

4-720-920-EX-1

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SIENTIFIQUE**

UNIVERSITE DE BLIDA I

INSTISTUT D'ARCHITECTURE ET D'URBANISME



MEMOIRE DE FIN D'ETUDE EN ARCHITECTURE

Pour l'obtention du Diplôme de Master II

Spécialité : Architecture

Option : Architecture et effcience énergétique

SUR LE THEME :

**ETUDE D'EFFICACITE ENERGETIQUE D'UN
BATIMENT RESIDENTIEL MIXTE SITUE A BLIDA PAR
LA SIMULATION THERMIQUE DYNAMIQUE**

Travail réalisé par :

Berrachiche Oum Aimen

Sous l'encadrement de :

Pr : Semmar Djaffar

Année universitaire 2016-2017

REMERCIEMENTS

Je tiens à la fin de ce travail à remercier ALLAH le tout puissant de m'avoir donné la foi et de m'avoir permis d'en arriver là.

J'exprime ma profonde gratitude à tous les professeurs du département des énergies renouvelable de l'université de SAAD DAHLB, pour leur soutien inestimable et leur aide.

Je remercie en particulier mon encadreur, Dr SEMMAR DJAFFAR de m'avoir donné l'opportunité de découvrir un domaine très passionnant et terminer mon cursus de master II

Mes remerciements vont également à mes très chers parents, à ma sœur Assma et mes frères Zeyd, Mohammed, Oussama et Anes pour tous les sacrifices qu'ils ont consentis pour me permettre de poursuivre mes études dans les meilleures conditions possibles et n'avoir jamais cessé de m'encourager tout au long de mes années d'étude.

المخلص

في السنوات الأخيرة شهد قطاع السكن في الجزائر نمواً سريعاً بسبب ارتفاع أسعار المحروقات هذه السكنات لا تخضع لأي متطلبات تنظيمية في مجال الطاقة الحرارية معايير الهندسة و البناء هنا في الجزائر تخضع فقط للمتطلبات العملية و الهندسية ولا يؤخذ الجانب الطاقوي بعين الاعتبار و هذا ما نتج عنه بناء سكنات غير مريحة و مستهلكة للطاقة بسبب الاستخدام المفرط لأنظمة التبريد و التدفئة المكلفة الهدف من هذا العمل هو دراسة تأثير متطلبات الهندسة البيومناخية على استهلاك الطاقة في قطاع السكن

الكلمات المفتاح

المناخ , استهلاك الطاقة, الراحة, التنمية المستدامة , الهندسة البيومناخية , الفعالية الطاقوية.

Abstract

In recent years, the housing sector in Algeria has grown rapidly due to rising fuel prices. These dwellings are not subject to any regulatory requirements in the field of thermal energy. The architectural and construction standards here in Algeria are subject only to functional and structural requirements. The energy aspect is not taken into account, leading to the construction of uncomfortable and energy-intensive homes due to excessive use of heating and conditioning systems .

The aim of this work is to study the impact of bioclimatic architecture parameters on energy consumption and energy efficiency in the housing sector

Key words :

Energy efficiency, Bioclimatic architecture, sustainable development, comfort, energy consumption, climate

Résumé :

Au cours des dernières années, le secteur du logement en Algérie a connu une croissance rapide en raison de la hausse des prix du carburant.

Ces logements ne sont soumis à aucune exigence réglementaire dans le domaine de l'énergie thermique. Les normes d'architecture et de construction ici en Algérie sont soumises uniquement aux exigences fonctionnels et structurels .L'aspect énergétique n'est pas pris en compte, entraînant la construction d'habitations inconfortables et énergivores en raison de l'utilisation excessive de systèmes de chauffage et de climatisation coûteux.

L'objectif de ce travail est d'étudier l'impact des paramètres d'architecture bioclimatique sur la consommation d'énergie et l'efficacité énergétique dans le secteur du logement

Mots clés

Efficacité énergétique , Architecture bioclimatique , développement durable, confort, consommation d'énergie, climat.

TABLE DES MATIERES

Remerciements	i
ملخص	ii
Abstract	ii
Résumé	ii
Table des matières	iii
Introduction général	iv
Chapitre I : Recherche bibliographique et état de l'art	
Introduction	1
I-1 Le Développement durable	1
I-2 Efficacité énergétique	5
I-3 Efficacité énergétique dans le bâtiment	6
I-3.1 Bâtiment à Basse Consommation	6
I-3.2 Bâtiments passives	7
I-3.3 Bâtiments à Zéro énergie	7
I-3.4 Bâtiments à énergie positive	7
I-3.5 Bâtiments bioclimatiques	7
I-3.6 Construction durable	8
I-3.7 Maison écologique	8
I-3.8 Maisons solaires	8
I-4 Architecture bioclimatique	10
I-4.1 Le site	10
I-4.2 L'implantation et l'orientation	12
I-4.3 La compacité et la forme	13
I-4.4 La distribution intérieur	14

I-4.5 Le choix des matériaux de construction et d'isolation	16
I-4.5.1 Critères de choix des matériaux de construction et d'isolation	16
I-4.5.2 Le principe de l'isolation thermique	20
I-4.5.4 Le choix des matériaux	22
I-4.6 La ventilation et l'étanchéité a l'air	22
I-4.6.1 La ventilation naturelle	22
I-4.6.2 La ventilation mécanique	23
I-4.6.3 L' étanchéité à l'air.....	24
I-4.7 Le confort thermique	26
I-4.7.1 Notions de grandeurs physiques de l'environnement thermique	27
I-4.7.2 Le confort thermique et le corps humain	30
I-4.7.3 Echanges thermiques entre le corps humain et son environnement.....	31
I-4.7.4 Le bilan thermique	33
I-4.7.4.1 L'approche analytique	34
I-4.7.4.2 L'approche adaptative	36
I-4.7.5 Stratégies bioclimatiques pour améliorer le confort thermique	38
I-4.7.5.1 Le confort d'hiver (Stratégie du chaud)	38
I-4.7.5.2 Le confort d'été (Stratégie du froid)	40
I-4.8 Vitrage et ouverture	41
I-4.8.1 L'éclairage naturel	41
I-4.8.2 Surfaces vitrées	42
I-4.8.3 L'orientation des surfaces vitrées	43
I-4.8. 4 Typologies des fenêtres	44
I-4.9 Protection solaire	46
I-4.9.1 Les protections mobiles	46
I-4.9.2 Les protections permanentes	46

I-4.9.3 Protection végétal.....	47
I-4.10 Etat de surface et couleur	49
I-4.11 Energie renouvelables	50
I-5 La conception solaire passive.....	51
I-5.1 Les murs capteurs accumulateurs (mur trombe).....	52
I-5.2 Les serres bioclimatiques	53
I-6 Les solutions d'efficacité énergétique actives	54
I-6.1 Production d'énergie solaire	54
I-6.1.1 Energies solaires photovoltaïques	54
I-6.1.2 Energies solaires thermiques	55
I-6.2 Production d'énergie géothermique	56
Conclusion	56

Chapitre II : Description du projet et documents thermique réglementaires

Introduction	57
II- 1 Objectif de l'étude.....	57
II- 2 Coordonnées géographiques et zone climatique	57
II- 3 Données climatiques	57
II- 3.1 Les températures	58
II-3.2 L'ensoleillement	59
II- 3.3 Autres mesures	60
II- 4 Caractéristique de l'enveloppe du bâtiment (cas d'étude)	62
II- 4.1 Matériaux constituant le mur extérieur	63
II-4.2 Matériaux constituant le plancher haut (toit)	64
II- 4.3 Matériaux constituant le Plancher courant (plancher intermédiaire)	65
II.4.4 Les ouvrants	66

II-5. Réglementation et consigne du DTR et de RT2012	67
II-5.1 Le D.T.R. C 3-2, Règles de calcul des déperditions calorifiques	67
II- 5.2 Le D.T.R. C 3-4, Règles de calcul des apports calorifiques des bâtiments	68
II- 5.3 La réglementation thermique européen (RT 2012).....	69
II.5.3.1 Définition et modulations du « Bbio _{max} »	70
II- 5.3.2 Définition de CE1/CE2	71
II- 5.3.3 Définition et modulations du « Cepmax »	71
II- 5.3.4 Le confort d'été (Tic)	73
II-.5.4 Méthodes de calculs des deux documents thermiques	74
Conclusion	79

Chapitre III : Modélisation et application des logiciels

Introduction	80
III-1 Présentation des logiciels Utilisé	81
III-1.1 Le but de la simulation thermique dynamique (STD)	81
III-1.2 COMPIE et PLEIADES	82
III-1.2.1 COMFIE	82
III-1.2.2 PLZIADE+ COMFIE	83
III-2.2.3 METEONORM	84
III-2.2.4 Alcyone	84
III-3 Processus d'application des logiciels	85
III-3.1 Sous meteonorm 7.1.3	85
III-3.1.1 Création d'un fichier météorologique	85
III-3.2 Sous Pléiades	89
III-3.2.1 Composition des éléments de construction.....	89
III-3.2.2 Types d'ouverture	91

III-3.2.2 Types d'ouverture	91
III-3.2.3 Identification de la station météorologique	94
III-3.3 Sous Alcyone	95
III-3.3.1 Définition des paramètres de construction	95
III-3.3.2 Dessin du plan sous Alcyone	95
III-3.3.3 Exportation vers pléiades	97
III-3.4 Création des scénarios de fonctionnement	98
III-3.4.1 Scénarios de d'occupation	98
III-3.4.2 Scénarios de puissance dissipée	100
III-3.4.3 Scénarios d'occultation	103
III-3.4.4 Scénarios de consigne de thermostat	104
III-3.4.4 Scénarios de ventilation	105
III-3.4.4.1 Ventilation externe	105
III-3.4.4.2 Ventilation interne	111
Conclusion	111

Chapitre IV : Résultats et discussions

Introduction	112
IV.1. Démarche de la simulation:	112
IV-1.1 Simulation de cas de base :	112
IV-1.1.1 Résultat de simulation sans consigne de thermostat chauffage (période hivernale) .	113
IV.1.1.2 Résultat de simulation sans consigne de thermostat climatisation	115
IV.1.1.3 Simulation Avec Consigne De Thermostat	117
IV.1.1.4 Résultat de simulation avec consigne de thermostat chauffage 20 °C	118

IV.1.1.5	Résultat de simulation avec consigne de thermostat climatisation 24 °C	120
IV-1.2	Optimisation et impact des mesures d'efficacités énergétiques passives	121
IV-1.2.1	L'occultation	121
IV-1.2.1.1	Résultat de simulation sans occultation (période hivernal)	121
IV-1.2.1.2	Résultat de simulation sans occultation (période estival)	121
IV-1.2.2	L'isolation	122
IV-1.2.2.1	Résultat de simulation avec isolation (période hivernal)	122
IV-1.2.2.2	Résultat de simulation avec isolation (période estival)	123
IV-1.2.3	L'intégration de la Végétation	124
IV-1.2.3.1	Résultat de simulation après l'intégration de la végétation.....	124
	(période hivernal) .	
IV-1.2.3.2	Résultat de simulation après l'intégration de la végétation.....	124
	(période estival) ..	
IV-1.2.4	L'amélioration de la ventilation	125
IV-1.2.3.1	Résultat de simulation après l'amélioration de la ventilation.....	125
	(période hivernal) .	
IV-1.2.3.2	Résultat de simulation après l'intégration de la végétation	125
	(période estival) .	
IV-1.2.5	L'orientation	127
IV-1.2.6	Les surfaces vitrées : Ratio de vitrage.....	128
IV-2	Discussion et Analyse des résultats	129
	Conclusion général	132

Chapitre I .

Figure I.1 : Schéma de développement durable (ARPE2001) 2

Figure I.2: Différentes images de développement durable (Khalfan 2002) 3

Figure (I.3): Influence du relief ,adret, ubac et ensoleillement ; effet de foehn* 11

Figure (I.4): Masque due au végétation 11

Figure (I.5): L'implantation tient compte du relief, des vents locaux, de l'ensoleillement..... 12

Figure (I.6): L'orientation de l'édifice par rapport aux vents et l'ensoleillement..... 12

Figure (I.7): La compacité varie suivant la forme, la taille et le mode de contact 13
des volumes construit .

Figure (I.8): Relation entre la réduction de surface de déperdition 13
et le facteur de compacité

Figure (I.9): Relation entre la forme et surface d'échange avec l'extérieur..... 14

Figure (I.10): Zonage et distribution des espaces 15

Figure (I.11): Espaces tampons organisés par zonage, au nord (arch .R.Marlin).....15

Figure (I.12): Réaction d'un local à inertie forte et d'un local à faible inertie18
en présence d'apports solaires.

Figure (I.13): Principales sources de déperdition thermique20

Figure (I.14): Isolation intérieur et extérieur..... 21

Figure (I.15): Ventilation naturelle Transversale ouvertures sur des façades opposé... 23

Figure (I.16): Ventilation naturelle Unilatérale ouverture sur une seul façade 23

Figure(I.17): façades opposées Par tirage thermique ou effet de cheminée..... 23

Figure (I.18): Les quatre systèmes de ventilation. (Source : Pour une amélioration 24
de la performance énergétique des logements neufs, MRW, 2004)

Figure (I.19): Écran souple de sous-toiture constitué d'une feuille plane lisse 24 en polypropylène perméable à la vapeur d'eau et de deux non-tissés en polypropylène.	24
Figure (I.20) : Frein vapeur en ossature bois : les laies sont scotchées 25 entres elles avec un adhésif spécifique.	25
Figure(I.21): Les défauts d'étanchéité des bâtiments sont des sources25 de courants d'air inconfortables .	25
Figure (I.22): Liens entre isolation, étanchéité à l'air et ventilation26	26
Figure (I.23): La température surface est pondérée par l'angle solide27 par lequel voit la surface de la personne .	27
Figure (I.24): La température opérative dépend de celle de l'air et des parois 28	28
Figure (I.25): Complémentarité des températures ambiante et radiante moyenne 29	29
Figure (I.26): Plage de confort sur le diagramme de l'air humide 30	30
Figure (I.27): Interaction thermique entre le corps humain et son environnement..... 30	30
Figure (I.28): Valeurs de métabolisme en (Met) selon l'activité de l'individu 32	32
Figure (I.29) : Valeurs de la résistance thermique de la vêtue en « clo »..... 33	33
Figure (I.30) : Echelle de sensation thermique de l'ASHRAE 35	35
Figure (I.31) : Relation entre les indices PPD et PMV 35	35
Figure (I.32) : Représentation des mécanismes d'adaptatif..... 36	36
Figure (I.33) : Les principes du confort d'hiver..... 39	39
Figure (I.34) : Les principes du confort d'été 40	40
Figure (I.35) : Stratégie d'ouverture et de contrôle de la lumière naturelle 41	41
Figure (I.36) : Le travail en coupe des ouvertures permet de déterminer..... 43 l'importance et le calendrier des apports de lumière naturelle et des gains solaires .	43
Figure (I.37) : Performance thermique et type de vitrage 44	44
Figure (I.38) : Brise-soleil à lame fixe 46	46
Figure (I.39) : construction écologique avec une toiture végétalisée 47	47

Figure (I.40) : Structure d'une toiture végétalisée	47
Figure (I.41): Structure d'un mur végétalisé	48
Figure (I.42) : Variation sur 24 heures du stockage de l'apport solaire et des température de surface selon la couleur de parois .	49
Figure (I.43): Les 5 familles énergies renouvelables	50
Figure (I.44) : Les différentes filières des Energies Renouvelables	51
Figure (I.45) : Principe de fonctionnement du mur capteur accumulateur.....	52
Figure (I.46) : Principe de fonctionnement d'une serre bioclimatique	53
Figure (I.47) : Schéma d'une installation photovoltaïque maisonnette	54
Figure (I.48) : Chauffe-eau solaire en appoint d'une chaudière	55
Figure (I.49) : Schéma de principe de puits Canadien	56

Chapitre II .

Figure (II.1) : Tableau des données climatique de Blida	58
Figure (II.2) : La température moyenne mensuelle pour le site de Blida	58
Figure (II.3) : La température journalière pour le site de Blida	59
Figure (II.4) : Durée d'ensoleillement	59
Figure (II.5) : Rayonnement global journalisée	60
Figure (II.6) : Irradiation à Blida	60
Figure (II.7) : Précipitation à Blida	60
Figure (II.8) : vue en 3D de bâtiment	61
Figure (II.9) : Plan de rez-de-chaussée commercial	61
Figure (II.10) : Plan de l'étage courant	62
Figure (II.11) : Plan de premier étage	62
Figure (II.12) : Déperditions calorifiques totales selon le D.T.R C-3-2	67
Figure (II.13) : Apports calorifiques totaux selon le D.T.R C-3-4	68

Figure (II.14) : Les trois exigences de RT2012 relatives aux indices Bbio, Cep et Tic	69
Figure (II.14): Les différents systèmes passifs utilisé dans une maison selon la RT2012	70
Figure (II.15) : Les différents systèmes actifs utilisés dans une maison selon la RT2012.....	72
Figure (II.16) : Les règles de calcul utilisé dans la RT2012	74

Chapitre III .

Figure (III.1) : Interface Pleiade+Comfie	83
Figure (III.2) : Interface Meteonorme	84
Figure (III.3) : Interface Alcyone	85
Figure (III.4) : Les sites disponibles	85
Figure (III.5) : Localisation de site sur meteonorme 7.....	86
Figure (III.6) : Choix de la période d'études.....	86
Figure (III.7) : Choix du format de sortie	87
Figure (III.8) : Choix du format de sortie	87
Figure (III.9) : Tableau de données	88
Figure (III.10) : Température Journalière	88
Figure (III.11) : Barre d'outils sous PLEIADES	89
Figure (III.12) : Processus d'application PLEIADE+COMFIE	90
Figure (III.13) : Composition du mur extérieur	90
Figure (III.14) : Composition du mur rideau	90
Figure (III.15) : Composition du mur intérieur	91
Figure (III.16) : Composition du plancher courant	91
Figure (III.17) : Composition du plancher bas	91
Figure (III.18) : Composition de la toiture	91

Figure (III.19) : Caractéristiques de porte bois massif	91
Figure (III.20) : Caractéristiques de porte bois intérieur	91
Figure (III.21) : Caractéristiques de porte bois extérieur	91
Figure (III.22) : Caractéristiques fenêtre bois SV	91
Figure (III.23) : Caractéristiques de fenêtre métal sur serre	92
Figure (III.24) : Caractéristiques de porte- fenêtre battante métal SV	92
Figure (III.25) : Caractéristiques de porte- fenêtre battante bois SV	92
Figure (III.26) : Mur extérieur isolé (avec polystyrène)	92
Figure (III.27) : Mur rideaux	92
Figure (III.28) : Plancher bas isolé	93
Figure (III.29) : Toiture isolé (avec polystyrène)	93
Figure (III.30) : Plancher courant isolé (avec polystyrène)	93
Figure (III.31) : Caractéristiques de fenêtre PVC 4.12.4	94
Figure (III.32) : Caractéristiques de porte- fenêtre battante métal DV 4.12.4	94
Figure (III.33) : Identification de la station météorologique (Blida)	94
Figure (III.34) : Les données de construction	95
Figure (III.35) : Découpage des zones thermiques ayant des scénarios identiques	96
Figure (III.36) : Découpage des zones thermiques ayant des scénarios identiques (étage courant)	96
Figure (III.37) : Saisie de bâtiment sur Alcyone avec des zones thermiques ayant des scénarios identiques (3D)	97
Figure (III.38) : Vue en 3D de bâtiment réaliser par Alcyone	97
Figure (III.39) : Taux d'occupation durant les jours de la semaine "zone de confort"	99
Figure (III.40) : Taux d'occupation durant les jours de la semaine "cuisine"	99

Figure (III.41) : Taux d'occupation durant les jours de la semaine "Commerce"	100
Figure (III.42) : Puissance dissipée durant la journée..... dans la zone de confort (séjours +chambres)	101
Figure (III.43) : Puissance dissipée durant la journée dans la cuisine	102
Figure (III.44) : Puissance dissipée durant la journée dans les locaux	102
Figure (III.45) : Scenario d'occultation (volet ETE)	103
Figure (III.46) : Scenario d'occultation (volet HIVER).....	103
Figure (III.47) : Consigne de thermostat chauffage	104
Figure (III.48) : Consigne de thermostat climatisation	104
Figure (III.49) : Point considéré sur le diagramme psychrométrique « estivale » condition de base extérieur.	106
Figure (III.50) : Point considéré sur le diagramme psychrométrique « estivale » condition de base intérieur.	106
Figure (III.51): Point considéré sur le diagramme psychrométrique « hivernal » condition de base extérieur.	108
Figure (III.52) : Point considéré sur le diagramme psychrométrique « estivale » condition de base intérieur .	108
Figure (III.53): Ventilation d'hiver "commerce "	110
Figure (III.54): Ventilation d'été zone de confort "séjours+chambres"	110
Figure (III.55): Ventilation interne pour les deux appartement	111

Chapitre IV .

Figure (IV.1): Evaluation de température en hiver zone commercial..... (la semaine la plus froide)	114
Figure (IV.2): Evaluation de température en hiver appartement Est..... (la semaine la plus froide)	114
Figure (IV.3): Evaluation de température en hiver appartement Sud-ouest (la semaine la plus froide).	115

Figure (IV.4): Evaluation de température en été zone de commerce	116
(la semaine la plus chaude).	
Figure (IV.5): Evaluation de température en été appartement Est	117
(la semaine la plus chaude)	
Figure (IV.6): Evaluation de température en été appartement Sud-ouest	117
Figure (IV.7): Fonctionnement avec consigne de thermostat.....	118
Figure (IV.8): Evaluation de température en hiver zone de commerce	119
(la semaine la plus froide).	
Figure (IV.9): Evaluation de température en hiver appartement Est	119
(la semaine la plus froide).	
Figure (IV.10): Evaluation de température en hiver appartement Sud-ouest	119
(la semaine la plus froide).	
Figure (IV.11): Récapitulatif des besoins en été avec consigne "commerce"	120
Figure (IV.12): Evaluation de température en été appartement Est	121
Figure (IV.13): Besoin énergétique annuel de l' Appartement (occultation).....	122
Figure (IV.14): Besoin énergétique annuel de l' Appartement (occultation+isolation).....	123
Figure (IV.15): Besoin énergétique annuel de l' Appartement (avec végétation).....	125
Figure (IV.16): Besoin énergétique annuel de l' Appartement (Ventilation).....	126
Figure (IV.17): Besoin énergétique annuel de l'Appartement (orientation).....	127
Figure (IV.18): Besoin énergétique annuel des locaux de commerce selon les différents ratios...	128
Figure (IV.19): Performance énergétique des logements en France	129

Liste des tableaux

Chapitre I.

