24	41	-3	37	-1	39,5	-2,25

Cas 2 : les locaux techniques tels que les chaufferies, les centrales de climatisation, etc.

Heure	TS _{be}	C _{inc}	TS _{be}	C _{inc}	TS _{be}	C _{inc}
1	41	-17	37	-16	39,5	-16,625
2	41	-18	37	-17	39,5	-17,625

3	41	-19	37	-18	39,5	-18,625
4	41	-19	37	-18	39,5	-18,625
5	41	-19	37	-18	39,5	-18,625
6	41	-18	37	-18	39,5	-18
7	41	-17	37	-18	39,5	-17,375
8	41	-15	37	-16	39,5	-15,375
9	41	-14	37	-15	39,5	-14,375
10	41	-12	37	-14	39,5	-12,75
11	41	-10	37	-12	39,5	-10,75
12	41	-8	37	-11	39,5	-9,125
13	41	-7	37	-9	39,5	-7,75
14	41	-6	37	-8	39,5	-6,75
15	41	-5	37	-8	39,5	-6,125
16	41	-6	37	-7	39,5	-6,375
17	41	-7	37	-8	39,5	-7,375
18	41	-8	37	-8	39,5	-8
19	41	-9	37	-9	39,5	-9
20	41	-10	37	-10	39,5	-10
21	41	-11	37	-11	39,5	-11
22	41	-12	37	-11	39,5	-11,625
23	41	-14	37	-13	39,5	-13,625
24	41	-16	37	-14	39,5	-15,25

Cas 3 : les locaux non conditionnés d'un logement, les locaux à usage d'enseignement, d'hébergement, de bureaux et de réunion

Heure	TS_{be}	C_{inc}	TS_{be}	C_{inc}	TS_{be}	C_{inc}
1	41	-5	37	-4	39,5	-4,625
2	41	-6	37	-5	39,5	-5,625
3	41	-7	37	-6	39,5	-6,625
4	41	-7	37	-6	39,5	-6,625
5	41	-6	37	-6	39,5	-6
6	41	-6	37	-6	39,5	-6
7	41	-5	37	-6	39,5	-5,375
8	41	-3	37	-4	39,5	-3,375
9	41	-3	37	-4	39,5	-3,375
10	41	-1	37	-3	39,5	-1,75
11	41	1	37	-3	39,5	-0,5
12	41	3	37	0	39,5	1,875
13	41	4	37	2	39,5	3,25
14	41	4	37	2	39,5	3,25

15	41	5	37	3	39,5	4,25
16	41	4	37	3	39,5	3,625
17	41	3	37	3	39,5	3
18	41	3	37	2	39,5	2,625
19	41	2	37	2	39,5	2
20	41	1	37	1	39,5	1
21	41	0	37	0	39,5	0
22	41	-2	37	-1	39,5	-1,625
23	41	-3	37	-2	39,5	-2,625
24	41	-4	37	-3	39,5	-3,625

Cas 4 : les locaux à usage artisanal, de restauration, de vente et les cuisines collectives.

Heure	TS_{be}	C_{inc}	TS_{be}	C_{inc}	TS_{be}	C_{inc}
1	41	-6	37	-5	39,5	-5,625
2	41	-7	37	-6	39,5	-6,625
3	41	-7	37	-6	39,5	-6,625
4	41	-7	37	-7	39,5	-7
5	41	-7	37	-6	39,5	-6,625
6	41	-6	37	-6	39,5	-6
7	41	-5	37	-5	39,5	-5
8	41	-3	37	-4	39,5	-3,375
9	41	-7	37	-9	39,5	-7,75
10	41	-6	37	-8	39,5	-6,75
11	41	-4	37	-6	39,5	-4,75
12	41	-3	37	-5	39,5	-3,75
13	41	-2	37	-4	39,5	-2,75
14	41	-1	37	-3	39,5	-1,75
15	41	-1	37	-3	39,5	-1,75
16	41	-2	37	-3	39,5	-2,375
17	41	-3	37	-3	39,5	-3
18	41	-3	37	-4	39,5	-3,375
19	41	-4	37	-5	39,5	-4,375
20	41	-6	37	-6	39,5	-6
21	41	-1	37	-1	39,5	-1
22	41	-3	37	-2	39,5	-2,625
23	41	-4	37	-3	39,5	-3,625
24	41	-5	37	-4	39,5	-4,625

Pour les zones climatique C : alt \geq 1000 m

$TS_{b,e} = 36$ °C

Cas 1 : les locaux à apports de chaleur interne négligeables tels que les combles non habitables faiblement ou très faiblement ventilés, les vides sanitaires faiblement ou très faiblement ventilés, et les circulations.