Tableau (I.1) : La typologie des bâtiments performants dans le domaine énergétique	9
Tableau (I.2) : Valeurs de métabolisme en (W/m ²) et en (Met) pour diverses activités	32

Chapitre II.

Tableau (II.1) : Tableau des surfaces et volumes	62
Tableau (II.2) : Caractéristiques des matériaux constituant le mur rideau	63
Tableau (II.3) : Caractéristiques des matériaux constituant les parois de extérieur.....	63
Tableau (II.4) : Caractéristiques des matériaux constituant les parois intérieur	64
Tableau (II.5) : Caractéristiques des matériaux constituant le plancher terrasse.....	64
Tableau (II.6) : Caractéristiques des matériaux constituant le plancher intermédiaire.....	65
Tableau (II.7) : Caractéristiques des matériaux constituant	65
le plancher bas sur vide sanitaire	
Tableau (II.8) : Caractéristiques des ouvrants.....	66
Tableau (II.9) : Quelques méthodes de calcul utilisé selon le DTR et RT2012	78

Chapitre III.

Tableau (III.1) : Taux d'occupation durant les jours de la semaine "zone de confort"	98
Tableau (III.2) : Taux d'occupation durant les jours de la semaine "zone de confort"	98
Tableau (III.3) : Taux d'occupation durant les jours de la semaine "cuisine"	99
Tableau (III.4) : Taux d'occupation durant les jours de la semaine	100
et le week-end "Commerce"	
Tableau (III.5) : Appareils et puissance dissipée durant la journée	101

Tableau (III.6) : Puissance dissipée dus à l'éclairage durant la journée.....	101
Tableau (III.7): débits minimaux de ventilation.....	109

Chapitre IV.

Tableau (IV.1): Les différentes simulations de cas de base avec les scénarios intégrés.....	112
Tableau (IV.2): Récapitulatif des besoins en hiver sans consigne.....	113
Tableau (IV.3): Récapitulatif des besoins en été sans consigne.....	115
Tableau (IV.3): Récapitulatif des besoins en hiver avec consigne de thermostat.....	118
Tableau (IV.4): Récapitulatif des besoins en été avec consigne.....	120
Tableau (IV.5): Récapitulatif des besoins en hiver sans occultation.....	121
Tableau (IV.6): Récapitulatif des besoins en été sans occultation.....	121
Tableau (IV.7): Besoin énergétique annuel zone de commerce (occultation).....	122
Tableau (IV.8): Besoin énergétique annuel de l'Appartement (occultation).....	122
Tableau (IV.9): Récapitulatif des besoins en chauffage(avec isolation).....	122
Tableau (IV.10): Récapitulatif des besoins en climatisation (avec isolation).....	123
Tableau (IV.11): Besoin énergétique annuel zone de commerce (avec isolation).....	123
Tableau (IV.12): Besoin énergétique annuel de l' Appartement (avec isolation).....	123
Tableau (IV.13): Récapitulatif des besoins en chauffage(avec végétation).....	124
Tableau (IV.14): Récapitulatif des besoins en climatisation(avec végétation).....	124
Tableau (IV.15): Besoin énergétique annuel zone de commerce (avec végétation).....	124
Tableau (IV.16): Besoin énergétique annuel Appartement (avec végétation).....	124
Tableau (IV.17): Récapitulatif des besoins en chauffage..... (après l'amélioration de la ventilation).	125
Tableau (IV.18): Récapitulatif des besoins en climatisation.....	125

Tableau (IV.19): Besoin énergétique annuel zone de commerce (ventilation).....126

Tableau (IV.20): Besoin énergétique annuel de l'Appartement (ventilation).....126

Tableau (IV.21): Besoin énergétique annuel zone de commerce (orientation).....127

Tableau (IV.22): Besoin énergétique annuel de l'Appartement (orientation).....127

Tableau (IV.23): Récapitulatif des besoins en chauffage. commerce ratio 50%.....128

Tableau (IV.24): Récapitulatif des besoins en climatisation commerce ratio 50%.....128

Tableau (IV.25): Besoin énergétique annuel de l'Appartement (orientation).....128

Introduction générale :

L'efficacité énergétique ou efficience énergétique désigne l'état de fonctionnement d'un système pour lequel la consommation d'énergie est minimisée pour un service rendu identique. C'est un cas particulier de la notion d'efficience. Depuis quelques années on lui associe souvent le concept d'énergie intelligente ou de réseau intelligent. Elle concerne notamment les transports motorisés, mais aussi les métiers du bâtiment .

L'efficacité énergétique s'appuie généralement sur l'optimisation des consommations, qui passe par la recherche de la moindre intensité énergétique (à service égal), une « *utilisation rationnelle de l'énergie* », des processus et outils plus efficaces. Le volet économies d'énergie cherche à réduire les gaspillages et les consommations inutiles. C'est donc aussi un élément important de la performance environnementale

Le monde entier est confronté à une augmentation de la consommation énergétique d'une façon accrue depuis déjà plusieurs décennies. Cette augmentation remet fondamentalement en cause le modèle économique qui est tributaire pour son développement d'une quantité colossale d'énergie. Cette énergie reste dans l'écrasante majorité, d'origine fossile donc non renouvelable à court et moyen terme et qui est la première source des émissions de gaz à effet de serre dans un monde qui souffre déjà des effets de l'activité humaine sur son environnement.

Cette augmentation met en péril le mode de gestion de ses ressources aussi bien pour les pays importateurs qui du fait de la raréfaction des réserves d'énergie, se trouvent confrontés à la question de la sécurité d'approvisionnement et au prix juste de l'énergie ; alors que les pays exportateurs comme l'Algérie qui a besoin de liquidité pour se développer voit une part importante de ses ressources financières consacrées à assurer, à coût de subventions, une grande consommation énergétique domestique.

Le secteur du bâtiment, le résidentiel en particulier est le premier consommateur d'énergie ce qui en fait la première cible.

La maîtrise de la notion d'efficacité énergétique exige de présenter l'ensemble des techniques, méthodes ainsi que les solutions et les pistes de réflexion qui s'intéressent à cette problématique. Des solutions qui peuvent être actives, passives ou bien qui touchent au comportement du consommateur, la focalisation se fera sur les solutions les plus adaptées au climat local et les techniques qui n'exigent pas une énergie pour leurs fonctionnements et sans bousculer les habitudes constructives.

Le présent travail a pour objectif l'étude de l'impact des mesures d'efficacité énergétique passives sur les besoins énergétiques thermiques d'un bâtiment résidentiel conditionné par des données météorologique de la ville de Blida, pour l'optimiser afin de le rendre le plus performant.

Cet objectif exige une méthodologie axée sur les méthodes numériques par la simulation thermique dynamique à l'aide du logiciel de simulation PLEIADE.

La simulation se fera sur un bâtiment modélisé et qui servira de cas de base et de référence, pour déterminer l'impact des mesures d'efficacité énergétique passives séparément et ressortir à chaque fois les paramètres des cas optimaux qui seront regroupés pour former le cas optimisé.

Chapitre I

Recherche bibliographique et Etat de l'art

Chapitre I : Recherche bibliographique et Etat de l'art

Introduction :

Ce mémoire traite la maîtrise d'énergie dans le secteur résidentiel en Algérie, donc il nous paraît important d'exhiber, dans ce chapitre, les définitions des différents concepts ayant un rapport avec l'efficacité énergétique dans le bâtiment

En premier lieu l'intérêt se portera sur le développement durable et l'architecture bioclimatique , l'objectif principal de cette approche est de connaître comment concevoir des bâtiments de manière "naturelle" c'est-à-dire en s'inscrivant pleinement dans leur environnement . Ensuite la présentation d'une approche sur le confort thermique afin de désigner l'ensembles des multiples interactions entre l'occupant et son environnement

I-1 Le Développement durable :

Au lendemain de la seconde guerre mondiale, l'important était d'augmenter la production. Tous le monde pousse la mécanisation. Cette dernière a fait diminuer les prix de la nourriture par rapport autres biens. L'autoproduction a quasiment disparu, les paysans semblaient voués à disparaître.

Une pression sans merci sur les agriculteurs d'augmenter le produit, et également de baisser les prix, il leur faut des champs plus grands et des machines plus grosses, pour arriver à augmenter les rendements financiers, certains ont recouru aux subventions des gouvernements, et certains qui préfèrent vivre de leurs travail trouvent que ces subventions sont peu satisfaisantes, elles provoquent des situations aberrantes, des lourdes dettes.

Ceci a provoqué la destruction des campagnes et a accéléré l'exode rural, que les villes ne peuvent plus absorber (augmentation de la précarité, difficultés de se loger, etc.) Pour subvenir à nourrir le monde, l'industrie agroalimentaire a recouru à l'utilisation des intrants chimiques qui a engendré des effets néfastes ; la qualité de la nourriture a dégradé, l'environnement s'est dégénéré, la pauvreté est en croissance même dans les pays riche, la santé humaine est en péril... la nature, hier domestiquée, se fait maintenant menaçante.

Le développement semble être brusquement secoué d'effets secondaires dévastateurs, au point de menacer l'avenir de l'humanité sur terre.

Au début du XXe siècle, l'Organisation Scientifique du Travail (OST) arrive dans l'industrie automobile et se répand dans toute l'économie, l'artisan est transformé en ouvrier spécialisé et a permet une chute importante des coûts des produits, ainsi la productivité augmentait, en conséquence, la demande en

Chapitre I

ressources humaines et énergétique proliférait, ce qui peut provoquer d'énormes quantités d'émissions de gaz à effet de serre dans l'atmosphère générant les changements climatiques ;

un climat instable qui engendrerait sécheresses, canicules, inondations, augmentation du niveau des mers, etc. ; le surpeuplement des villes généré par l'exode rural entraînant ainsi la crise de logement, épuisement des ressources énergétiques causé par la demande indéfinie des différents secteurs consommateurs, etc.

Désormais, le slogan universel à Chicago en 1933 qui disait « La science découvre, l'industrie applique, et l'homme suit » n'est plus évident. La science ne donne plus de direction claire, la question des priorités doit être réintégrée dans la société.

Ainsi, le développement durable est aujourd'hui au centre des débats, le développement durable est un nouveau concept qui se présente comme la solution à la tension entre progrès et nouvelles menaces.

Mais, Chercher à faire durer le développement exige tout d'abord de savoir ce que le mot « développement » signifie.

« Le développement doit répondre aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs ».

Dès les premiers constats de catastrophes environnementales et humanitaires, et depuis les cris d'alarme des associations de protection de l'environnement, différentes théories se sont manifestées vers un développement durable, dont le but est de concilier développement et écologie, concilier efficacité économique, protection de l'environnement et équité sociale.

« Le développement durable se caractérise par l'utilisation prudente des ressources et de la technologie, dans un souci de minimiser l'impact négatif du développement humain sur l'écosystème planétaire ».

Le développement durable, comme montré à la figure I.1, engage l'interaction de l'économie, le social, l'environnement et la participation citoyenne dans leur ensemble, afin de parvenir à un développement qui soit à la fois équitable, viable et vivable.

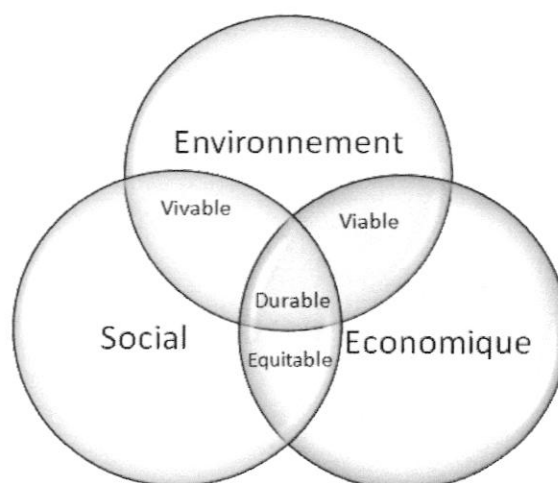


Figure I.1 : Schéma de développement durable (ARPE2001)

Chapitre I

Le développement durable impose une ouverture d'esprit temporelle (penser sur le long terme pour les générations futures) et spatiale (prendre en compte le bien-être de chacun, habitant du Sud ou du Nord, des régions ou quartiers voisins).

Il incite à modifier les modes de production et de consommation, afin de respecter l'environnement humain et naturel, tout en permettant à chaque habitant de la planète de satisfaire ses besoins fondamentaux : se nourrir, se loger, se vêtir, s'instruire, travailler, vivre dans un environnement sain.

Il appelle à un changement de comportement face aux problèmes actuels et menaces à venir : inégalités sociales, risques industriels et sanitaires, changement climatiques, perte de biodiversité...

L'interprétation de la notion du développement durable dépend aussi fortement de la discipline à laquelle appartient une personne, comme le montre la figure I.2 :



Figure I.2: Différentes images de développement durable (Khalfan 2002)

En fonction des individus, la perspective n'est pas la même ; elle est fortement liée à la capacité d'agir individuelle. La vision de chacun est donc déformée par son métier et il sera par exemple plus difficile pour un économiste de concevoir que le développement durable doit être envisagé sous la forme d'action à mener pour sauvegarder l'écosystème plutôt que sous la forme d'un nouveau mode de développement économique à mettre en place afin de réduire les inégalités.

« Tous concernés », entreprises comme collectivités, institutions internationales comme petites communes, citoyens comme gouvernements, le développement durable repose sur une démarche participative : tous sont mobilisés, afin qu'ils participent plus activement aux processus de décision.

Il faut travailler sur 03 axes principaux à savoir:

- Efficacité énergétique en vue de réduire la demande en énergie.
- Innovation pour favoriser l'émergence de nouvelles technologies efficaces et respectueuses de l'environnement.
- Production d'énergies vertes et renouvelables, plus écologiques.

Le développement durable se positionne, quoi qu'il en soit mondial ou local, ville ou bâtiment à l'intersection des univers social, environnemental et économique.

➤ **Dimension économique :**

Traduit la recherche par le développement soutenable d'un objectif de croissance et d'efficacité économique. Cette approche doit répondre à la nécessité de développer les sociétés et leurs économies, notamment dans le cas des pays en voie de développement qui veulent aussi avoir accès à un niveau de vie satisfaisant.

➤ **Dimension sociale :**

Exprime le fait que le développement soutenable doit partir des besoins humains et donc répondre à un objectif d'équité sociale. L'humain replacé au cœur de l'action permet de répondre à cette nécessité. En rappelant les liens intra-générationnels et intergénérationnels, le rapport Brundtland a positionné l'homme au centre des objectifs ; Les éléments de l'approche concerne aussi bien les aspects sanitaires, d'hygiène et culturels. Considérant l'aspect intergénérationnel, le rapport a aussi fixé l'objectif dans le rapport au temps.

➤ **Dimension environnementale (Ecologique) :**

Signifie que l'action doit contribuer à préserver, améliorer et valoriser l'environnement nécessaire à la vie. L'action doit préserver les ressources pour le long terme et en permettre la régénération plutôt que l'épuisement.

L'objectif comprend aussi la réduction des conséquences climatiques engendrées par les actions anthropiques.

Si un seul de ces trois cercles est négligé ou une seule de ces trois intersections est affaiblie, la viabilité du système peut être remise en cause. Car l'être humain est à la fois le garant de la durabilité et le coupable de la non-durabilité du développement [Chêne, 2011].

Comme l'amélioration du cadre de vie est de plus en plus confrontée aux menaces que notre mode de développement fait peser sur un environnement fragile et sur les grands équilibres de la planète, alors, le développement durable ne doit plus être un simple équilibre et devienne à moyen terme un art de vivre, il serait intéressant d'intégrer aux cercles initiaux celui relatif à l'univers culturel.

De ce fait, l'objectif premier du développement durable est d'obtenir un compromis entre le besoin d'un essor économique, l'exigence d'une protection accrue des espaces naturels et nécessité d'une coexistence harmonieuse des différentes communautés [Diab et al, 2000]. Ce compromis passe par une meilleure compréhension des enjeux, des modalités de mise en œuvre des politiques publiques et des incertitudes liées aux enjeux techniques.

I-2 Efficacité énergétique :

L'efficacité énergétique est un état de fonctionnement d'un système pour lequel la consommation d'énergie est minimisée pour un service rendu maximal (Wikipédia). Le groupe intergouvernemental d'experts pour l'étude du climat (GIEC) a confirmé que le relèvement de la température moyenne de l'atmosphère terrestre variera entre **1,5 et 6 °C** d'ici à la fin du siècle. La valeur réelle dépendra essentiellement de l'importance et de la date d'application des politiques publiques mises en œuvre par les pays les plus consommateurs d'énergie.

Ce réchauffement a déjà provoqué des perturbations climatiques ayant des répercussions humaines gravissimes. Qui seront sans doute de plus en plus importantes dans l'avenir. Pour limiter celles-ci et assurer le développement durable de nos sociétés, il est maintenant admis qu'il faudra diviser par deux les émissions de gaz à effet de serre à l'échelle de la planète à l'horizon 2050.

Un traité international visant à la réduction des émissions de gaz à effet de serre a été ratifié en 2005 par 183 pays, c'est le protocole kyoto, il a été conclu dans le cadre de la convention-cadre des nations unies sur les changements climatiques, les pays participants se rencontrent une fois par an, afin de négocier des accords internationaux sur le climat.

Ce protocole prévoit pour ces pays participants la possibilité de recourir à des mécanismes dits « de flexibilité » en complément des politiques et mesures qu'ils devront mettre en œuvre au plan national:

- Echanges internationaux de permis d'émission : principal mécanisme, il vise à encourager le plus rapidement possible l'amélioration des systèmes de production les plus polluants et les moins efficaces.
- Mécanisme de Développement Propre (MDP) : crée afin de permettre aux pays occidentaux de réaliser leurs objectifs en investissant dans des projets dans les pays en développement. Le mécanisme génère des crédits d'émission sur la base de projets d'investissement dans un pays en développement. Ces droits peuvent être stockés ou échangés et doivent faire l'objet d'un partage entre l'investisseur étranger et le pays hôte. Selon le texte du protocole de Kyoto, ce mécanisme donnera lieu au prélèvement d'une taxe, dont l'assiette reste à définir et qui devrait contribuer au financement des coûts d'adaptation des pays en développement au réchauffement climatique.
- La mise en œuvre conjointe (MOC) : un mécanisme de financement de projets industriels ou forestiers, ayant pour objectif premier le stockage de carbone ou la réduction des émissions de gaz à effet de serre. Ces projets permettent de générer des crédits d'émission de gaz utilisables par les investisseurs.

En vue de préparer les suites du protocole Kyoto, la dernière conférence « COP 18 » s'est tenue à Doha, du 26 Novembre au 08 Décembre 2012. Celle-ci s'est terminée mieux que les conférences précédentes. Les 190 pays participants se sont mis d'accord sur les aspects suivant :

- Une deuxième période d'engagement du protocole de Kyoto baptisée Kyoto II commencera en janvier 2013. La portée de cette seconde période s'achèvera fin 2020
- Le fond vert destiné à aider les pays en développement, afin de leur permettre de s'adapter aux changements climatiques.
- Le système Redd +, un mécanisme luttant contre la déforestation permettant aux pays forestiers de générer des crédits d'émission.
- L'engagement des pays en développements de comptabiliser et publier leurs émissions, ainsi la mise en œuvre des actions nationales « et appropriées » pour diminuer, d'ici 2020.

Ainsi, l'efficacité énergétique se manifeste comme étant un objectif politique affirmé. Tous les pays, quelle que soit leurs situations énergétiques, doivent baser leurs développements sur d'autres types d'énergie tout en essayant de maîtriser par ailleurs leur consommation énergétique par la mise en place de politiques d'efficacité énergétique volontaristes et adaptées.

I-3 Efficacité énergétique dans le bâtiment :

L'efficacité énergétique se réfère à la réduction de la consommation d'énergie sans toutefois provoquer une diminution du niveau de confort ou de qualité de service dans les bâtiments.

Le secteur du bâtiment, dont sa consommation énergétique représente plus de 40% du total de l'énergie, et il est responsable de 20% des émissions mondiales de gaz à effet de serre, se positionne comme un acteur clé pour parvenir à résoudre les inquiétants défis à faire face. Ce secteur pourrait bien être le seul qui offre des possibilités de progrès suffisamment fortes pour répondre aux engagements de réduction des émissions de gaz à effet de serre.

Ces possibilités de progrès sont actuellement mieux identifiées qu'au cours des années passées, les bâtiments peuvent utiliser plusieurs sources d'énergie, dont les énergies renouvelables.

Le bâtiment peut être construit pour deux usages distincts : usage tertiaire (tels que commerce, bureaux, enseignement, santé, etc.) et usage résidentiel (bâtiment d'habitation, maison individuelle ou logement collectif).

Le cycle de vie du bâtiment se divise en plusieurs étapes, toutes engageant de nombreuses professions et usagers, et ayant un impact direct ou indirect sur l'environnement : production des matériaux, transport des matériaux, construction du bâtiment, utilisation du bâtiment et déchets en fin de vie.

Cependant, agir efficacement pour réduire de manière sensible la consommation énergétique impose une identification des facteurs de gaspillage, afin de les maîtriser à l'avenir.

De nombreuses études et retours d'expériences ont montré que la diminution des consommations énergétiques des bâtiments passe par une conception architecturale prenant en compte la compacité du bâtiment et la gestion des apports solaires passifs, une sur-isolation de l'enveloppe. Un certain nombre de terme sont utilisés pour désigner les bâtiments présentant une forte efficacité énergétique:

I-3.1 Bâtiment à Basse Consommation:

Bâtiment a basse consommation est un concept qui a été élaboré et mis en place sous forme de label par une association française, l'utilisation de la notion de Bâtiment à Basse Consommation est restrictive et n'est peut être employé que dans le cas où un bâtiment a obtenu le label français BBC. Il se définit comme suit :

C'est un bâtiment qui consomme, pour le chauffage, l'eau chaude sanitaire, l'éclairage, les auxiliaires et la climatisation, 50 kWh/m²/an en énergie primaire (mètre carré de SHON module selon la zone climatique et l'altitude (FFB, 2010).

Le label BBC peut être obtenu grâce à des combinaisons bâti/équipements qui permettent d'atteindre les seuils de performances indiqués (AITF, 2013).

On ajoutera que ce label a disparu au profit de la réglementation thermique 2012 qui l'inclut, ainsi toutes les constructions résidentielles neuves doivent être des bâtiments à basse consommation, par ailleurs les rénovations thermique sont aussi contraintes de ne pas dépasser le seuil de 80 kWh/m²/an.

I-3.2 Bâtiments passives :

Le terme PassivHaus est un Label qui a été développé par l'institut de recherche allemand PassivHaus, - est dont le label BBC s'est inspiré - dont les besoins de chauffage (en énergie utile) sont de l'ordre de 15 kWh/m².an et la consommation en énergie primaire est inférieure à 120 kWh/m².an pour le chauffage, l'eau chaude sanitaire et l'électricité. Ce terme peut être employé pour : un bâtiment qui est quasiment autonome pour ses besoins en chauffage. Il utilise les apports gratuits (solaires, métaboliques, d'équipements) et présente une bonne isolation, le chauffage devenant un simple appoint. La référence allemande est appelée Passivas (FFB, 2010).

I-3.3 Bâtiments à Zéro énergie :

C'est une notion qui est apparue suite à la construction d'une maison sans consommation de chauffage, sa consommation peut être assurée par une installation solaire, ce qui ramène sa consommation à zéro.

I-3.4 Bâtiments à énergie positive :

La définition d'une construction à énergie positive serait la suivante:

Un ouvrage "passif" ou à très bas niveau de consommation d'énergie qui serait doté d'équipements de production d'énergie qui lui confèrent un bilan énergétique positif. En clair, ce type de construction produit plus d'énergie qu'il n'en consomme (EDIPA, Février 2010).

C'est la maison dont le bilan énergétique est positif, elle produit plus d'énergie qu'elle n'en consomme (via des capteurs photovoltaïques, chauffage à énergie renouvelable...).

Ce type d'habitation demande un investissement initial très important (ÉCOCONSO, 2009).

I-3.5 Bâtiments bioclimatiques :

La conception bioclimatique d'un bâtiment vise à optimiser l'utilisation des apports solaires et de la circulation naturelle de l'air, limitant ainsi le recours au chauffage et à la climatisation. Elle valorise les

avantages du terrain (orientation du bâtiment), l'orientation des pièces, les surfaces vitrées, L'inertie du bâtiment... (FFB, 2010)

Les maisons bioclimatiques ne retiennent que l'influence du climat, se protègent passivement de ses inconvénients, valorisent toujours passivement ses atouts (ÉCOCONSO, 2009)

Les maisons bioclimatiques reposent sur l'idée que l'édifice peut, par le choix de son orientation et sa conception, tirer le maximum d'énergie des éléments naturels et en particulier du climat et de la topographie locale (ÉCOCONSO, 2009).

I-3.6 Construction durable :

L'écoconception vise à produire des biens de consommation ou matériaux conçus, dès l'amont de la chaîne de fabrication, en limitant leurs impacts environnementaux (énergie, eau, air...), dans les conditions techniques et économiques du moment. C'est une démarche préventive qui prend en compte le cycle de vie du produit, depuis ('extraction des matières premières jusqu'à son élimination en fin de vie (FFB, 2010).

Alors que, l'écoconstruction est utilisée pour toute construction qui, tout en assurant confort et santé des occupants, limite au mieux les impacts sur l'environnement, en cherchant à s'intégrer le plus respectueusement possible dans un milieu et en utilisant le plus possible les ressources naturelles et locales (FFB, 2010).

I-3.7 Maison écologique:

Les bâtiments écologiques diffèrent des bâtiments conventionnels en raison de l'intégration d'objectifs sociaux et économiques. Les considérations environnementales correspondent en gros aux impacts écologiques directs et indirects, comme des émissions réduites de gaz à effet de serre ou une consommation d'eau réduite. Les considérations sociales peuvent être directement liées au bâtiment en soi (comme de l'air sain et confortable ou une lumière naturelle) ou déborder le cadre du bâtiment (promotion de l'utilisation des transports en commun ou densification urbaine). La construction de bâtiments écologiques respecte un processus unique de réalisation de projet (Lucuik, et al., 2005).

I-3.8 Maisons solaires:

Précurseurs des maisons bioclimatiques, elles n'utilisent que le soleil direct comme solution d'économie d'énergie (ÉCOCONSO, 2009).

Ces expériences sont adoptées pour les bâtiments neufs comme les anciens, ces derniers procurent un souci majeur car ils représentent la grande part du parc construit, et ils dépensent la majorité de l'énergie pour maintenir une température agréable, car à l'époque de leur construction, on ne se souciait pas des dépenses énergétiques. Cependant, les politiques énergétiques engagées par les pays développés et en voie de développement, incitent à l'amélioration de la qualité énergétique des bâtiments neufs et anciens.

Chapitre I

Concept énergétique	Modèle de bâtiment	Description	Objectif principal	Principaux types de bâtiments concernés
Concept de bâtiment performant purement énergétique	"Basse consommation d'énergie "	Besoins énergétiques plus faibles que les bâtiments standards	Obtenir une baisse significative de la consommation induite par le bâtiment	Bâtiments exposés à des conditions climatiques rigoureuses
	" Passif "	Consommation énergétique très faible lié à l'absence de systèmes de chauffage ou de rafraichissement actif		
	" Producteur d'énergie "	Dotation de moyens locaux de production d'énergie "	Atteindre un gain en consommation énergétique à partir d'un mode de production fondée sur le recours aux énergies renouvelables	Bâtiments résidentiels de pays confrontés à des effets de saturation et cherchant à éviter les pics de consommation en électricité
	" Zéro énergie " ou "Zéro net "	Combinaison de faibles besoins énergétiques à des moyens locaux de production d'énergie		
	" A énergie positive "	La production d'énergie est globalement et supérieure à la consommation		
	" Autonome "	La fourniture énergétique ne dépend d'aucune ressource distante		
Concept de bâtiment performant élargi	" Zero utility cost house "	La fourniture énergétique est nulle	Atteindre des cibles énergétiques parmi d'autres cibles écologiques	Bâtiments tertiaires (activité de bureau) respectant une exigence particulière de confort (sanitaire et social) de travail
	" Maison neutre en carbone "	Le fonctionnement ne génère aucune émission de CO ₂		
	" vert " " durable " "soutenable " ou " écologique "	Le fonctionnement induit très peu de perturbation pour l'environnement		
	" Intelligent "	Présence de systèmes informatiques de supervision optimisant la gestion de certaines fonctions du bâtiment		

Tableau (I.1) : La typologie des bâtiments performants dans le domaine énergétique

I-4 Architecture bioclimatique :

La conception bioclimatique consiste à mettre à profit les conditions climatiques favorables tout en se protégeant de celles qui sont indésirables, ceci afin d'obtenir le meilleur confort thermique. Elle utilise l'énergie solaire disponible sous forme de lumière ou de chaleur, afin de consommer le moins d'énergie possible pour un confort équivalent.

En période froide, une architecture bioclimatique favorise les apports de chaleur gratuits, diminue les pertes de chaleur et assure un renouvellement d'air suffisant. En période chaude, elle réduit les apports caloriques et favorise le rafraîchissement.

Mais c'est avant tout la première étape dans un projet de construction qui aboutira à la réalisation d'un bâtiment très performant tout en soignant le confort de ses occupants.

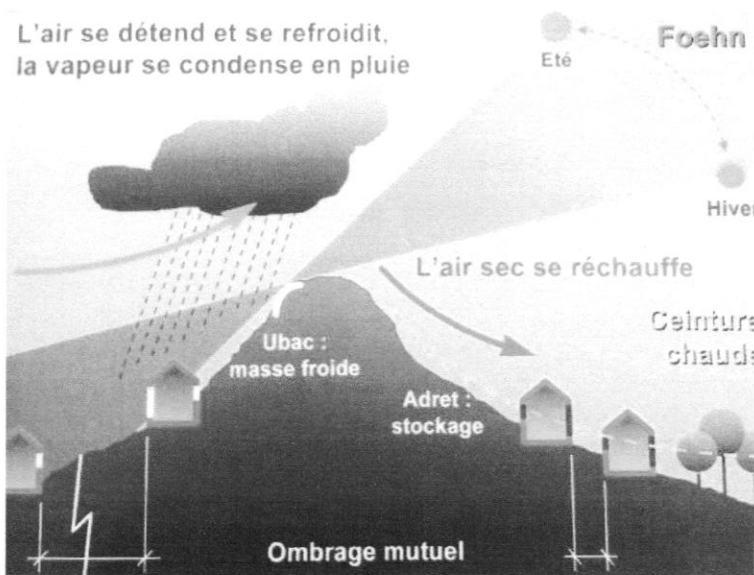
L'architecture climatique s'appuie sur :

- Le site
- L'implantation et l'orientation
- L'architecture et la forme
- La distribution intérieure
- Le choix des matériaux de construction et d'isolation
- La ventilation et l'étanchéité à l'air
- Intégration des énergies renouvelables

I-4.1 Le site :

Le site et l'environnement proche d'un bâtiment, un contexte urbain par exemple, influent sur le type de construction. L'architecte soucieux d'une insertion réussie cherche en effet à exploiter le potentiel

du site, à contourner ses contraintes défavorables et à accorder les ambiances dans et hors de son bâtiment au microclimat du lieu. Pour ce faire, il procède à la collecte de l'information par une analyse du site et à une estimation des interactions entre le projet et le site, selon le filtre de concepts architecturaux caractérisant l'implantation. Notons l'importance de la prise en compte des particularités du site dans la qualité future du confort interne d'un projet. La bonne appréciation de ces contraintes se révélera déterminante dans sa capacité à approcher naturellement le confort et à moindre coût.



* Le phénomène du foehn : la température de l'air décroît à mesure qu'il monte en altitude . Au point de saturation, une bonne partie de l'eau est abandonnée sous forme de pluie ou de neige. Sur l'autre versant, l'air non saturé redescend et se réchauffe par compression pour arriver en pied de montagne avec une humidité relative très faible, souvent inférieure de 30 % à sa valeur de départ, qui lui fait remonter la température de 20°C en une journée .

Figure (I.3): Influence du relief ,adret, ubac et ensoleillement ; effet de foehn* .

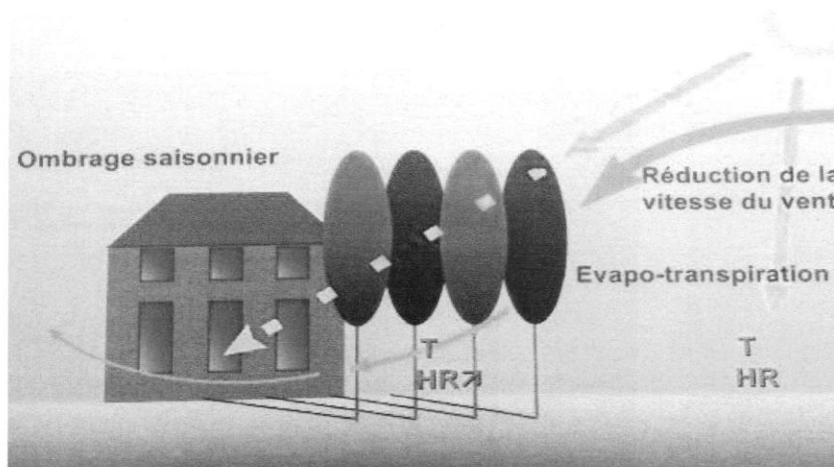


Figure (I.4): Masque due au végétation

Les caractéristiques suivantes doivent être particulièrement prises en compte : le relief (l'orientation de la pente conditionne fortement les paramètres du microclimat, etc.), le contexte urbain (la forme urbaine modifie l'ensoleillement disponible et la pression du vent sur les façades, etc.), le type de terrain (humidité, albédo du sol, etc.), la végétation (effets sur l'humidité et la réduction de la vitesse du vent, etc.) et la direction, la vitesse et la fréquence du vent, en tenant compte de leurs évolutions possibles dans le temps (développement urbain, croissance de la végétation, etc.),

I-4.2 L'implantation et l'orientation :

L'implantation judicieuse d'un édifice est la tâche la plus importante de l'architecte. Elle détermine l'éclairage, les apports solaires, les déperditions, les possibilités d'aération, etc., mais aussi les qualités de l'habitat : communications, vues, rapports de voisinage, etc.

L'orientation du bâtiment doit être choisie de manière à maximiser les apports solaires. Le sud est à cet égard la meilleure orientation : le soleil y est disponible toute la journée, toute l'année, et la variation de la hauteur solaire fait en sorte que les apports sont plus importants en hiver qu'en été (loi du cosinus), à l'inverse des orientations est et ouest.

Mieux vaut éviter les expositions directes est et ouest qui suivent la courbe du soleil qui occasionne le plus souvent des « surchauffes » et un inconfort visuel. Au Nord, il faudra limiter les ouvertures afin de minimiser les déperditions thermiques du bâtiment.

De manière générale il est conseillé de respecter un ratio de surface vitrée d'environ 20 % de la surface habitable, répartie comme suit : 50 % au sud, 20 à 30 % à l'Est, 20% à l'ouest et 0 à 10% au nord.

Cette règle est très importante car la bonne maîtrise des apports solaires peut représenter un gain gratuit de 15 à 20 % de besoins d'énergie (réduction de la consommation).

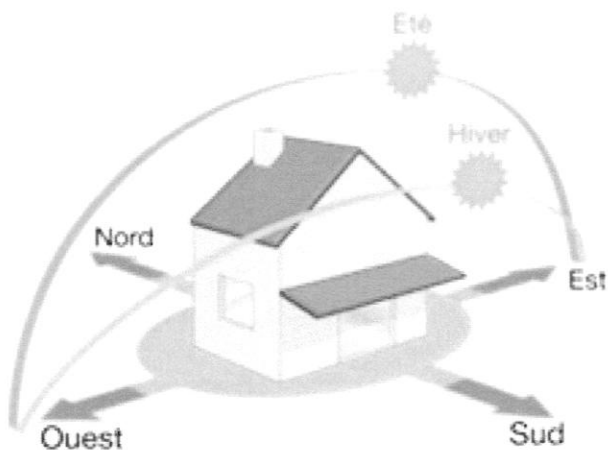


Figure (I.6): L'orientation de l'édifice par rapport aux vents et l'ensoleillement

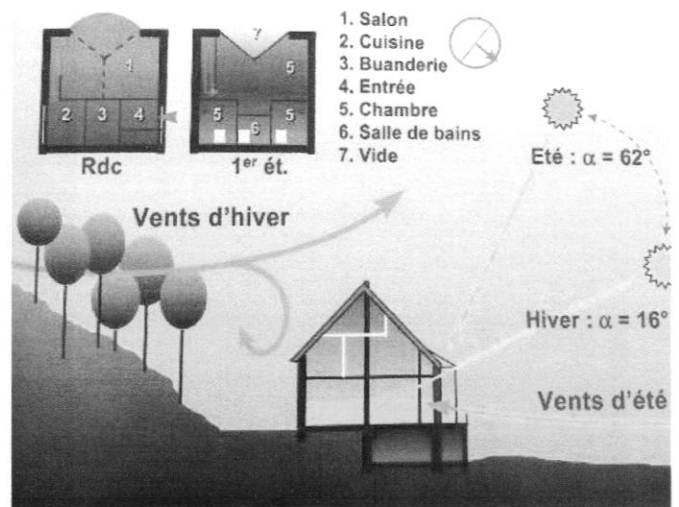
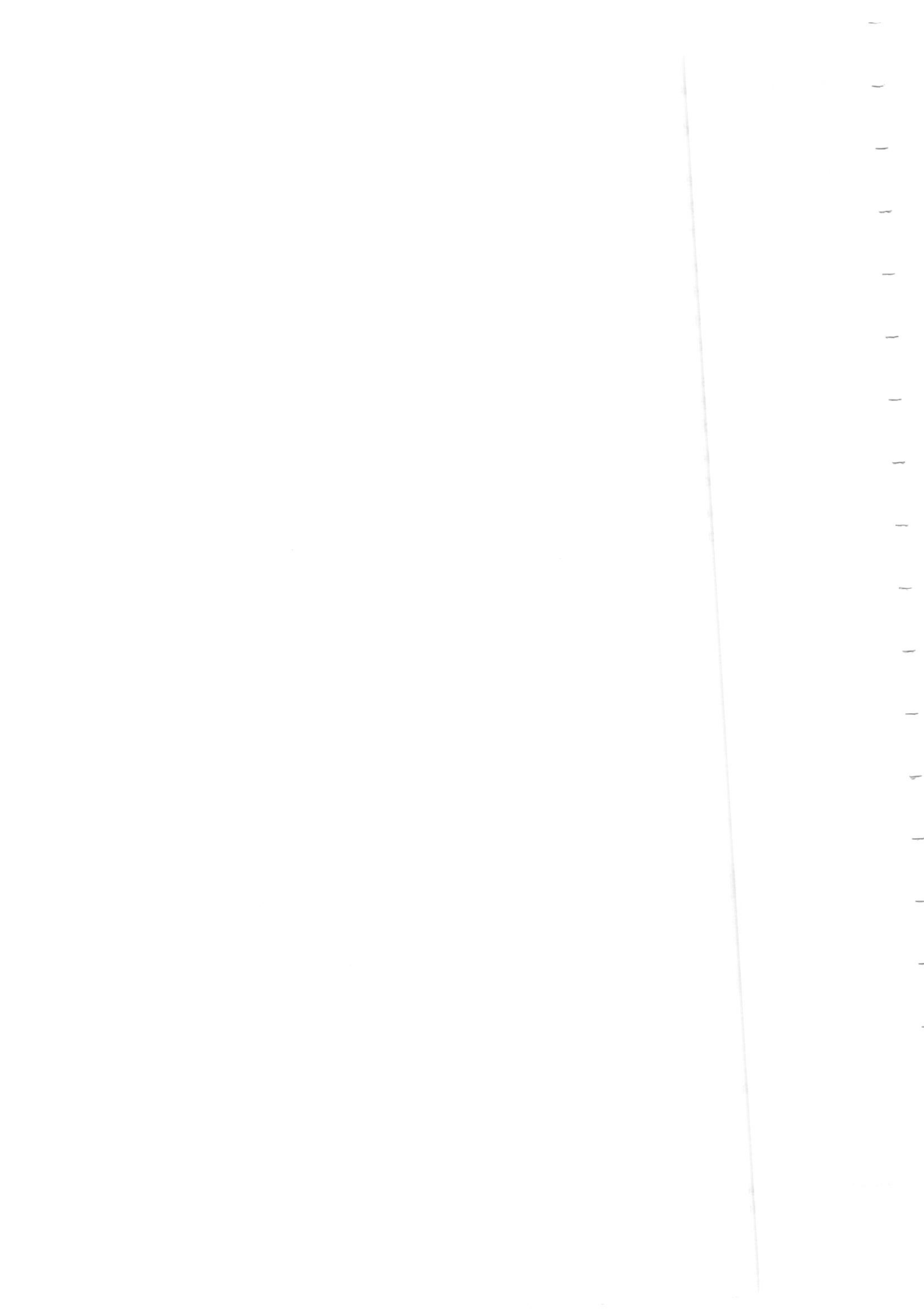


Figure (I.5): L'implantation tient compte du relief, des vents locaux, de l'ensoleillement, etc.



I-4.3 La compacité et la forme :

La compacité d'un bâtiment est mesurée par le rapport entre la surface des parois extérieures et la surface habitable. Plus ce coefficient est faible, plus le bâtiment sera compact. La surface de l'enveloppe étant moins importante, les déperditions thermiques sont réduites.

Elle varie suivant la forme, la taille et le mode de contacts des volumes construits. En effet, la mitoyenneté et l'habitat collectif favorisera la réduction des surfaces de déperditions une très bonne compacité

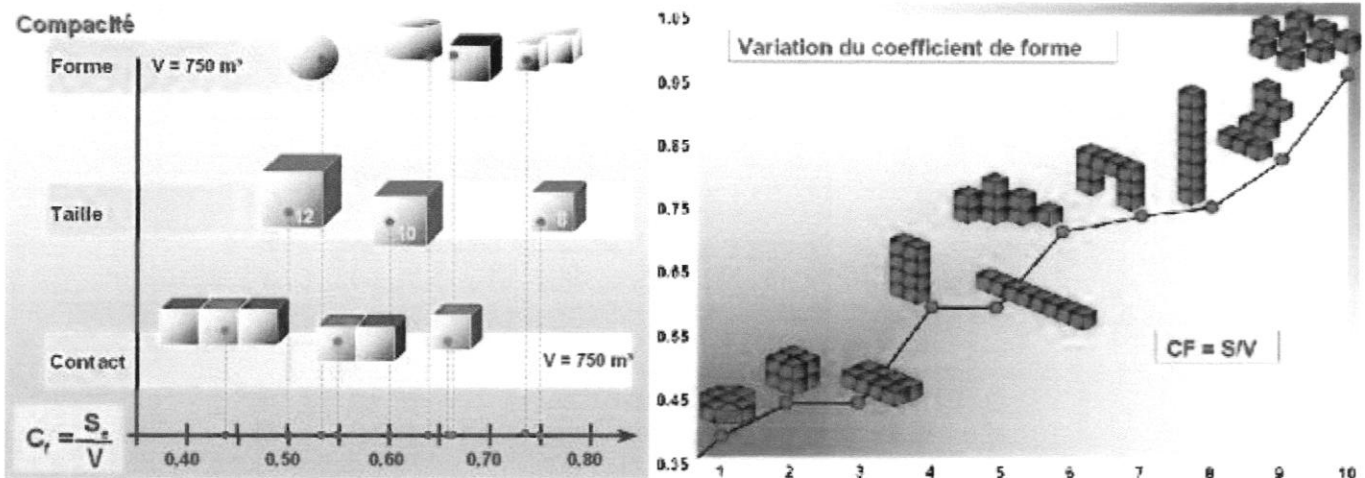


Figure (I.7): La compacité varie suivant la forme, la taille et le mode de contacte des volumes construit .