Heure	TS_{be}	C_{inc}	TS_{be}	C_{inc}	TS_{be}	C_{inc}
1	37	-3	34	-2	36	-2,6666667
2	37	-4	34	-2	36	-3,3333333
3	37	-5	34	-3	36	-4,3333333
4	37	-6	34	-3	36	-5
5	37	-6	34	-3	36	-5
6	37	-6	34	-3	36	-5
7	37	-5	34	-3	36	-4,3333333
8	37	-4	34	-2	36	-3,3333333
9	37	-3	34	-1	36	-2,3333333
10	37	-1	34	-1	36	-1
11	37	1	34	0	36	0,6666667
12	37	2	34	1	36	1,6666667
13	37	4	34	2	36	3,3333333
14	37	5	34	2	36	4
15	37	6	34	3	36	5
16	37	6	34	4	36	5,3333333
17	37	6	34	3	36	5
18	37	5	34	3	36	4,3333333
19	37	4	34	3	36	3,6666667
20	37	4	34	2	36	3,3333333
21	37	3	34	2	36	2,6666667
22	37	2	34	1	36	1,6666667
23	37	0	34	0	36	0
24	37	-1	34	-1	36	-1

Cas 2 : les locaux techniques tels que les chaufferies, les centrales de climatisation, etc. ;

Heure	TS_{be}	C_{inc}	TS_{be}	C_{inc}	TS_{be}	C_{inc}
1	37	-16	34	-14	36	-15,3333333
2	37	-17	34	-15	36	-16,3333333
3	37	-18	34	-15	36	-17
4	37	-18	34	-16	36	-17,3333333
5	37	-18	34	-16	36	-17,3333333

6	37	-18	34	-16	36	-17,333333
7	37	-18	34	-16	36	-17,333333
8	37	-16	34	-15	36	-15,666667
9	37	-15	34	-14	36	-14,666667
10	37	-14	34	-14	36	-14
11	37	-12	34	-13	36	-12,333333
12	37	-11	34	-12	36	-11,333333
13	37	-9	34	-11	36	-9,666667
14	37	-8	34	-11	36	-9
15	37	-8	34	-10	36	-8,666667
16	37	-7	34	-9	36	-7,666667
17	37	-8	34	-10	36	-8,666667
18	37	-8	34	-10	36	-8,666667
19	37	-9	34	-10	36	-9,333333
20	37	-10	34	-11	36	-10,333333
21	37	-11	34	-11	36	-11
22	37	-11	34	-12	36	-11,333333
23	37	-13	34	-13	36	-13
24	37	-14	34	-14	36	-14

Cas 3 : les locaux non conditionnés d'un logement, les locaux à usage d'enseignement, d'hébergement, de bureaux et de réunion.

Heure	TS_{be}	C_{inc}	TS_{be}	C_{inc}	TS_{be}	C_{inc}
1	37	-4	34	-3	36	-3,666667
2	37	2	34	0	36	1,333333
3	37	-6	34	-4	36	-5,333333
4	37	-6	34	-4	36	-5,333333
5	37	-6	34	-4	36	-5,333333
6	37	-6	34	-4	36	-5,333333
7	37	-6	34	-4	36	-5,333333
8	37	-4	34	-3	36	-3,666667
9	37	-4	34	-3	36	-3,666667
10	37	-3	34	-2	36	-2,666667
11	37	-1	34	-2	36	-1,333333
12	37	0	34	-1	36	-0,333333
13	37	2	34	0	36	1,333333
14	37	2	34	0	36	1,333333
15	37	3	34	1	36	2,333333
16	37	3	34	1	36	2,333333
17	37	3	34	1	36	2,333333

Annexe B

18	37	2	34	1	36	1,66666667
19	37	2	34	0	36	1,33333333
20	37	1	34	0	36	0,66666667
21	37	0	34	-1	36	-0,33333333
22	37	-1	34	-1	36	-1
23	37	-2	34	-2	36	-2
24	37	-3	34	-3	36	-3

Cas 4 : les locaux à usage artisanal, de restauration, de vente et les cuisines collectives.

Heure	TS_{be}	C_{inc}	TS_{be}	C_{inc}	TS_{be}	C_{inc}
1	37	-5	34	-4	36	-4,66666667
2	37	-6	34	-4	36	-5,33333333
3	37	-6	34	-4	36	-5,33333333
4	37	-7	34	-5	36	-6,33333333
5	37	-6	34	-4	36	-5,33333333
6	37	-6	34	-4	36	-5,33333333
7	37	-6	34	-4	36	-5,33333333
8	37	-4	34	-3	36	-3,66666667
9	37	-9	34	-8	36	-8,66666667
10	37	-8	34	-7	36	-7,66666667
11	37	-6	34	-7	36	-6,33333333
12	37	-5	34	-7	36	-5,66666667
13	37	-4	34	-6	36	-4,66666667
14	37	-3	34	-6	36	-4
15	37	-3	34	-5	36	-3,66666667
16	37	-3	34	-5	36	-3,66666667
17	37	-3	34	-5	36	-3,66666667
18	37	-4	34	-6	36	-4,66666667
19	37	-5	34	-6	36	-5,33333333
20	37	-6	34	-7	36	-6,33333333
21	37	-1	34	-2	36	-1,33333333
22	37	-2	34	-2	36	-2
23	37	-3	34	-3	36	-3
24	37	-4	34	-3	36	-3,66666667