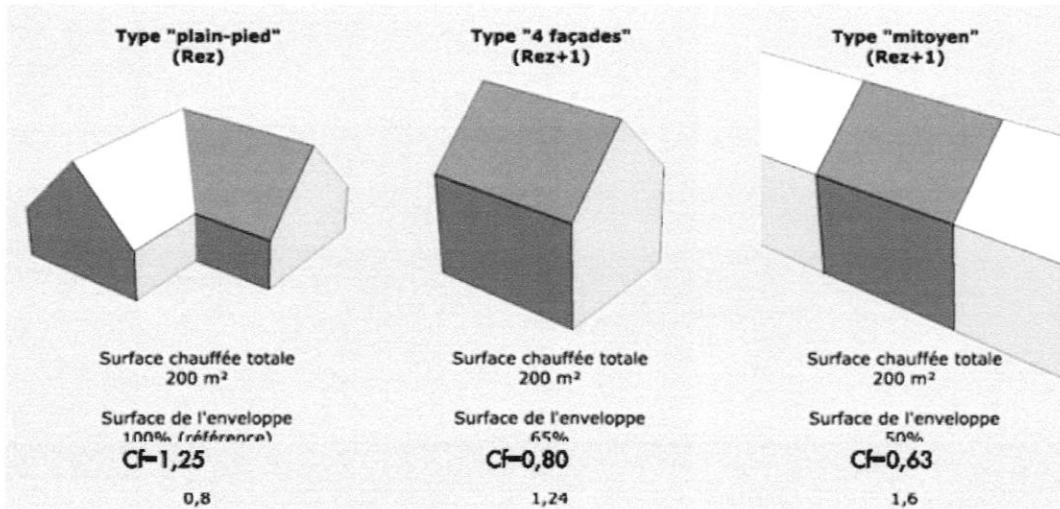


Figure (I.8): Relation entre la réduction de surface de déperdition et le facteur de compacité

La compacité d'un bâtiment est le rapport entre son volume protégé (chauffé) et sa surface de déperdition (l'enveloppe extérieure du bâtiment) : $C = V/A$. Le rapport inverse nommé facteur de compacité ou coefficient de forme est également utilisé : $C_f = A/V$. La compacité est donc meilleure lorsque le facteur de compacité est le plus faible.

Chapitre I

Une partie de l'énergie consommée dans un bâtiment est dissipée au travers des parois extérieures. Le volume protégé (chauffé) nécessaire est fonction des besoins en locaux du bâtiment selon sa destination. Pour un volume protégé fixé (V), la réduction des surfaces de déperdition (A) permet de diminuer le facteur de compacité (C_f) d'un bâtiment, donc d'améliorer sa compacité

La compacité d'un bâtiment dépend de :

- Sa forme : la sphère est idéale, le cube est une bonne solution
- Sa taille : pour une même forme, le facteur de compacité diminue avec la taille
- Ses caractéristiques de contact : les parois mitoyennes ne sont pas considérées comme des surfaces de déperdition, les maisons mitoyennes ainsi que les immeubles à appartements de plusieurs étages ont une meilleure compacité.

Plus un bâtiment est compact, plus il est facile d'atteindre des performances énergétiques élevées. Pour une même performance, les épaisseurs d'isolant nécessaires sont moins importantes. Sources & adresses utiles : Les parois extérieures ont un coût économique et écologique important. Réduire leur surface permet de diminuer les déperditions, le coût et l'impact des bâtiments sur l'environnement.

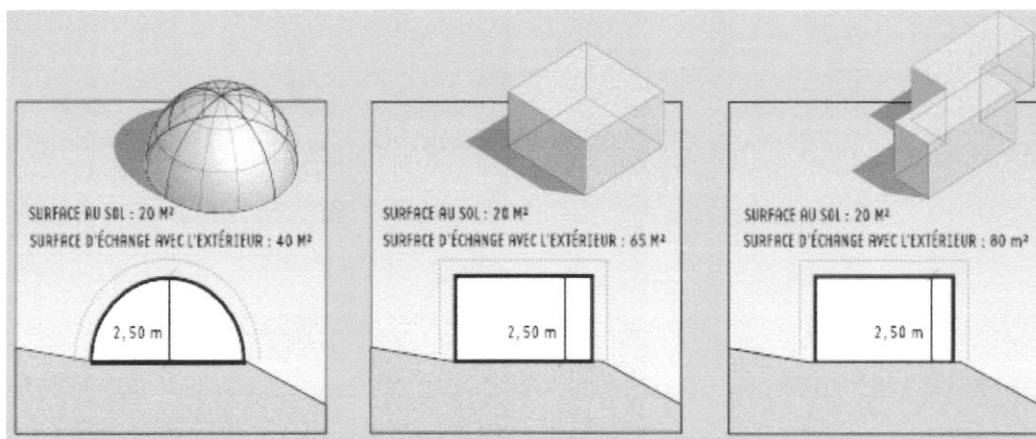


Figure (I.9): Relation entre la forme et surface d'échange avec l'extérieur

La forme du bâtiment définit la surface des échanges entre intérieur et extérieur. La compacité est un enjeu : il faut aujourd'hui privilégier des formes simples et des habitats groupés, qui respectent l'intimité de chacun, mais aussi nos désirs d'espace intérieur, de lumière et d'ouverture sur la nature

I-4.4 La distribution intérieure :

La distribution des espaces intérieurs assure une fonction liée de façon évidente aux usages et aux rituels du bâtiment. Pourtant, la perception de ces espaces présente également une très forte composante environnementale (énergie, confort, santé, etc.).

Le zonage d'un habitat permet d'adapter des ambiances thermiques appropriées à l'occupation et l'utilisation des divers espaces.

Au nord on aménagera des espaces non chauffés dits « tampons », type garage, cellier, couloirs... ils assurent une protection thermique et contribuent directement aux économies d'énergies et au confort des occupants.

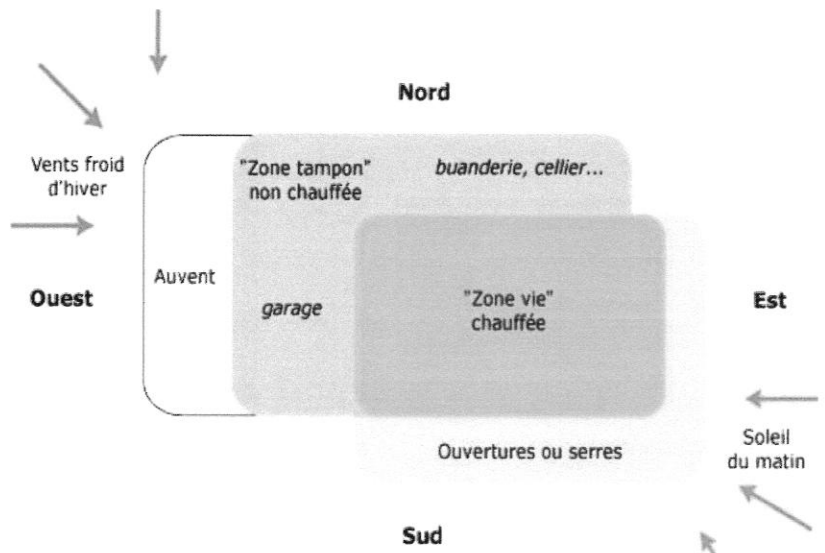


Figure (I.10): Zonage et distribution des espaces

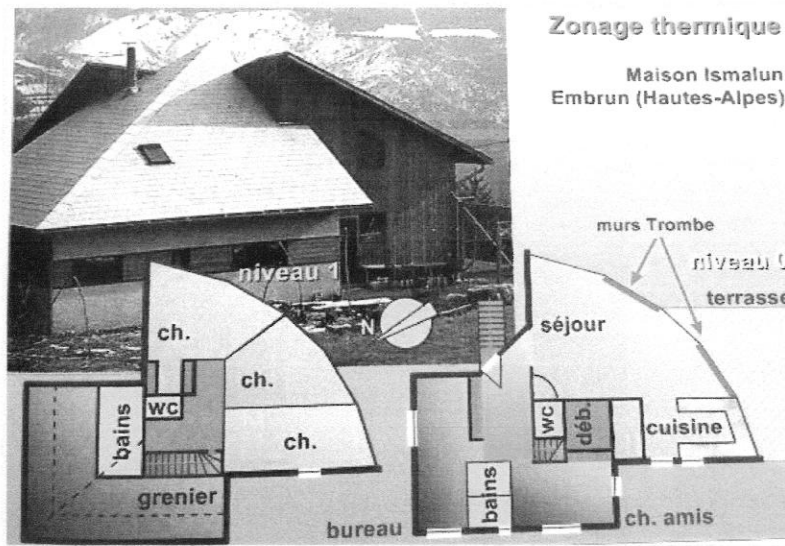


Figure (I.11): Espaces tampons organisés par zonage, au nord (arch .R.Marlin)

Cloisonner des espaces en différentes zones permet de créer des espaces protecteurs et des ambiances thermiques différentes, mieux appropriées à leurs utilisations propres .

I-4.5 Le choix des matériaux de construction et d'isolation :

Le discours architectural sur les matériaux a toujours intégré une réflexion sur la qualité des ambiances dans un projet, notamment en ce qui concerne l'architecture vernaculaire qui s'est toujours employée à utiliser des matériaux locaux adaptés aux conditions climatiques : par exemple, dans le sud-ouest de la France, l'utilisation de terre crue sur les façades exposées au soleil et de terre cuite sur celles exposées aux pluies et aux vents dominants.

Il assure le confort des occupants : en captant la chaleur ou en préservant la fraîcheur et en évitant les sensations de « parois froides » et favorise les économies d'énergies.

Les matériaux de construction et d'isolation sont aujourd'hui très nombreux et divers sur le marché.

Le maître d'ouvrage, en réflexion pour une construction ou une rénovation, est donc amené à faire des choix. Que privilégier lors du choix des matériaux : performance thermique, impact sur la santé, contrainte de mise en œuvre, coût..

Au regard de l'urgence de limiter nos émissions de GES (Gaz à effet de serre), isoler sa maison est la priorité, c'est à dire privilégier :

Une isolation qui génère des bâtiments confortables et économes

- Une isolation conséquente : qui respecte les exigences de performance du Bâtiment Basse Consommation
- Des ponts thermiques limités
- Une étanchéité à l'air soignée
- Une isolation durable
- Une isolation qui permette des bâtiments sains
- Une isolation qui utilise des « éco-matériaux » ou matériaux « bio sources »

I-4.5.1 Critères de choix des matériaux de construction et d'isolation :

- **La conductivité thermique (λ) :**

Le coefficient de conductivité thermique (λ) qui s'exprime en W/m.°C correspond au flux de chaleur (en watts) traversant un matériau d'un (1) mètre d'épaisseur pour une différence de température d'un (1) degré entre les deux faces. Le coefficient λ d'un matériau caractérise sa capacité à transmettre la chaleur par conduction, plus elle est faible, plus le matériau sera isolant.

- **La résistance thermique (R) :**

La résistance thermique (R) exprime la capacité d'un matériau à empêcher le passage de la chaleur à travers son épaisseur. Une paroi est d'autant plus isolante que sa résistance thermique est élevée. La résistance thermique d'un matériau dépend de son épaisseur et aussi de sa conductivité thermique. Elle s'exprime selon la formule :

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

avec

R : Résistance thermique ($\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$)

λ : Conductivité thermique ($\text{W}/\text{m} \cdot ^\circ\text{C}$)

e : épaisseur de l'isolant (m)

- **Le coefficient de transmission surfacique (K) :**

Le coefficient de transmission thermique d'une paroi est la quantité de chaleur traversant cette paroi en régime permanent, par unité de temps, par unité de surface et par unité de différence de température entre les ambiances situées de part et d'autre de la paroi. Il est l'inverse de la résistance thermique totale (R_t) de la paroi. Il est exprimé par la formule suivante :

$$K = 1/R \quad \text{d'où} \quad \lambda/e \quad (\text{en } \text{W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

avec

K : Coef de trans surfacique ($\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$)

R : Résistance thermique ($\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$)

e : épaisseur de l'isolant (m)

λ : Conductivité thermique ($\text{W}/\text{m} \cdot ^\circ\text{C}$)

- **Inertie thermique :**

L'inertie thermique d'un bâtiment ou d'une pièce de ce bâtiment est sa capacité à amortir les variations de température intérieure. Un bâtiment à forte inertie thermique aura une température intérieure naturellement stable, malgré de fortes variations des gains de chaleur qui pourraient résulter de gains solaires par les vitrages ou d'une occupation importante.

Cette inertie dépend de plusieurs caractéristiques :

- Les possibilités d'échange thermique des matériaux avec l'ambiance intérieure ;
- Leur capacité de stockage de la chaleur ;
- L'isolation thermique du bâtiment.

L'inertie thermique est donc recommandée élevée lorsqu'on désire stabiliser le climat intérieur en utilisant la climatisation et les gains solaires passifs. Dans ce cas, l'isolation thermique doit être appliquée à l'extérieur de la masse de stockage, elle-même constituée de matériaux lourds, apparents, et répartis autant que possible sur toutes les parois. Si dans le cas

contraire on désire que la pièce se chauffe ou se refroidisse rapidement, il faut une inertie thermique faible. Pour cela, prévoir des parois en matériaux légers, avec une isolation thermique appliquée de l'intérieur.

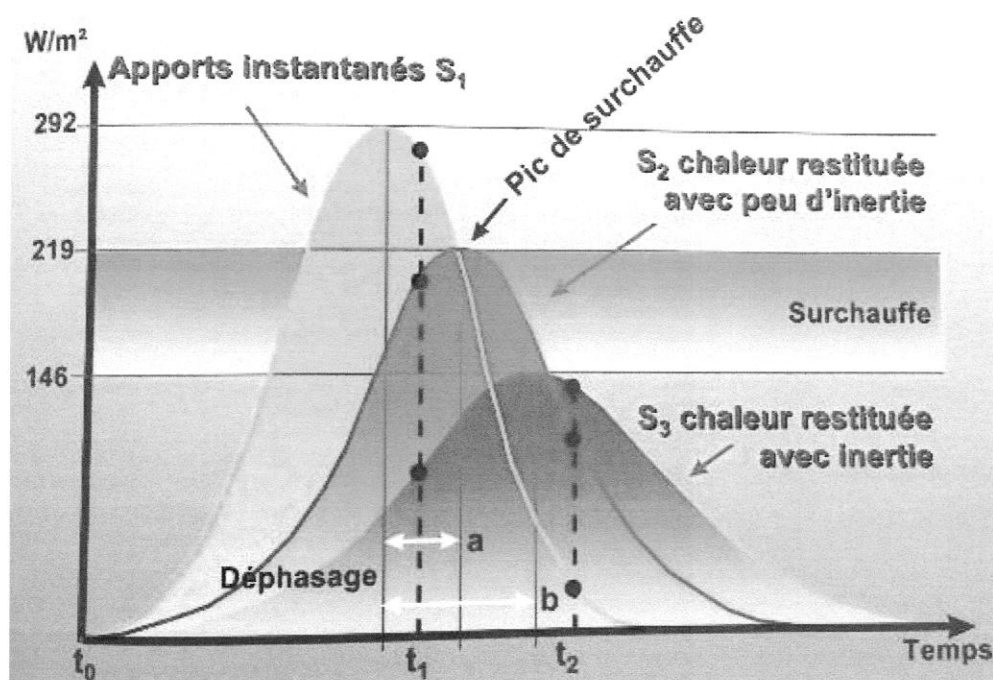


Figure (I.12): Réaction d'un local à inertie forte et d'un local à faible inertie en présence d'apports solaires.

- **Inertie thermique d'un bâtiment, principe de superposition :**

D'une manière générale, la température à l'intérieur d'un bâtiment s'écrit selon le principe de superposition

$$T_{\text{int}} = T_{\text{ext.moy}} + \Delta T + A_i \cos(\omega t) \quad \text{Avec}$$

(en °C)

T_{int} : Température intérieure à un instant t (°C);

$T_{\text{ext.moy}}$: Température extérieure moyenne sur 24 heures (°C);

ΔT : Gain thermique (°C);

A_i : Amplitude intérieure (°C);

$A_i \cos(\omega t)$: Fonction sinusoïdale de l'amplitude intérieure, où ω est la pulsion égale à $2\pi/P$ étant la période considérée (24 heures)

- Le gain thermique ΔT est donné par la formule suivante :

$$\Delta T = \frac{P_{\text{entrante}}}{P_{\text{perdue par } ^\circ\text{C d'écart}}} \quad (\text{en m}^2/\text{s})$$

Avec

ΔT : Gain thermique ($^\circ\text{C}$);

P_{entrante} : Puissance entrante ;

$P_{\text{perdue par } ^\circ\text{C d'écart}}$: Puissance perdue par degré de différence de températures .

La puissance entrante est due aux occupants et à la puissance solaire transmise par les vitrages et les parois opaques. La puissance perdue est la somme de la conductance moyenne de l'enveloppe et de la puissance échangée par ventilation

- La diffusivité thermique

Elle caractérise la vitesse à laquelle se diffuse, par conduction, un flux de chaleur dans un matériau. Par conséquent, plus la diffusivité thermique d'un matériau est faible, plus la chaleur met de temps à le traverser. Elle dépend de la capacité du matériau à conduire la chaleur (sa conductivité thermique) et de sa capacité à stocker la chaleur (capacité thermique). Elle s'exprime selon l'équation suivante :

$$D = \lambda / \rho \cdot c \quad (\text{en m}^2/\text{s})$$

Avec

λ : Conductivité thermique $\text{w}/\text{m}\cdot^\circ\text{C}$

ρ : Masse volumique en kg/m^3

C : Chaleur spécifique en $\text{KJ}/\text{kg}\cdot^\circ\text{C}$

- L'effusivité thermique

L'effusivité thermique renseigne sur la capacité d'un matériau à absorber ou restituer plus ou moins rapidement un apport de chaleur. Plus cette effusivité est élevée, plus le matériau absorbe rapidement beaucoup d'énergie sans se réchauffer notablement en surface (métal, pierre, faïence...). A l'inverse, plus l'effusivité est faible plus le matériau se réchauffe rapidement en surface en absorbant peu de chaleur (isolant, bois...). Concrètement, la valeur E_f exprime combien de kilojoules ont pénétré sur un (1) m^2 de surface de matériau, une (1) seconde après qu'elle ait été mise en contact avec une autre surface d'un (1) m^2 plus chaude qu'elle d'un (1) $^\circ\text{C}$. Elle est exprimée par la formule :

$$E_f = \sqrt{\lambda \cdot \rho \cdot C} \quad (\text{en } \text{w}\cdot\text{s}^{1/2}/\text{m}^2\cdot^\circ\text{C})$$

Avec

λ : Conductivité thermique $\text{w}/\text{m}\cdot^\circ\text{C}$

ρ : Masse volumique en kg/m^3

C : Chaleur spécifique en $\text{KJ}/\text{kg}\cdot^\circ\text{C}$

I-4.5.2 Le principe de l'isolation thermique :

L'isolation thermique joue le rôle d'une barrière de chaleur. En hiver elle nous protège contre le froid et a pour but de garder la chaleur à l'intérieur de bâtiment et l'été elle doit garder cette chaleur à l'extérieure pour nous offrir un intérieur le plus frais possible. C'est grâce à une bonne isolation que nous serez confortablement installé chez nous. Mais plus que ça une bonne isolation permet de réduire la facture énergétique.

Plusieurs endroits de la maison peuvent être source de fuite pour la chaleur.

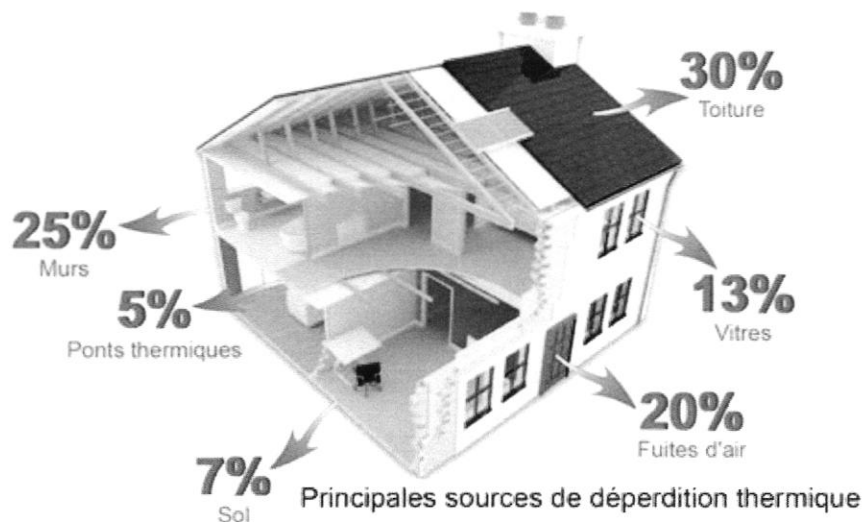


Figure (I.13): Principales sources de déperdition thermique .

I-4.5.3 Les techniques d'isolation :

Il existe deux systèmes d'isolation : intérieur et extérieur

- **Système d'isolation rapportée par l'intérieur :**

L'isolation rapportée par l'intérieur permet de traiter aisément les jonctions avec les menuiseries, portes, balcons, ... ainsi que celles avec l'isolation des combles et toitures. Pour respecter les conditions de confort d'été, la masse des murs n'étant pas en contact avec les volumes intérieurs, il sera pertinent de composer avec des parois intérieures lourdes. C'est la technique dominante, qui peut se traduire par des ponts thermiques importants au niveau des planchers intermédiaires et des refends lorsque ceux-ci sont maçonnés. En maison individuelle, le poids de ces ponts thermiques est assez limité, entre autre parce que des solutions simples de traitement existent.

on revanche, au fur et à mesure que le nombre de niveaux augmente, le traitement des ponts thermiques des planchers intermédiaires nécessite le recours à des solutions de rupteurs thermiques plus complexes ou à des structures intégrant le traitement thermique.

• Système d'isolation rapportée par l'extérieur :

L'isolation thermique par l'extérieur consiste à placer la couche d'isolant (polystyrène expansé ou autre isolant) et les différentes couches de matériaux de parements (enduit minéral ou organique, PVC, bois, pierre, etc.) sur les murs extérieurs d'un bâtiment. L'enveloppe thermique ainsi constituée apporte un haut de niveau de performance thermique en supprimant les ponts thermiques responsables de déperditions de chaleur.

Avantages de l'isolation thermique extérieur :

Bien mise en œuvre, l'ITE présente de nombreux atouts.

Performances thermiques et acoustiques :

- satisfait aux exigences thermiques de la RT 2012 et aux exigences des bâtiments basse consommation ;
- permet également d'anticiper les évolutions de la réglementation thermique en répondant aux exigences des bâtiments passifs ou à bilan énergétique positif ;
- traite les ponts thermiques de liaisons planchers et refends avec le mur extérieur ;
- assure une excellente étanchéité à l'air ;améliore l' isolation acoustique .

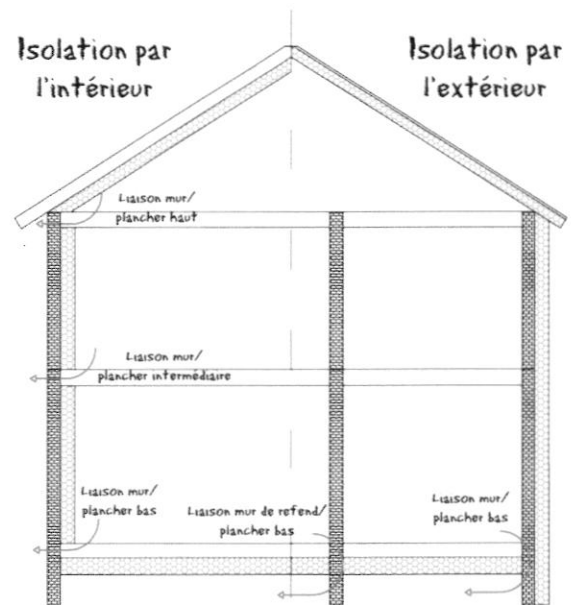


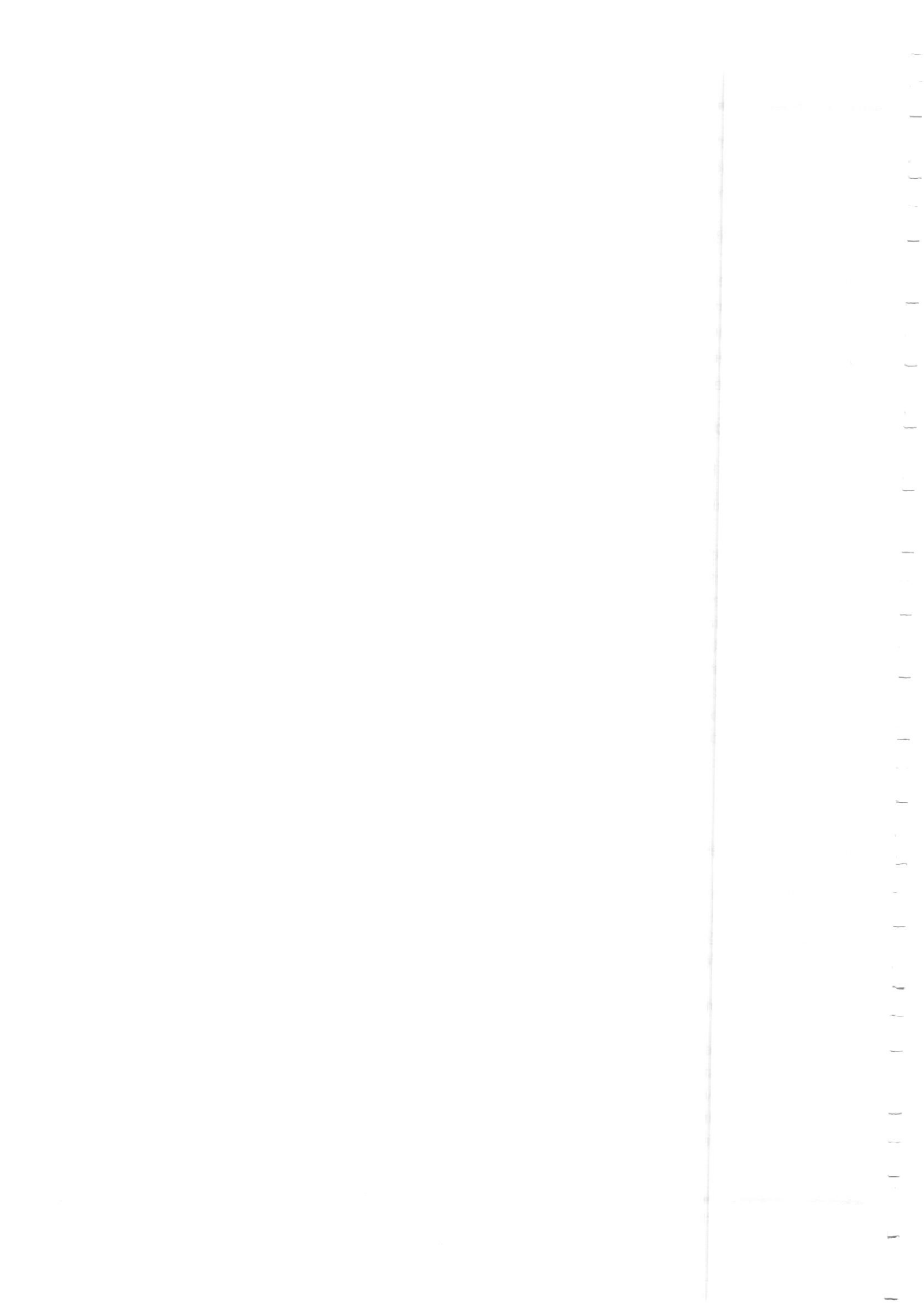
Figure (I.14): Isolation intérieure et extérieure.

Confort et économies d'énergie :

- offre un gain très perceptible de confort, hiver comme été, en maintenant les murs extérieurs à température constante par inertie thermique ;
- permet de réaliser des économies d'énergie ;
- permet d'effectuer des travaux de rénovation sans gêner les occupants.

Esthétique et pérennité du bâti :

- offre une liberté architecturale pour rénover les façades grâce à une multitude d'aspects extérieurs esthétiques disponibles (matériaux, couleurs, textures) ;
- conserve et valorise le bâti ;
- laisse circuler la vapeur d'eau de l'intérieur vers l'extérieur afin d'éviter les phénomènes de condensation et l'apparition de moisissures.



I-4.5.4 Le choix des matériaux :

Plusieurs matériaux peuvent être utilisés pour isoler un bâtiment .

Certains sont dits minéraux, dont les plus connus sont la laine de verre ou encore la laine de roche.

L'avantage de la laine de verre est qu'elle peut être utilisée aussi bien pour l'isolation intérieure qu'extérieure.

Il existe aussi des isolants dits naturels, à savoir la paille, le coton, la cellulose de bois ou encore le chanvre.

Pour choisir l'isolant plusieurs critères sont à prendre en compte. Mais les deux critères principaux de sélection d'un isolant sont sa conductivité thermique et la résistance thermique.

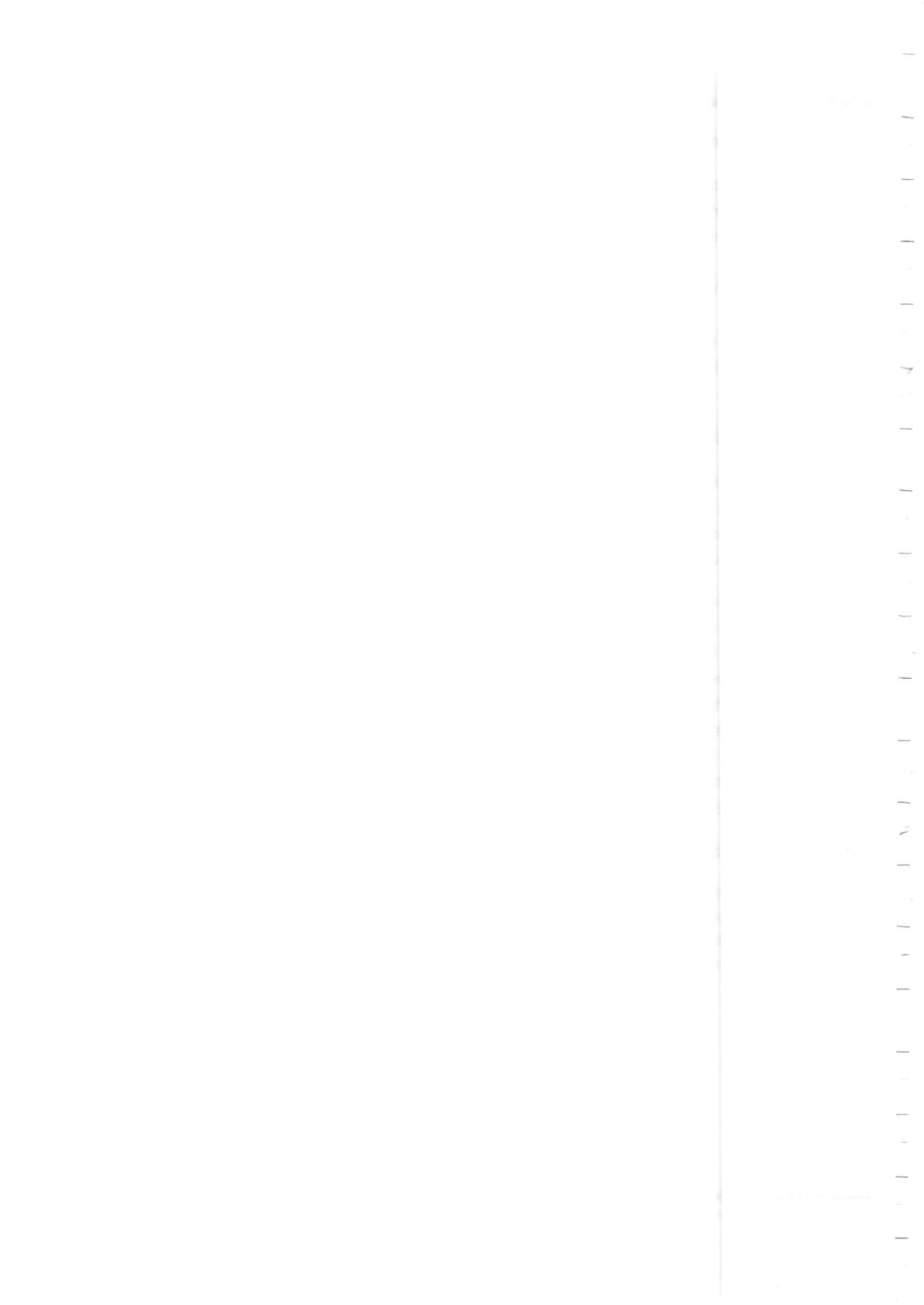
I-4.6 La ventilation et l'étanchéité à l'air :

La ventilation, véritable poumon des bâtiments, permet de remplacer l'air « vicié » par de l'air « neuf », de satisfaire les besoins en oxygène pour les occupants et pour les systèmes de chauffage à combustion, d'évacuer la vapeur d'eau accumulée dans l'air, de limiter la pollution intérieure et d'améliorer le confort en éliminant les odeurs, fumées et autres polluants.

Nous passons plus de 80 % de notre temps dans un espace confiné où la qualité de l'air est la plupart du temps négligée et la pollution intérieure sous-estimée. Or l'air de nos logements est sous l'influence de l'air extérieur, du sol, du bâtiment (produits de construction, appareils à combustion, ameublement), des occupants (tabagisme, activité de cuisine, de bricolage, d'entretien), des plantes et des animaux. Dans un milieu clos, les pollutions intérieures et extérieures s'ajoutent, mais peuvent aussi interagir, en créant d'autres polluants tels certains composés organiques volatils (COV) ou de très fines particules. L'air que nous respirons peut avoir des effets sur le confort et la santé, depuis la simple gêne - odeurs, somnolence, irritation des yeux et de la peau- jusqu'à l'aggravation ou le développement de pathologies comme les allergies respiratoires.

I-4.6.1 La ventilation naturelle :

La ventilation naturelle est définie comme étant le mouvement d'air qui s'effectue à travers un espace sans l'influence d'appareillage mécanique. Les écoulements d'air naturels reposent sur les effets du vent et les variations de la densité de l'air dus aux différences de températures. Cette technique est assurée par deux ouvertures, l'une basse par laquelle entre l'air frais extérieur et l'autre haute par laquelle s'échappe l'air intérieur vicié, ceci par effet thermosiphon



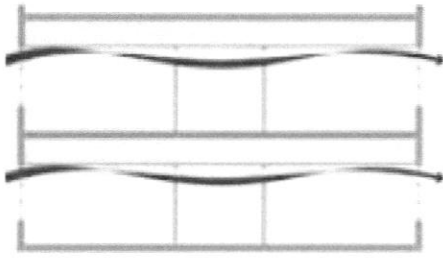


Figure (I.15): Ventilation naturelle Transversale ouvertures sur des façades opposées .

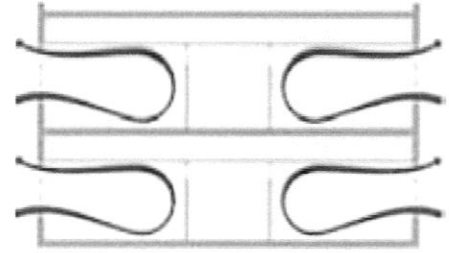
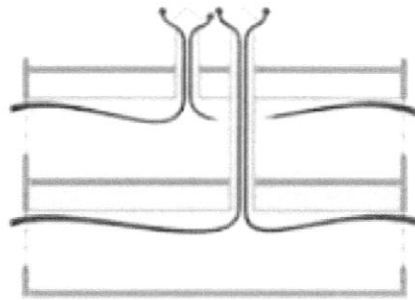


Figure (I.16): Ventilation naturelle Unilatérale ouverture sur une seul façade.



Figure(I.17): façades opposées Par tirage thermique ou effet de cheminée.

I-4.6.2 La ventilation mécanique :

Pour maîtriser l'extraction de l'air vicié, des systèmes de « ventilation mécanique contrôlée » (VMC) sont utilisés. Les systèmes à simple flux permettent l'extraction de l'air vicié par un ventilateur placé en toiture sur une gaine collective. Des gaines de distribution relient la gaine collective aux bouches d'extraction situées dans les pièces d'eau et la cuisine.

Dans les systèmes à double flux, l'air frais est introduit par soufflage dans les pièces au moyen de gaines et d'un ventilateur. Les calories de l'air extrait sont récupérées par l'intermédiaire d'échangeurs statiques (le plus souvent des échangeurs à plaques).

La ventilation mécanique contrôlée double flux permet également d'éviter les entrées directes de bruit extérieures.

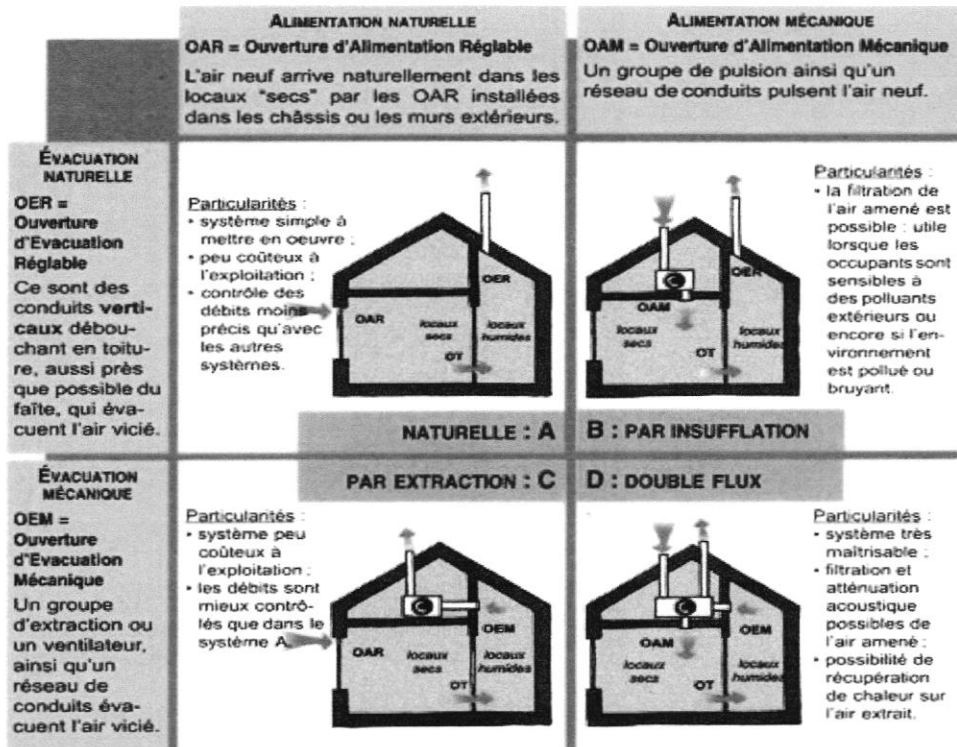


Figure (I.18): Les quatre systèmes de ventilation. (Source : Pour une amélioration de la performance énergétique des logements neufs, MRW, 2004)

I-4.6.3 L'étanchéité à l'air :

L'enveloppe doit garantir une étanchéité suffisante à l'air pour éviter les infiltrations inopportunes par grand froid ou par grand vent . Il faut veiller au contrôle du renouvellement d'air par un système de ventilation .

L'étanchéité à l'air devient un point incontournable de la performance thermique du bâtiment d'aujourd'hui. Néanmoins, il est possible de concilier étanchéité à l'air et perspirante, notamment grâce à l'utilisation de membranes techniques spécifiques.



Figure (I.19): Écran souple de sous-toiture constitué d'une feuille plane lisse en polypropylène perméable à la vapeur d'eau et de deux non-tissés en polypropylène.

Chapitre I

Le Pare-pluie: il se pose en sous toiture ou en face extérieur d'un mur ossature bois et assure l'étanchéité à l'eau (ses propriétés sont similaires à celles d'une veste « gortex »). **Sd = 0.18**

Il se présente sous deux formes différentes : en film souple ou en plaques rigides

Le Pare- vapeur : il empêche le passage de la vapeur d'eau dans l'isolant, il se place côté intérieure du bâtiment. **Sd > 10 m**

Le Frein vapeur : placé à l'intérieur du bâtiment, il assure l'étanchéité à l'air du bâtiment, il freine le passage de la vapeur d'eau (il est utilisé lorsque l'on conçoit des murs respirant). **Sd = 1 à 5 m**



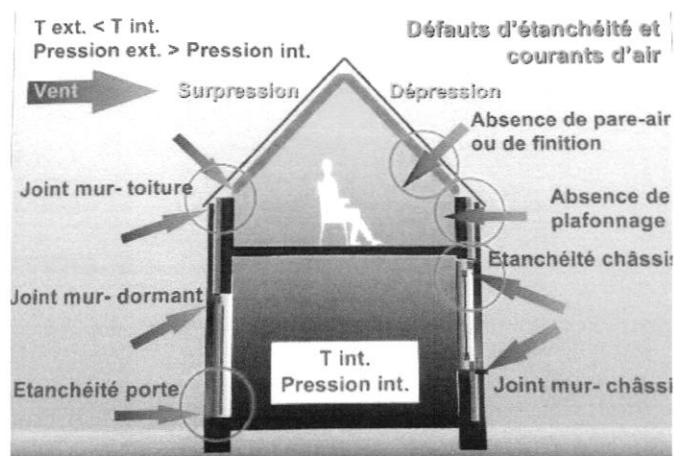
Figure (I.20) : Frein vapeur en ossature bois : les laies sont scotchées entre elles avec un adhésif spécifique.

Le frein vapeur « intelligent » ou hygrorégulant placé à l'intérieur du bâtiment, il a la capacité de s'ouvrir plus ou moins au passage de la vapeur d'eau selon les conditions de T° et d'humidité relative de part et d'autre de la membrane. **0.6 > Sd > 4 m**

Les pare-vapeurs et freins vapeurs protègent l'isolant de l'humidité ET assurent l'étanchéité à l'air du bâtiment. Ils doivent donc être posés avec soin.

Gestion de l'humidité dans les parois : les experts sont prudents

En construction neuve, comme en rénovation, **l'ISOLATION PERFORMANTE** est primordiale. Il faut cependant tenir compte de la régulation de **l'HYGROMETRIE** dans la maison, pour le confort des habitants comme pour la durabilité des matériaux.



Figure(I.21): Les défauts d'étanchéité des bâtiments sont des sources de courants d'air inconfortables .

En effet, les matériaux d'isolation et de construction sont plus ou moins sensibles à l'humidité, et la présence d'eau dans le matériau peut être source de détérioration avec le temps (diminution du pouvoir isolant, déstructuration, moisissures...).

Les sources d'humidité sont multiples dont une est importante à mieux cerner : la vapeur d'eau, présente

dans l'air intérieur – car générée par les personnes en activité : respiration, douches, cuisine... - et sujette à condensation sur ou dans les parois.

Lorsque la vapeur d'eau traverse une paroi, en hiver, sa température baisse progressivement de l'intérieur vers l'extérieur. A une température donnée, cette vapeur **atteint le point de rosée et se condense** (en eau liquide), c'est cette eau qui peut générer des dégradations.