Annexe C

Organigramme du ClimBâtim

Début

Données

Nom de projet : edit

Destination du projet : edit

Wilaya : popu menu

Latitude : edit

Commune : popu menu

Zone : edit

Altitude : popu menu

Mois : popu menu

Conditions intérieures

TSb,i : popu menu

HSb,i : popu menu

Conditions extérieures

TSb,e :edit

HSb,e :edit

TSm: edit

Eb: edit

Valider : pushbutton

APO : Menu Editor

Pnmur: panel

Pntoi: panel

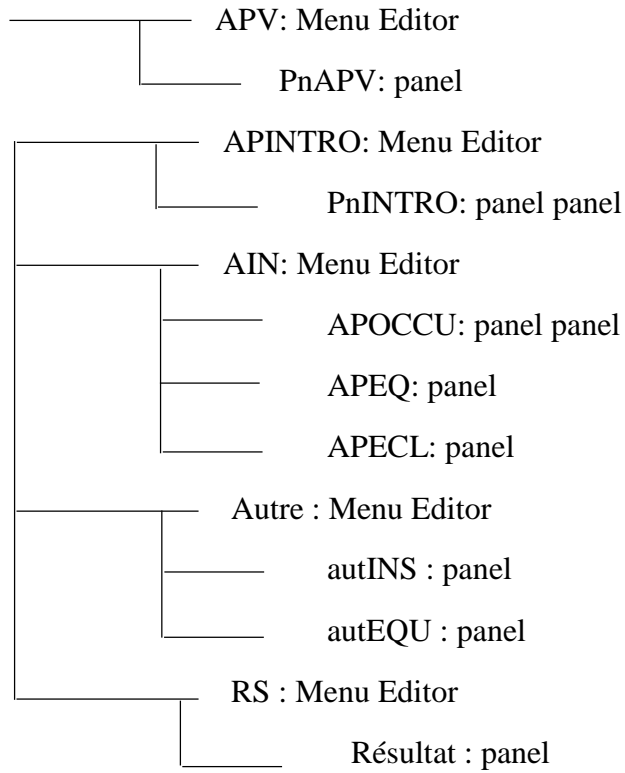
Pnport: panel

APOINT: Menu Editor

PO2C: panel

POIC: panel

PSOL; panel



ملخص

يعتبر تقييم المدخلات الحرارية للمباني لحجم أنظمة تكييف الهواء مهمة معقدة للغاية وتستغرق وقتاً طويلاً. في هذه المذكرة قمنا بتطوير واجهة رسومية "ClimBâtim" والتي تسمح بحساب المساهمات الحرارية للمباني في أي بلدية من ولاية المسيلة. تعمل واجهة ClimBâtim ضمن Windows، وهي مكتوبة بلغة الماتلاب وتتضمن أوتوماتيكياً مهام الحساب وفقاً للتعديلات الحرارية الجزائرية. D.T.R. C3-4 ويستند في حساباته على مبدأ تحلل بنية المبنى إلى عناصر فرعية (المغلف، الفضاء) تمثل المشروع المراد إنشاؤه. ClimBâtim يدمج مكتبة البيانات الهامة التي تحتوي على جميع المعلومات التي نشرتها D.T.R. C 3-4 فيما يتعلق بتحديد المساهمات الحرارية وبالتالي تقليل البيانات المراد حجزها.

الكلمات المفتاحية: مكاسب الحرارة، DTR C 3-4، واجهة المستخدم الرسومية.

Abstract

Evaluation of thermal inputs of buildings in order to size air-conditioning systems is a very complex and takes a lot of time, in this memoir, we have developed a graphic interface "ClimBâtim" which allows calculating the calorific contributions of the buildings being in any town of M'Sila. The interface ClimBâtim works under Windows, it is written in MATLAB language and ensures the automatic calculation according to the Algerian thermal regulation D.T.R. C3-4. It is based in its calculations on the decomposition of the building structure into sub-elements (Envelope, Space) representing the project to be created. ClimBâtim integrates an important data library containing all the information published by D.T.R. C 3-4 concerning the determination of the calorific contributions thus reducing the data, which need to put inside.

Key words: Heat gain, DTR C 3-4, graphical interface.

Résumé

L'évaluation des apports thermiques des bâtiments afin de dimensionner les installations de climatisation est une tâche très complexe et qui prend beaucoup de temps. Dans le présent mémoire nous avons développé une interface graphique « ClimBâtim » qui permet de calculer les apports calorifiques des bâtiments se trouvant à n'importe quelle commune de la Wilaya de M'Sila. L'interface ClimBâtim fonctionne sous Windows, elle est écrite en langage MATLAB et assure l'automatisation des tâches de calcul selon la réglementation thermique Algérienne D.T.R. C3-4. Elle se base lors de ses calculs sur le principe de décomposition de la structure du bâtiment en sous éléments (Enveloppe, Espace) représentant le projet à créer. ClimBâtim intègre une bibliothèque de données importante comportant toutes les informations éditées par le D.T.R. C 3-4 concernant la détermination des apports calorifiques réduisant ainsi les données à saisir.

Mots clés : Apports calorifiques, DTR C 3-4, interface graphique.