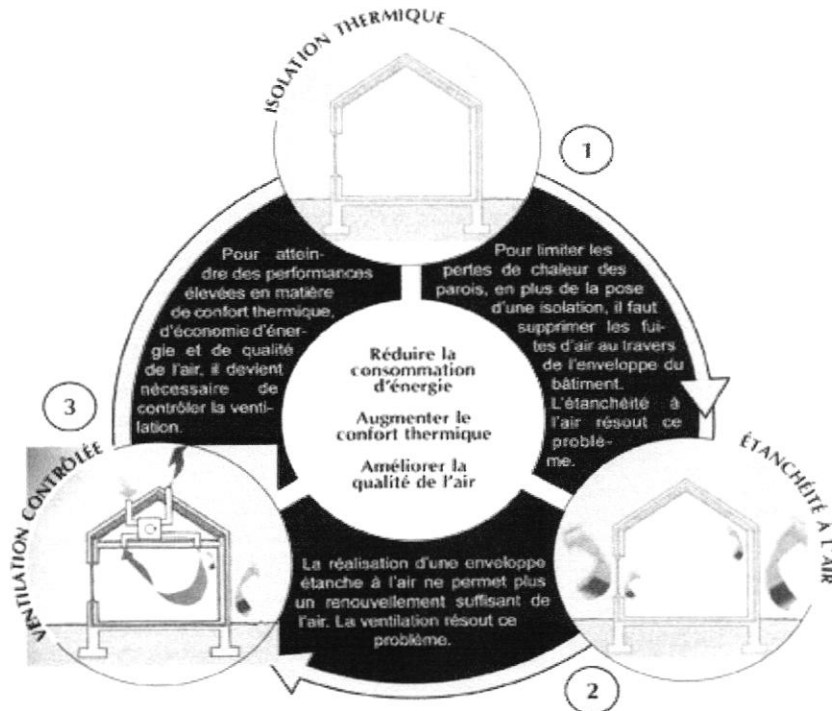


Figure (I.22): Liens entre isolation, étanchéité à l'air et ventilation. (Source : La ventilation mécanique, guide pratique pour les installateurs de techniques spéciales, DGTR et FFC, 2004).

I-4.7 Le confort thermique :

La notion de confort thermique est le lien entre la thermique du bâtiment et la thermique du corps humain. Elle est variable d'un individu à l'autre. Elle dépend en réalité de bien plus de paramètres que la température opérative. Par exemple s'il fait 40 degrés à l'extérieur et 30 à l'intérieur le corps va s'adapter à cette température sans être en situation d'inconfort. Au contraire passer d'une température extérieure de 0°C à 25°C en intérieur sera inconfortable. Comme le dit Robert CELAIRE, ingénieur spécialisé dans l'efficacité énergétique et la qualité environnementale des bâtiments, « le confort thermique dépend du confort global (visuel, acoustique, olfactif, humidité de l'air...). » Tous ces facteurs ont une influence sur le bien-être.

I-4.7.1 Notions de grandeurs physiques de l'environnement thermique :

- **La température**

De par la place qu'elle occupe dans l'intensité des échanges thermiques, il est important de bien cerner la notion de température. En effet, plusieurs types de températures caractérisent les échanges thermiques notamment ceux par convection et par rayonnement.

La température de l'air ambiant

C'est le premier paramètre à contrôler. Toutefois, seul, il ne peut renseigner sur le confort thermique qui prévaut dans l'espace considéré. Elle est mesurée à l'ombre loin du rayonnement solaire et celui des parois à l'aide d'un thermomètre à bulbe sec placé à une hauteur d'environ 1,50 m. L'enveloppe de l'habitat doit être capable de maintenir la température dans une fourchette dite de confort malgré les écarts de la température extérieure, été comme hiver, de jour comme de nuit. Ensuite, il faut assurer une certaine homogénéité dans l'espace car il est peu confortable d'avoir la tête au chaud et les pieds au froid, de passer d'une pièce froide à une pièce chaude en sachant que l'air chaud monte et l'air froid descend.

La température rayonnante des parois

C'est la température des parois avec lesquelles le corps échange de la chaleur par rayonnement. Elle est mesurée à l'aide d'un thermomètre à sonde de contact ou infrarouge. Lors du calcul de la température rayonnante moyenne, il est essentiel de pondérer la température de chaque surface par l'angle solide sous lequel la personne voit la surface

Par exemple, les températures de surface sont de 10 °C pour la fenêtre et de 20 °C pour toutes les autres parois. Pour calculer la température moyenne résultante, on peut imaginer que l'observateur est le centre d'une sphère. Tous les rayons de la sphère passant par le contour de la fenêtre dessinent sur la sphère la surface S1. Si dans le cas présent la surface

S1 représente 5% de la surface de la sphère, on a simplement :

$TRM = 10 \times 0,05 + 20 \times 0,95 = 0,5 + 19 = 19,5 \text{ C}^\circ$. Lorsque la personne s'approche de la fenêtre, elle la voit sous un angle solide plus grand. La surface sur la sphère devient S2, supérieure à S1. Si S2 représente 10% de la surface de la sphère, on a maintenant :

$TRM = 10 \times 0,10 + 20 \times 0,90 = 1 + 18 = 19 \text{ C}^\circ$. (Figure 1.5).

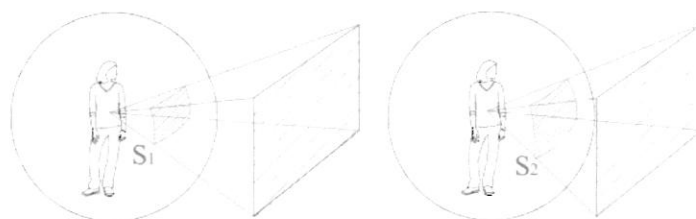


Figure (I.23): La température surface est pondérée par l'angle solide par lequel voit la surface de la personne



La température d'ambiance :

Mesurée, lorsque les mouvements de l'air sont relativement faibles, à l'intérieur d'une sphère de couleur sombre placée au milieu de la pièce (la sphère à une forme qui lui permet de sentir tout l'espace, la couleur sombre est choisie pour mieux absorber le rayonnement). Les échanges thermiques par convection et par rayonnement sont alors conjointement pris en compte.

La température opérative ou résultante:

Il s'agit de la moyenne des températures ambiante et rayonnante moyennes qui entrent dans l'étude des échanges thermiques par convection et par rayonnement. Elle est simple à calculer puisque généralement simplifiée. Elle est donnée par la formule suivante :

$$T \text{ résultante} = T \text{ ambiante} + T \text{ radiante moyenne} / 2$$

La température ambiante et la température radiante moyenne se complètent de façon à ce que la somme des deux quantités de chaleur échangée reste constante.

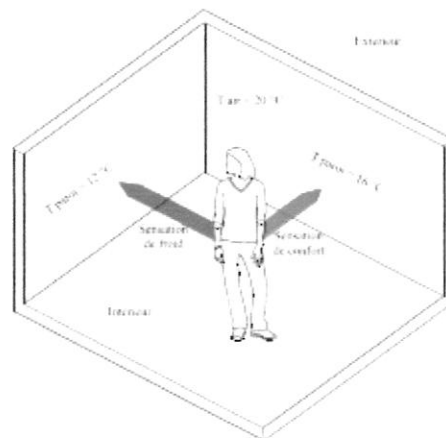


Figure (I.24): La température opérative dépend de celle de l'air et des parois



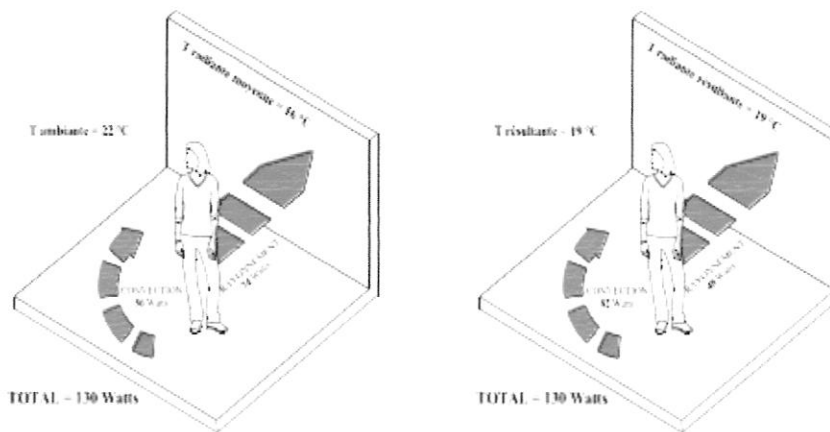


Figure (I.25): Complémentarité des températures ambiante et radiante moyenne.

- **Les mouvements de l'air :**

La vitesse de l'air influence les échanges de chaleur par convection et augmente l'évaporation à la surface de la peau. Au-delà de 0.2 m/s, valeur qualifiée par Liébard et De Herde de « seuil de perception des courants d'air », il se produit un courant d'air qui affecte directement le confort thermique d'un individu moyen.

Lorsque les températures sont confortables, on peut se passer du mouvement d'air minimum pour assurer le confort thermique. Cela-dit, si la vitesse d'air est accrue dans un espace donné (entre 0.2 et 0.8 m/s), la température opératoire peut être augmentée de 3 degrés au-dessus de la zone de confort. Ce qui veut dire que la température ressentie peut être diminuée en augmentant légèrement la vitesse de l'air.

- **L'humidité relative :**

L'humidité relative est un paramètre influent dans le confort thermique, des taux élevés ou bas couplés à des températures extrêmes procurent des sensations de désagrément. Selon A. 109 Liébard et A. De Herde, L'humidité relative HR est le rapport exprimé en pourcentage entre la quantité d'eau contenue dans l'air sous forme de vapeur à la température ambiante et la quantité maximale qu'il peut contenir à cette même température. Entre 30% et 70%, l'humidité relative pèse peu sur la sensation de confort thermique. Plus l'air est chaud, plus il peut contenir d'humidité. A saturation et à une température de 20°C, l'air contient 14g d'eau sous forme de vapeur, à 30°C, il en contient 27g. Comme il est illustré dans la figure ci-dessus, pour une activité de bureau, la plage de confort est considérée à des températures allant de 19.7 à 24.7°C et des humidités allant de 30 à 70%.

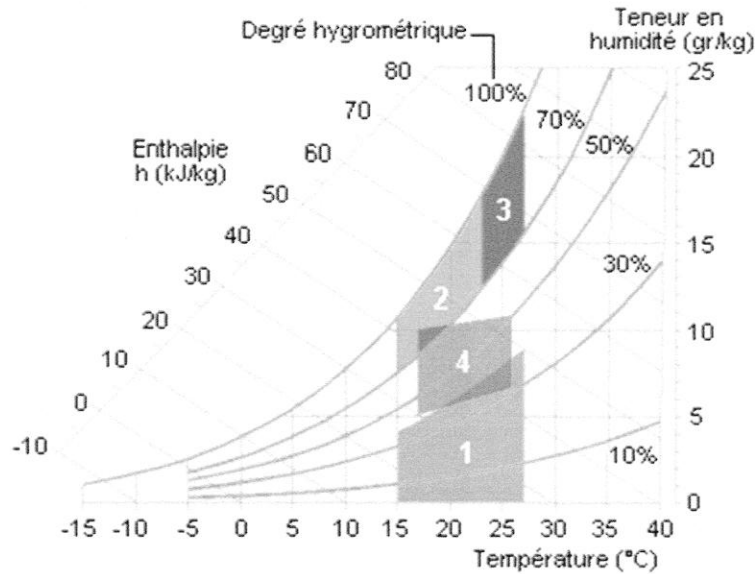


Figure (I.26): Plage de confort sur le diagramme de l'air humide (Diagramme hygrothermique)

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

I-4.7.2 Le confort thermique et le corps humain :

Par le biais de son activité métabolique, le corps humain produit constamment de la chaleur, une partie de celle-ci est cédée par le corps à son environnement dans le but de maintenir sa température aux alentours des 37°C nécessaires à l'équilibre thermique du corps humain. Pour que soit cette interaction thermique entre le corps humain et son environnement, un ensemble de faits physiques entrent en jeu. Ils sont résumés dans les points suivants et la figure ci-contre.

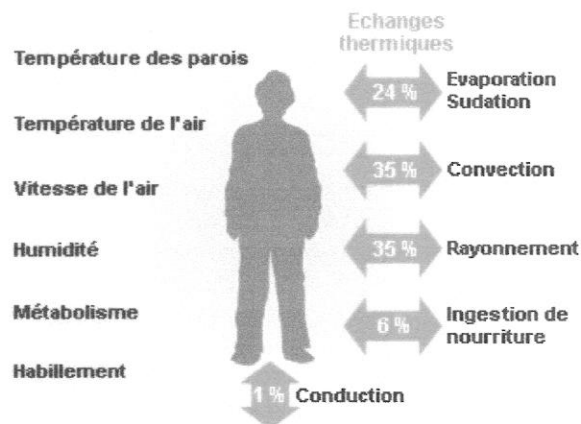


Figure (I.27): Interaction thermique entre le corps humain et son environnement.

I-4.7.3 Echanges thermiques entre le corps humain et son environnement :

Le corps échange constamment de la chaleur avec son environnement immédiat, ces échanges se font selon trois mécanismes distincts, la conduction, la convection et le rayonnement.

➤ La conduction :

Ce sont les échanges thermiques qui s'opèrent lorsque le corps est en contact direct avec un solide. Il s'agit des échanges les moins importants. Ils dépendent de :

- La différence de température entre les deux corps ;
- La conductivité thermique du solide en contact ;
- L'épaisseur du solide ;
- La surface de contact entre la peau et le solide.

➤ La convection:

Il s'agit des échanges de chaleur entre le corps et le liquide qui l'entoure fluide ou gaz soit-il. Ils dépendent de :

- La vitesse du liquide, (0.2 m/s quand il s'agit d'air en convection naturelle) ;
- La température de l'air ;
- La température de la peau.

➤ Le rayonnement :

Le corps échange de la chaleur avec des solides en contact direct par conduction mais aussi sans contact direct par rayonnement. En effet, le corps froid reçoit de la chaleur du corps chaud par réception de rayons infrarouges. A ces trois modes d'échange s'ajoute l'évaporation. Considérée comme la meilleure manière pour éliminer la chaleur produite par le corps humain.

➤ Le métabolisme :

Le degré d'activité du corps humain est mesurée en "met" (métabolisme). Comme illustré dans la figure ci-contre et dans le tableau ci-dessous, une unité équivaut au métabolisme d'une personne inactive soit environ 58 W/m² de surface corporelle. Les valeurs de métabolisme supérieures à un (1) met sont dites « de travail » et correspondent à une activité particulière qui s'ajoute au métabolisme de base du corps au repos.

Chapitre I

Activité	W/m ²	Met
Repos, couché	46	0.8
Assis, inactif	58	1.0
Debout, décontracté	70	1.2
Assis en activité, (bureau, domicile, école, laboratoire)	70	1.2
Debout en activité légère (achat, laboratoire, industrie légère)	93	1.6
Debout en activité moyenne (vendeur, travail ménager)	116	2.0
Debout en activité importante (travail lourd sur machine, travail de garage)	174	3.0

Tableau (I.2) : Valeurs de métabolisme en (W/m²) et en (Met) pour diverses activités

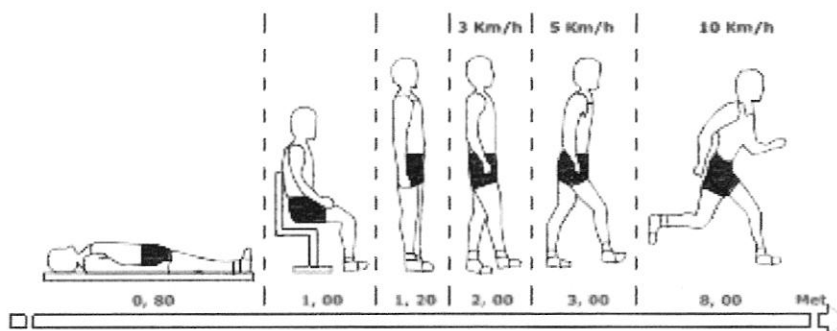


Figure (I.28): Valeurs de métabolisme en (Met) selon l'activité de l'individu.

➤ L'habillement :

La vêtue représente une résistance thermique aux échanges de chaleur entre la surface de la peau et l'environnement. Elle maintient le corps humain à une température acceptable en l'épargnant des rudesses du climat extérieur (Froid, chaleur, rayonnement solaire...etc.).

Le transfert de chaleur par conduction entre la peau et l'ambiance extérieure est complexe et implique des mouvements de convection interne et des phénomènes de radiation entre les couches de vêtements. Toutefois, l'unité conventionnelle de résistance thermique pour la vêtue est le « Clo » avec 1 clo = 0.155 m² K/W).

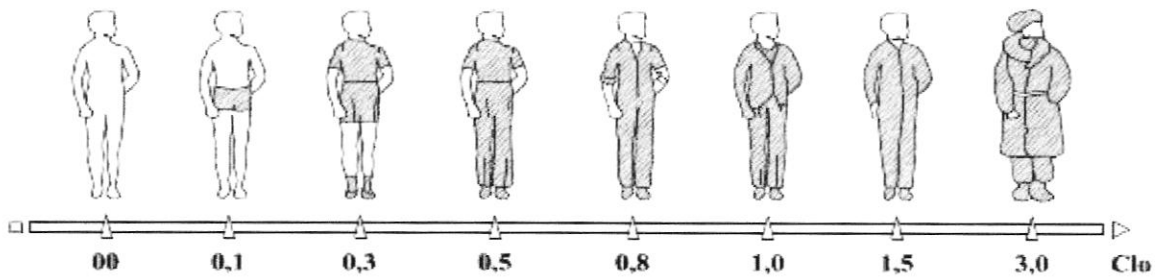


Figure (I.29) : Valeurs de la résistance thermique de la vêtue en « clo ».

I-4.7.4 Le bilan thermique :

L'énergie produite par le métabolisme est dissipée en travail par une activité physique et en chaleur dans l'environnement immédiat par l'intermédiaire et des phénomènes d'échanges de chaleur. Une partie de la chaleur produite est emmagasinée à l'intérieur du corps. La stabilité de la température corporelle est obtenue lorsque la production de chaleur métabolique de base et du travail physique ainsi que les pertes vers l'environnement extérieur sont équilibrées. Le bilan thermique du corps humain est résumé dans l'équation suivante :

$$M - W = (C + R + E_{sk}) + (E_{res} + C_{res}) + S_{sk} + S_c \quad (\text{en } w/m^2)$$

Avec :

M : Production de chaleur métabolique

W : Travail fourni à l'extérieur

E_{res} : Echange de chaleur par évaporation respiratoire

C_{res} : Echange de chaleur par convection respiratoire

C : Echange de chaleur par convection

R : Echange de chaleur par rayonnement

S_{sk} : Chaleur stockée dans la peau

S_c : Chaleur stockée à l'intérieur du corps

E_{sk} : Echange de chaleur par évaporation

Les deux grandes approches du confort thermique

Le confort thermique a fait l'objet de nombreuses investigations dans différents contextes comme les bâtiments, les moyens de transport (voitures, avions) ou les lieux de travail. En ce qui concerne les bâtiments, le domaine de recherche sur le confort thermique est partagé entre deux approches. Ce sont les approches analytique et adaptative. La première est considérée comme linéaire car elle stipule que les conditions climatiques déclenchent chez l'individu uniquement des réponses physiologiques qui modifient sa sensation de confort, tandis que la seconde se base sur l'incapacité de l'approche analytique à représenter la réalité du confort thermique dans les bâtiments, et

intègre les considérations psychologiques et considère que l'individu est actif face aux conditions qu'il estime inconfortables.

I-4.7.4.1 L'approche analytique :

Basée sur le calcul du bilan thermique du corps humain, cette approche a pour principal objectif de prédire la sensation thermique des occupants afin d'identifier les conditions de confort thermique. Dès lors, des modèles physiologiques et physiques ont été développés pour déterminer les grandeurs physiologiques de l'individu telles que la température cutanée, la température interne et la mouillure cutanée, mais aussi pour calculer les échanges de chaleur entre l'occupant et son environnement par conduction, convection, rayonnement et évaporation. Ces modèles se basent sur les principales grandeurs physiques de l'ambiance thermique comme la température d'air, la température de rayonnement, l'humidité d'air et la vitesse d'air, ainsi que les caractéristiques propres à l'individu comme sa taille et son poids, sa production de chaleur métabolique, son habillement...etc. Comme résultat, de nombreux indices sont proposés sous forme d'échelles de sensation thermique pour exprimer le niveau de confort pour les conditions étudiées.

On retrouve dans les bâtiments de nombreux modèles du confort thermique, les plus couramment utilisés sont celui de Gagge (le SET [température effective standard]), et celui de Fanger (le PMV [vote moyen prévisible]). Ce dernier a servi de base pour la norme internationale I.S.O 7730 qui porte sur les conditions de confort dans les ambiances thermiques modérées, et celui de Gagge pour la norme américaine ASHRAE Standard 55 qui lui aussi précise les conditions de confort thermique dans les bâtiments.

Les indices PMV et PPD de Fanger :

Fanger a élaboré deux outils simplifiés pour l'estimation du confort thermique, le **PMV** qui est un « indice de vote moyen prévisible » complété par le **PPD** qui signifie « pourcentage prévu d'insatisfaits ». Selon Fanger, trois conditions sont nécessaires pour qu'une personne soit en situation de confort thermique :

- Un bilan thermique équilibré ;
- Une évaporation sudorale située dans les limites du confort ;
- Une température moyenne de la peau située dans les limites de confort.

➤ L'indice PMV :

Le PMV (Predicted Mean Vote – Vote moyen prévisible) mis au point par Fanger donne la moyenne des votes émis par un groupe important de personnes qui exprimeraient un vote de sensation de confort thermique en se référant à une échelle subjective comportant sept (7) points allant de « chaud » à « froid » :

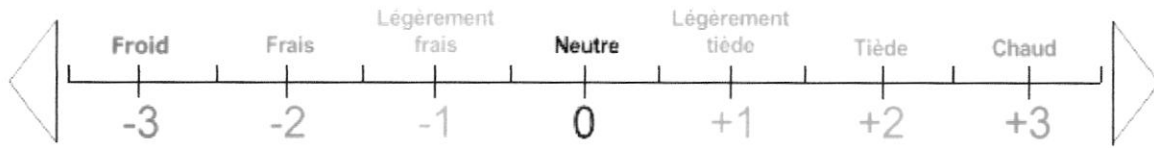


Figure (I.30) : Echelle de sensation thermique de l'ASHRAE

La zone de confort se situe entre la sensation de légère fraîcheur « -1 » et celle de légère chaleur « +1 », la valeur zéro du **PMV** exprime la sensation de confort optimale.

Pour le calcul du **PMV**, ce sont, en réalité, six paramètres qui rentrent en jeu, deux variables humaines : le métabolisme, l'habillement ou l'isolement vestimentaire, et quatre variables d'ambiance intérieure : la température ambiante de l'air, la température de rayonnement des parois, l'humidité relative de l'air et la vitesse de l'air. Comme le PMV a été déterminé dans des conditions stationnaires (chambres climatiques), son application reste limitée aux ambiances stationnaires et homogènes où les conditions ne varient pas, ou peu, dans le temps.

➤ L'indice PPD

Le PPD (Predicted Percentage Dissatisfied - Pourcentage Prévu des Insatisfaits) est un deuxième indice introduit par Fanger pour accompagner le PMV. L'auteur suppose tout d'abord que les personnes votant -3, -2, +2 ou +3 sur l'échelle de l'ASHRAE, sont insatisfaites des conditions de l'ambiance thermique. Il définit alors l'équation ci-dessous pour relier le pourcentage d'insatisfaits au vote moyen. Concrètement, cette équation permet, en fonction du PMV, de prévoir le pourcentage d'insatisfait à une ambiance thermique donnée.

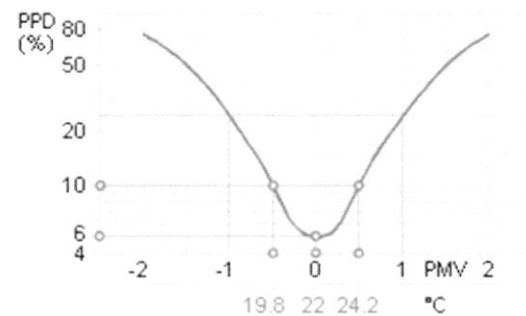


Figure (I.31) : Relation entre les indices PPD et PMV

$$\text{PPD} = 100 - 95 \cdot \exp [- (0,03353 \cdot \text{PMV}^4 + 0,2179 \cdot \text{PMV}^2)]$$

I-4.7.4.2 L'approche adaptative:

Cette approche met en exergue les limites des indices rationnels dont l'approche analytique fait usage sous des conditions figées et homogènes, à prédire le confort thermique réel interprétation de l'interaction de l'homme et son environnement. Humphreys et Nicol considèrent que « si un changement arrive dans un environnement en provoquant un inconfort, les personnes répondront par des réactions qui tendent à rétablir le confort ». Ces réactions constituent la base de l'approche adaptative du confort thermique, elles sont classées par De Dear et Brager en trois catégories à savoir :

Comportementales, physiologiques et psychologiques.

L'occupant, afin de maintenir son état de confort, met en jeu consciemment ou inconsciemment des actions autres que celles dont il est question dans l'approche analytique.

Il n'est donc plus un élément passif qui subit les les conditions de l'ambiance thermique.

Des réponses rétroactives représentant l'interaction dynamique entre l'homme et son environnement, vont venir se greffer à la chaîne figée de l'approche analytique comme il est explicité dans la figure ci-contre.

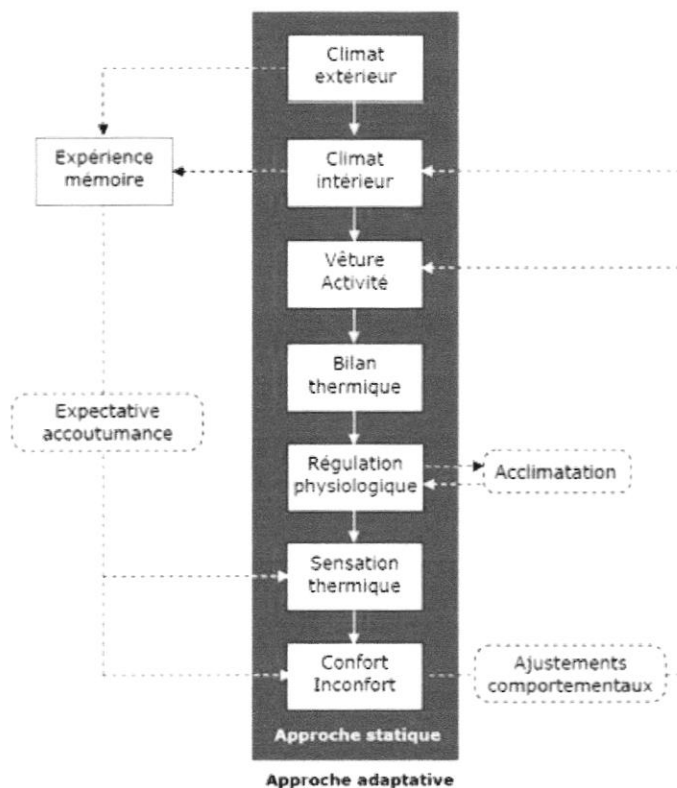


Figure (I.32) : Représentation des mécanismes d'adaptatif.

➤ L'adaptation par ajustement comportemental :

Les ajustements comportementaux sont déterminants pour l'occupant dans son agrément des conditions thermiques dans lesquelles il évolue et donc sa sensation globale de confort thermique. Nicol a classé les différentes possibilités d'ajustements comportementaux qui s'offrent à l'occupant en quatre catégories. Elles sont les suivantes :

- Adapter l'activité métabolique interne (Consciemment, en sautant sur soi-même lorsqu'il fait froid, par exemple, ou inconsciemment en frissonnant) ;
- Modifier les pertes de chaleur du corps vers l'extérieur (Consciemment, en ajoutant ou en enlevant une pièce de vêtement, par exemple, ou inconsciemment en suant) ;
- Adapter les conditions de l'environnement thermique (Ouvrir ou fermer une fenêtre, enclencher un ventilateur...etc.) ;
- Changer l'environnement thermique (Se déplacer vers une autre pièce, s'éloigner du rayonnement direct du soleil...etc.).

En usant de cette panoplie de leviers d'actions dont il jouie, l'occupant agit soit en adaptant la température de confort ou bien en adaptant les conditions existantes. La quantité et la qualité des ajustements comportementaux envisageables dépendent de la situation dans laquelle se trouve l'occupant (géographique, culturelle, matérielle ou financière ...etc.).

➤ L'adaptation par l'acclimatation physiologique :

L'acclimatation physiologique signifie la diminution des réactions du corps humain vis-à-vis des variations des conditions thermiques de son environnement. A titre d'exemple, De Dear et Brager expliquent que l'exposition prolongée à la chaleur entraîne une augmentation de l'activité sudorale et la diminution de la température à partir de laquelle la sudation se déclenche. Par ailleurs, l'acclimatation physiologique est un phénomène qui ne modifie que très sensiblement la situation des occupants lors d'une période de froid prolongée. Il est alors plus aisé pour le corps de s'acclimater à la chaleur qu'au froid. Eté comme hiver, d'autres phénomènes tels que la réduction du rythme cardiaque ou l'augmentation du volume et du débit sanguin se manifestent inconsciemment dans le corps humain et permettent ainsi de ressentir comme confortables des conditions qu'il aurait jugées inconfortables auparavant.

➤ L'adaptation par accoutumance psychologique :

Cette forme d'adaptation réunit les aspects culturels et cognitifs, véhiculés par l'accoutumance et l'expectative de l'occupant vis-à-vis de son environnement thermique. Cela constitue toute la différence qui existe entre les deux approches suscitées. L'adaptation par accoutumance psychologique de l'individu repose sur ses acquis thermiques qui lui permettent d'évaluer son environnement et d'agir en conséquence. Les réponses et les réactions de l'individu dépendent de ses attentes et sa personnalité. Lorsque l'occupant a/ou pense avoir un certain contrôle sur son environnement thermique, il perçoit quelques sources de gêne telle une surchauffe comme moins

inconfortables. On peut se retrouver dans le cas contraire si l'occupant n'a aucun contrôle sur son environnement, comme dans les espaces dotés d'un système de climatisation, il présentera une sensibilité particulière aux moindres écarts par rapport à sa zone de confort.

I-4.7.5 Le confort thermique dans l'approche de l'architecture bioclimatique :

Le but de toute réalisation architecturale est de concrétiser un microcosme en rapport plus ou moins étroit avec l'environnement auquel il appartient. Le climat prend logiquement une place importante parmi les dimensions fondamentales de toute intervention de l'architecte sur l'environnement. L'architecture qui met l'occupant au centre et qui inclut l'environnement, le climat et la dynamique qu'ils impliquent est dite bioclimatique. Cette architecture n'existe que dans l'objectif d'essayer de répondre à des exigences du confort de l'habitant et se préoccupe des paramètres qui conditionnent son bien-être. L'architecture bioclimatique se base sur un ensemble de choix en rapport avec la forme du bâtiment, son orientation en fonction des particularités du site (climat, ensoleillement, vents dominants, topographie...etc.), son implantation, la disposition des espaces et les matériaux utilisés. En été comme en hiver, L'architecture bioclimatique a développé des stratégies passives, profitant des aspects favorables de l'environnement, pour créer une ambiance intérieure confortable. Nous en citons ci-après les stratégies les plus pertinentes.

I-4.7.5 Stratégies bioclimatiques pour améliorer le confort thermique :

I-4.7.5.1 Le confort d'hiver (Stratégie du chaud) :

- **Capter :**

Capter la chaleur consiste à recueillir l'énergie solaire et à la transformer en chaleur .Le rayonnement solaire reçu par un bâtiment dépend du climat et de ses variations journalières et saisonnières, mais aussi de l'orientation du bâtiment, de la nature de ses surfaces et de ses matériaux, de la topographie de lieu, de l'ombrage, etc. Le rayonnement solaire n'est pratiquement utilisable qu'au droit des surfaces vitrées, où il est partiellement transmis à l'ambiance intérieure et fournit un gain direct de chaleur .

- **Stocker :**

Le rayonnement solaire produit souvent de la chaleur au moment où elle n'est pas nécessaire. Il est alors intéressant de pouvoir stocker cette énergie jusqu'au moment où ce besoin se fait sentir . Ce stockage a lieu au sein de chaque matériau suivant sa capacité d'accumulation et permet ainsi d'absorber la chaleur d'atténuer les fluctuations de température dans le bâtiment en tirant parti de son inertie

Chapitre I

- **Conserver**

En climat froid ou frais, on s'efforcera de conserver toute chaleur, qu'elle découle de l'ensoleillement, d'apports internes ou de système de chauffage. C'est essentiellement la forme et l'étanchéité de l'enveloppe ainsi que les vertus isolantes de ses parois qui limiteront les déperditions thermiques du bâtiment. Cloisonner les espaces en différentes zones permettant de créer des ambiances thermiques différenciées (température de consigne différentes ou zones tampons), orientées suivant leur utilisation, permet aussi de répartir au mieux la charge de chauffage.

- **Distribuer :**

Distribuer la chaleur dans le bâtiment tout en la régulant consiste à la conduire dans les différents lieux de vie où elle est souhaitable. Cette distribution peut s'effectuer naturellement lorsque la chaleur accumulée dans un matériau durant la période d'ensoleillement est restituée à l'air ambiant par rayonnement et convection. un autre mode de distribution de la chaleur est celui de la thermo circulation de l'air "migration naturelle des masses d'air chaud vers le haut". Enfin, cette distribution peut être assurée par un circuit de ventilation forcée. La chaleur doit également être régulée en fonction des différentes pièces de l'habitation et de leur utilisation.

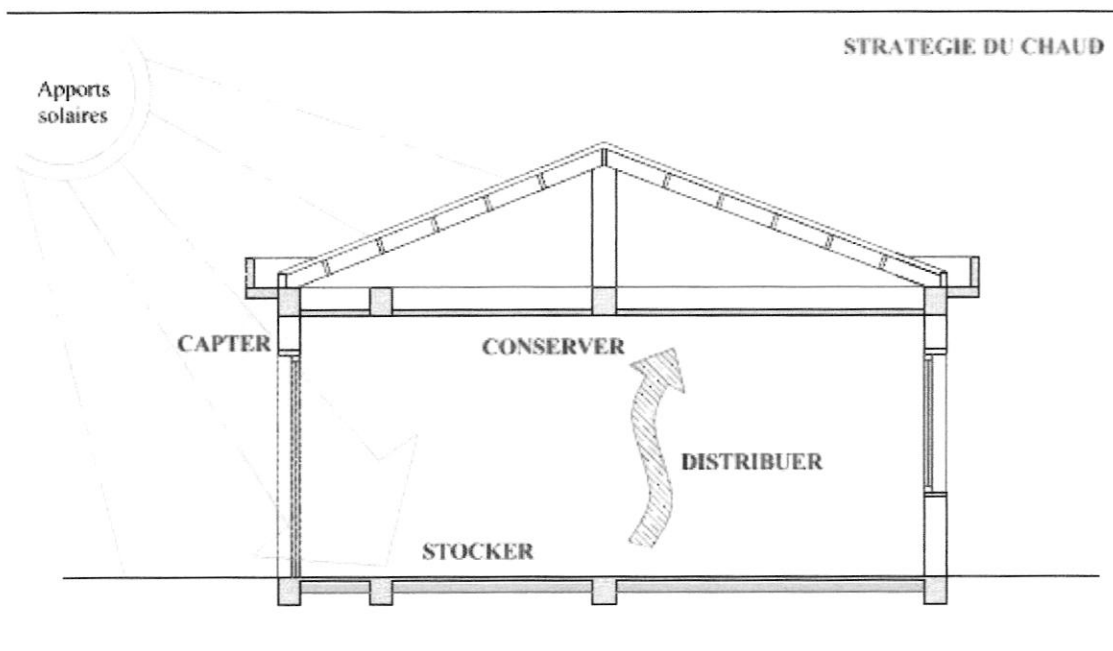


Figure (I.33) : Les principes du confort d'hiver.

I-4.7.5.2 Le confort d'été (Stratégie du froid) :

Au confort d'été répond la stratégie du froid : se protéger du rayonnement solaire et des apports de chaleur, minimiser les apports internes, dissiper la chaleur en excès et refroidir naturellement.

- **Protéger**

Protéger le bâtiment, et particulièrement ses ouvertures, de l'ensoleillement direct afin de limiter les gains directs revient à ériger des écrans, extérieurs si possible, qui le mette à l'ombre. Ces écrans peuvent être permanents, amovibles ou saisonniers (végétation). Par ailleurs, afin d'éviter l'échauffement du bâtiment au droit des parois opaques, un niveau d'isolation suffisant doit empêcher la chaleur de s'accumuler dans la masse. En climat chaud, il faut particulièrement veiller à éviter les apports de chaleur provenant des parois et des toitures échauffées par le soleil. On y parvient en accroissant leur isolation ou leur inertie, en offrant des surfaces réfléchissantes au soleil ou encore en limitant les infiltrations d'air chaud dans le bâtiment.

- **Minimiser :**

Minimiser les apports internes vise à éviter une surchauffe des locaux due aux occupants et aux équipements : l'éclairage artificiel, l'équipement électrique, la densité d'occupation des locaux, etc. Certains apports peuvent être facilement minimisés en favorisant, par exemple l'éclairage naturel.

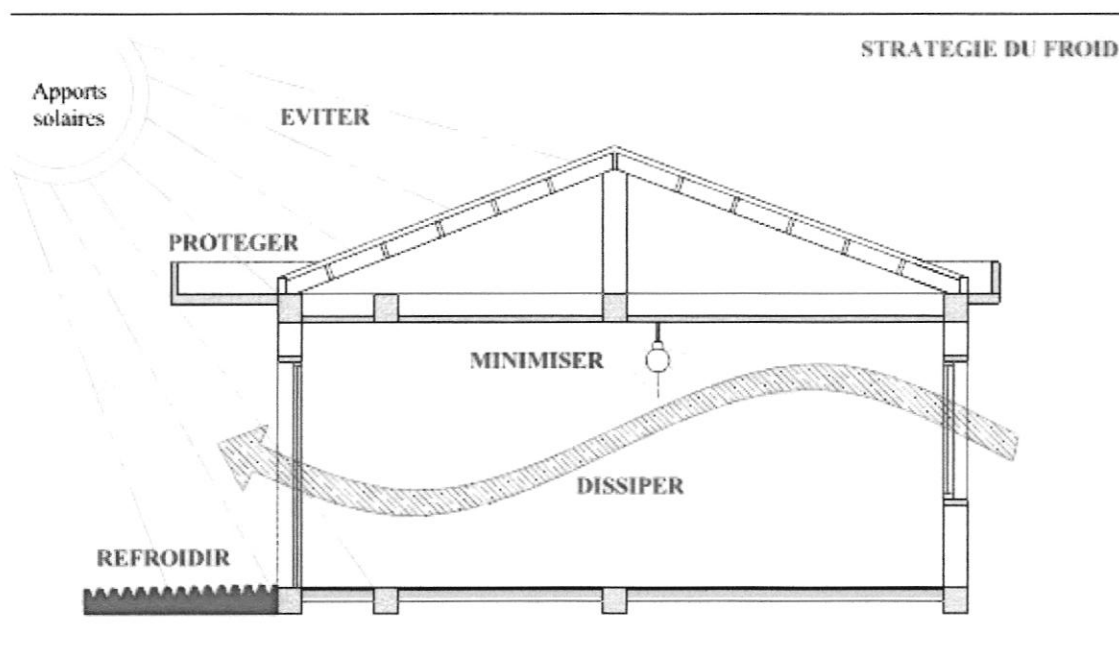


Figure (I.34) : Les principes du confort d'été

- **Dissiper les surchauffes :**

La dissipation des surchauffes peut être réalisée grâce à la ventilation naturelle, en exploitant les gradients de température par le biais d'exutoires produisant un "effet de cheminée" . La pression du vent et la canalisation des flux d'air peuvent également être mises à profit pour évacuer l'air surchauffé du bâtiment

- **Refroidir les locaux :**

Le refroidissement des locaux peut facilement être assuré par des moyens naturels. Une première solution consiste à favoriser la ventilation (surtout nocturne, afin de déstocker la chaleur emmagasinée la journée) ou à augmenter la vitesse de l'air (effet Venturi, tour à vent, etc .). Un autre moyen consiste à refroidir l'air par des dispositifs naturels tels que des plans d'eau, des fontaines, de la végétation, des conduites enterrées, etc .

I-4.8 Vitrage et ouverture :

I-4.8.1 L'éclairage naturel :

L'importance de l'éclairage naturel s'impose du fait qu'il permet une réduction significative de la consommation de l'énergie dans le bâtiment. Le système visuel de l'homme, au cours de son évolution, s'est parfaitement adapté aux caractéristiques de la lumière naturelle fournie par le soleil. C'est la raison pour laquelle son efficacité lumineuse est nettement supérieure à celles des principales sources d'éclairage artificiel. A flux lumineux égal, l'éclairage naturel amène deux à trois fois moins de chaleur au local que l'éclairage artificiel. Ceci est particulièrement important lorsque l'éclairage artificiel représente (par ses pertes thermiques) une des principales charges de climatisation).

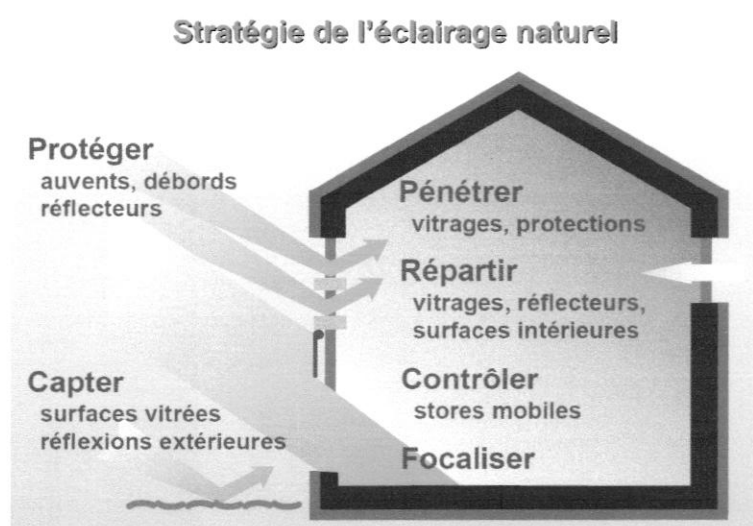
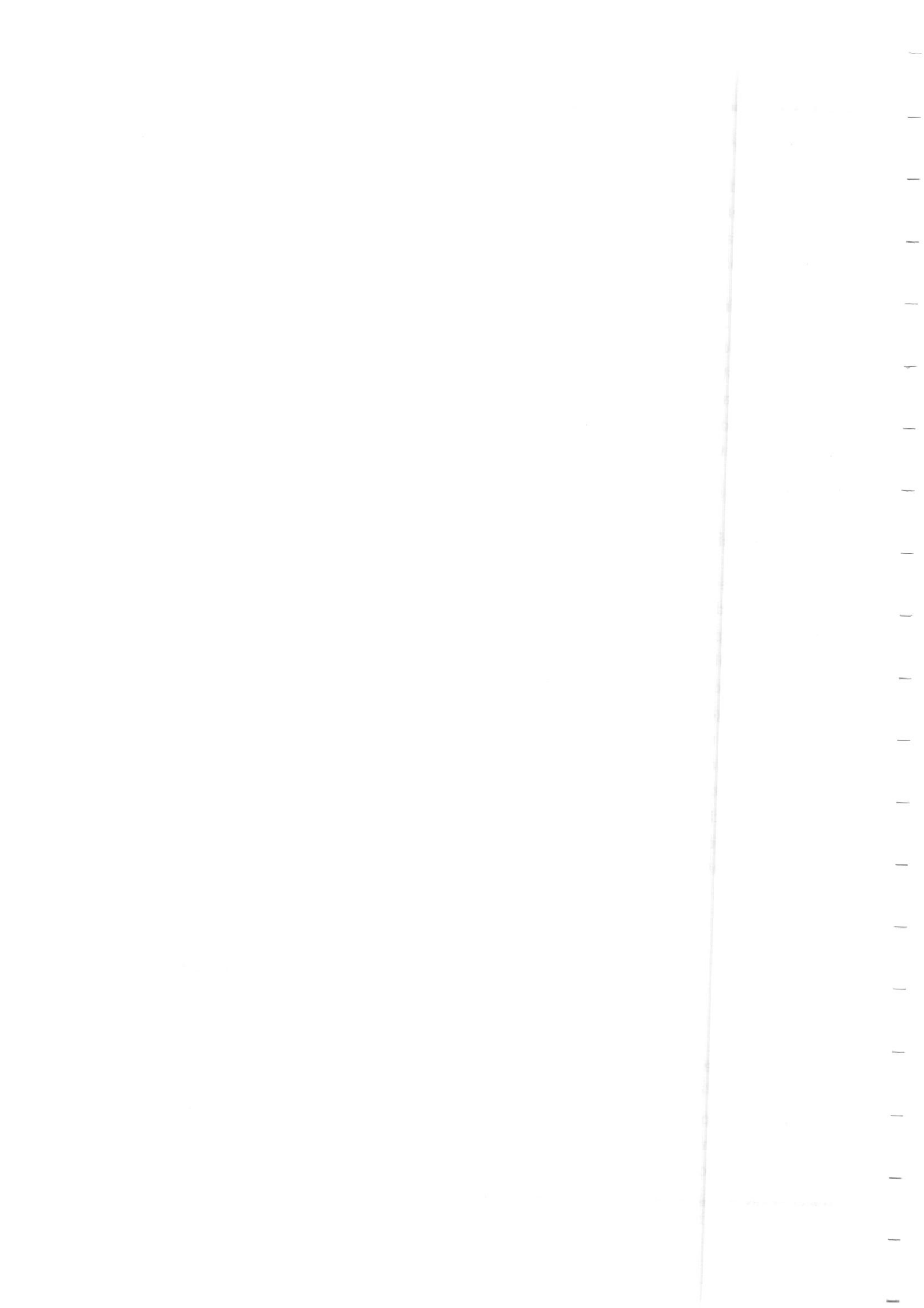


Figure (I.35) : Stratégie d'ouverture et de contrôle de la lumière naturelle.

L'éclairage par les fenêtres : garantit le contact visuel indispensable avec l'extérieur et présente peu de risques d'infiltrations d'eau par pluie battante. Il présente cependant des inconvénients : l'éclairage n'est pas uniforme sur le plan de travail, et la luminosité peut être trop élevée au voisinage des fenêtres. L'apport significatif de lumière par un vitrage vertical est limité à une distance correspondant à deux fois la hauteur supérieure de la fenêtre, soit environ 3 à 4 mètres.



L'éclairage par le plafond : (appelé aussi éclairage zénithal) a une efficacité bien supérieure à l'éclairage par les fenêtres, même par ciel couvert. La lumière provient en effet de la partie centrale du ciel, plus lumineuse. L'éclairement est alors plus uniforme durant toute la journée, et donne une lumière diffuse sans zones d'ombres. L'éclairement par le plafond est très bien adapté aux locaux profonds ou aux plans de travail pour éviter de recourir trop tôt dans la journée à l'éclairage artificiel. Par contre, il présente des inconvénients : le risque d'infiltration d'eau et d'exposition à la poussière est plus important que pour une fenêtre; une ouverture en plafond mal isolée peut provoquer d'importantes pertes thermiques hivernales.

L'Algérie possède des potentialités très valables et des occasions exceptionnelles, à savoir :

- l'ensoleillement excessif et donc la disponibilité d'un éclairement favorable à longueur d'année sur la plupart des régions du pays (environ 3300 heures/an).
- l'héritage d'un patrimoine urbanistique et architectural vernaculaire attestant l'existence d'un très riche répertoire référentiel de stratégies spatiales relatives à l'éclairage naturel.

La lumière naturelle est non polluante, gratuite et parfaitement adaptée à notre confort visuel, la capter avec efficacité c'est découvrir un véritable gisement.

I-4.8.2 Surfaces vitrées:

Autrefois, la taille des fenêtres était limitée pour éviter les déperditions excessives en hiver. Aujourd'hui, avec des fenêtres performantes équipées de volets efficaces, cet aspect s'atténue considérablement.

Les caractéristiques nécessaires d'une fenêtre :

- Éclairage et occultation,
- Vue dehors (ouverture visuel),
- Pénétration du soleil et protection solaire (gain solaire),
- Etanchéité et ventilation.

Le composant de construction le plus utilisé par l'énergie solaire passive est la fenêtre. C'est l'élément de captage le plus répandu. Les fenêtres apportent à la fois chaleur et lumière et permettent d'accumuler directement et très simplement la chaleur. Au cours d'une année, la perte d'énergie, pour la plupart des fenêtres, est plus importante que le gain en énergie. Les fenêtres à haut rendement thermique peuvent réellement fournir de l'énergie utile, elles ont un meilleur rendement en terme d'énergie utile annuelle que les parois isothermes les mieux isolées .

L'orientation, l'agencement et la performance des fenêtres revêtent de l'importance dans la conception d'un bâtiment solaire passif. Des fenêtres orientées vers le sud permettent même de gagner plus d'énergie solaire, durant la saison de chauffe, qu'elles ne perdent de chaleur. Cette disposition judicieuse des baies vitrées permettra, en outre, de limiter l'éclairage artificiel.

Il existe deux façons de déterminer l'aire de vitrage orientée au sud. Elle peut se calculer en pourcentage de l'aire totale du mur extérieur, méthode peu utile puisqu'elle n'a aucune incidence sur ce qui se passe au-delà du mur, ou en pourcentage de l'aire de plancher chauffée, qui tient compte du volume du bâtiment .

I-4.8. 3 L'orientation des surfaces vitrées :

L'heure et la date où l'énergie reçue est au maximum dépendent de la latitude et de l'orientation du mur. La terre effectue une rotation de 15° à l'heure; lorsque la fenêtre est orientée à 30° sud-est, les gains thermiques maximaux seront obtenus deux heures avant le midi solaire. Les façades est et ouest reçoivent le rayonnement maximal annuel en été, alors que la façade sud reçoit son maximum annuel vers la fin de l'automne et de l'hiver.

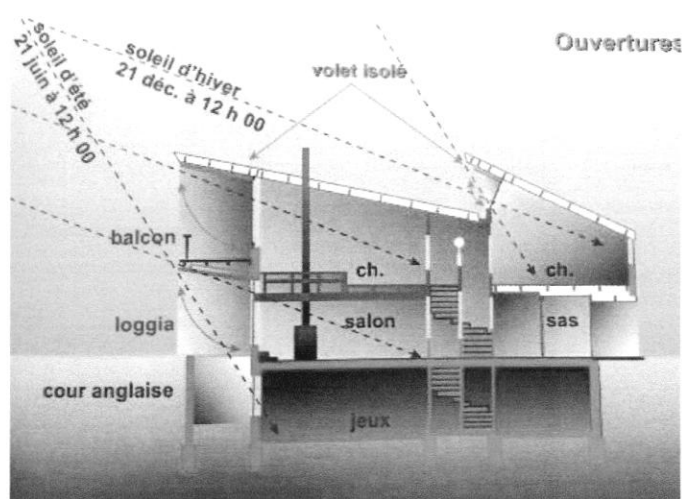


Figure (I.36) : Le travail en coupe des ouvertures permet de déterminer l'importance et le calendrier des apports de lumière naturelle et des gains solaires .

Les fenêtres orientées au nord fournissent un éclairage indirect constant assorti d'un gain thermique minime, mais peuvent également occasionner des déperditions de chaleur et de l'inconfort pendant la saison froide. Les fenêtres orientées au sud bénéficient d'un fort ensoleillement direct et indirect variable au cours de la journée. Limiter les gains calorifiques peut poser problème pendant la saison de chauffage. Il est facile d'ombrager ces fenêtres en les surmontant de dispositifs horizontaux correspondants.

Les fenêtres orientées à l'est et à l'ouest entraînent davantage d'éblouissement et de gains thermiques, en plus d'être plus difficiles à ombrager, car le soleil est plus près de l'horizon.

Les règles générales à suivre pour l'orientation des fenêtres :

- Déterminer la taille, la hauteur et la sorte de vitrage des fenêtres séparément pour chaque façade;
- Maximiser l'exposition au sud;
- Optimiser l'exposition au nord;
- Minimiser l'exposition à l'ouest lorsque le soleil est au plus bas, car elle risque d'occasionner la surchauffe.

I-4.8. 4 Typologies des fenêtres :

Comme une vitre ne laisse pas passer 100% du rayonnement solaire reçu, il est aisé de comprendre que plus une fenêtre comportera de couches vitrées, plus elle bloquera le rayonnement. En pratique, cette constatation peut être utile pour bien choisir ses vitres :

- le simple vitrage est le moins performant thermiquement mais laisse passer quasiment les calories solaires.
- le double vitrage est moins performant thermiquement que le triple vitrage mais laissera davantage passer les calories solaires.
- le triple vitrage reste plus isolant que le double vitrage mais freinera davantage les calories solaires qui ne pourront pas arriver dans la maison.

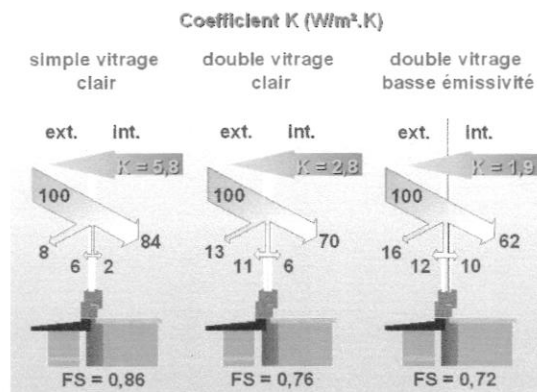


Figure (I.37) : Performance thermique et type de vitrage .

Comme la performance des fenêtres dépend de plusieurs critères à savoir les types des matériaux, la conception, l'étanchéité et l'isolation ...etc. ces critères sont à prendre en considération pour déterminer le type des fenêtres:

- **La fenêtre basse émissivité** : possède un film métallique fixé sur l'intérieur des vitres du double vitrage. Ce film permet la réflexion de la chaleur vers l'extérieur en été et l'arrêt du froid hivernal.

Chapitre I

- **La fenêtre à isolation renforcée** : est une fenêtre basse émissivité qui voit l'air contenu dans son double vitrage remplacé par un gaz rare (argon, krypton). Ce gaz rare permet de freiner la perte des calories de façon plus efficace que l'air classique.
- **La fenêtre triple vitrage** : est encore plus performante qu'une vitre double vitrage car elle possède deux lames d'air et trois vitres, ce qui empêche encore plus aux calories de fuir vers l'extérieur. Pour rendre la fenêtre triple vitrage encore plus performante. Il est également possible de la doter d'un film de basse émissivité et d'un gaz rare. On parle alors d'un triple vitrage à isolation renforcée.

En bioclimatisme chaque détail compte. Bien choisir ses fenêtres, les disposer au bon endroit et surtout les adapter en fonction de la pièce permet d'obtenir le meilleur rendement calorifique possible tout en participant au confort .

Il y a trois grands moyens d'améliorer l'efficacité énergétique des fenêtres existantes:

- Réparer.
- Rénover.
- Ajouter du vitrage, en installant des contre-fenêtres extérieures ou intérieures; remplacer la fenêtre ou certaines parties de la fenêtre. Afin de modifier les fenêtres pour en accroître la performance on peut ajouter une deuxième ou une troisième couche de verre ce qui fait diminuer grandement la valeur U (et augmenter la valeur R) tout en conservant un important CARS. Cette caractéristique est très avantageuse du point de vue du chauffage solaire passif. (Office de l'efficacité énergétique de Ressources naturelles Canada, 2011)

Le dormant constitue souvent le maillon thermique le plus faible de la fenêtre. Bien que le dormant (châssis et meneaux) n'occupe que de 10 à 25 % de l'aire du vitrage des bâtiments, il peut expliquer jusqu'à la moitié des déperditions de chaleur de la fenêtre et se prêter grandement à la formation de condensation (Robertson, et al., 2012).

Des fenêtres à bon rendement énergétique vont :

- Augmenter le confort. De telles fenêtres réduisent les courants d'air froid et contribuent à accroître la sensation de chaleur à l'intérieur durant la saison de chauffage.
- Limiter la condensation. Les surfaces intérieures de fenêtres à bon rendement énergétique demeurent plus chaudes, ce qui signifie que le taux d'humidité relative peut être plus élevé à l'intérieur sans pour autant provoquer de condensation sur les fenêtres (n'oubliez pas qu'aucune fenêtre, même énergétique, n'empêchera la condensation si le taux d'humidité dans votre maison est trop élevé).
- Épargner de l'argent. En réduisant les fuites d'air et en améliorant le rendement thermique des fenêtres, par exemple par l'installation de contre-fenêtres ;
- Durer plus longtemps. La condensation peut causer une détérioration prématurée des fenêtres, de même que des murs et des finis, entraînant un entretien ou un remplacement coûteux;

- Réduire la consommation d'énergie et son incidence environnementale.

I-4.9 Protection solaire :

De nombreux types de protections solaires existent : permanentes ou fixes (vitrages spéciaux, films autocollants, auvents, avancées architecturales), mobiles (stores extérieurs, volets).

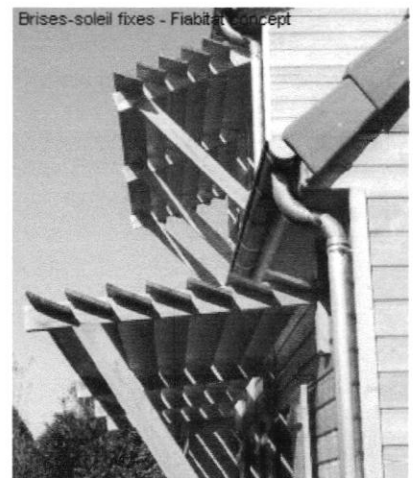
Le choix d'une protection solaire doit se faire en fonction de l'orientation de la fenêtre. Si possible, elle maintiendra la possibilité de bénéficier d'une lumière naturelle suffisante (IBGE, 2010).

I-4.9.1 Les protections mobiles :

Stores extérieurs, claustras, panneaux coulissants, etc. Elles sont utilisées en fonction des besoins, et permettent une protection efficace en été tout en bénéficiant des apports solaires en hiver.

Les protections solaires placées à l'intérieur du bâtiment :

Sont peu efficaces, elles laissent en effet pénétrer le soleil dans la pièce avant de transformer le rayonnement en chaleur. Par contre, elles permettent d'éviter le rayonnement direct sur une personne. Si elles n'influencent pas la température, elles n'en ont pas moins un impact sur le confort ressenti.



I-4.9.2 Les protections permanentes :

Au sud, la longueur des protections solaires permanentes doit être comprise entre une fois et une fois et demie la hauteur de la fenêtre. Au sud, ces éléments restent de dimensions raisonnables.

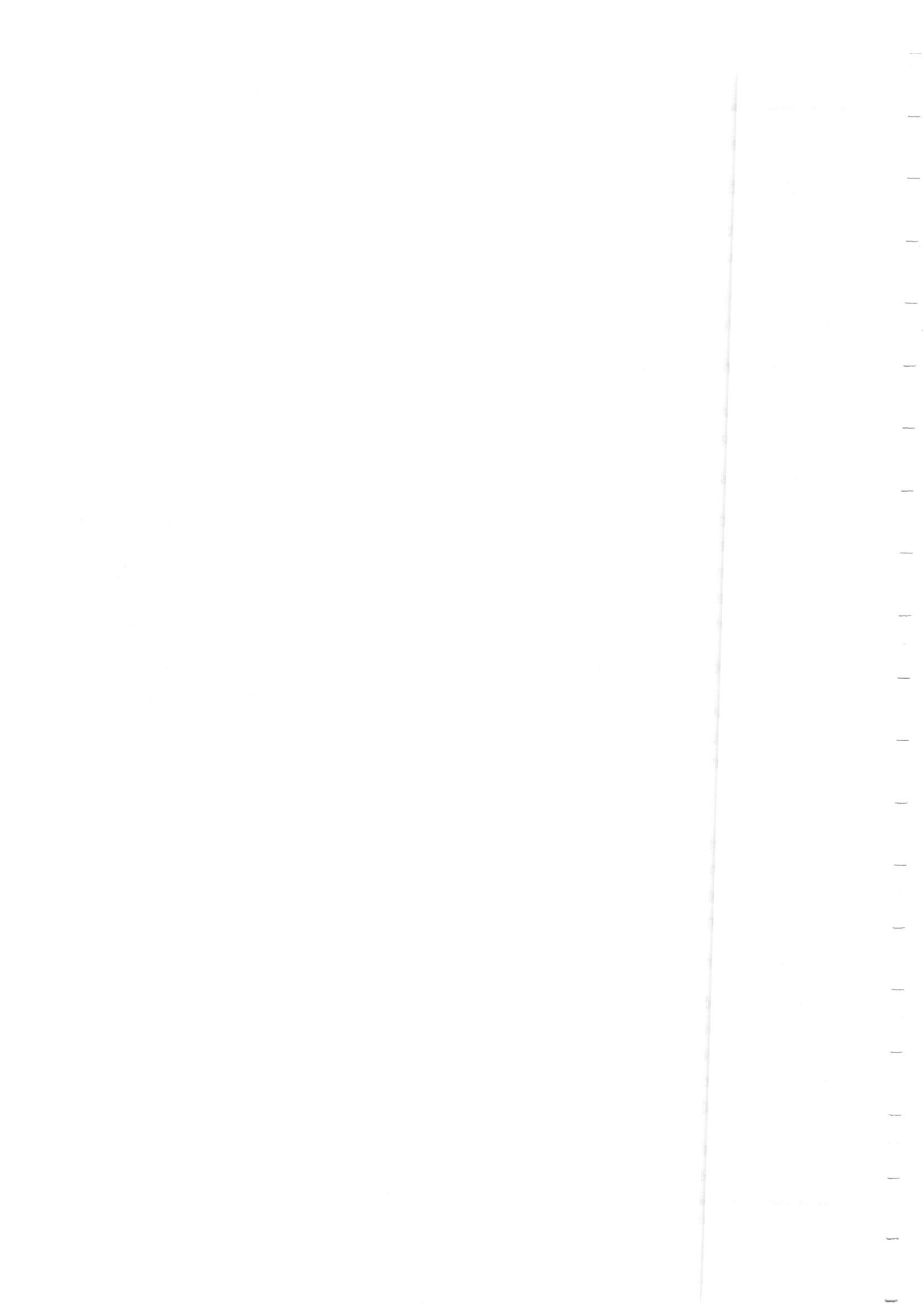
Figure (I.38) : Brise-soleil à lame fixe .

À l'est et à l'ouest, pour atténuer le soleil rasant, ceux-ci deviennent disproportionnés. Les protections permanentes ne permettent pas d'atténuer totalement le rayonnement diffus qui, selon les périodes de l'année, représente une part importante du rayonnement global (Office fédéral de l'énergie OFEN, Maison des cantons).

Deux types de protections permanentes sont à considérer:

Auvents, avancées architecturales, etc. : Elles offrent une protection différente selon la position du soleil. Leur dimensionnement doit donc être correctement réalisé pour être efficaces. Par exemple, pour qu'un auvent protège complètement une fenêtre orientée au Sud lorsqu'au solstice d'été le soleil est au zénith, il faut que sa profondeur soit au moins égale à la moitié de la hauteur de la fenêtre (IBGE, 2010).

Vitrages solaires ou films autocollants sur les vitrages : Ils limitent les gains solaires aussi bien en hiver qu'en été, et réduisent les niveaux de lumière naturelle à l'intérieur. Certains vitrages, dits



sélectifs, permettent un compromis en filtrant le soleil tout en conservant une transmission lumineuse proche de celle des vitrages « normaux » (IBGE, 2010).

I-4.9.3 Protection végétal :

Le principe de la toiture végétale (aussi : toit vert ou toit végétalisé) existe depuis la préhistoire. Il consiste à recouvrir d'un substrat végétalisé un toit plat ou à faible pente (jusqu'à 35° et rarement plus, au-delà, on parlera de mur végétalisé).

Selon l'épaisseur de substrat et le degré d'arrosage souhaité, on pourra faire une plantation de type extensive, semi-extensive ou intensive.

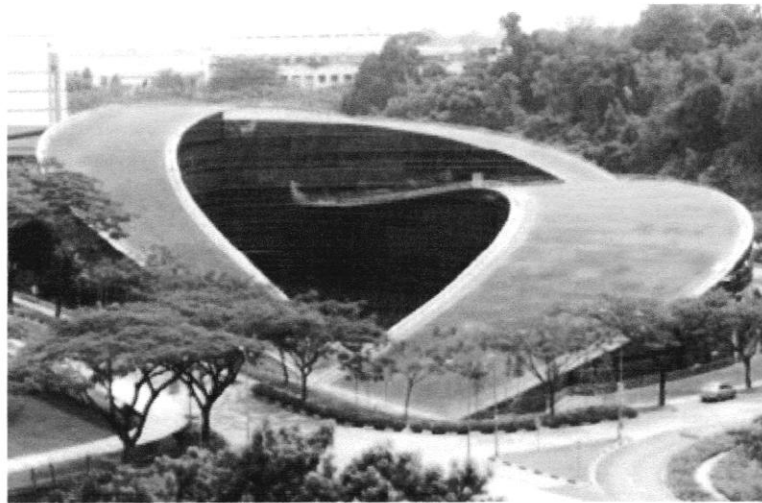


Figure (I.39) : construction écologique avec une toiture végétalisée .

La toiture végétalisée présente de nombreux avantages, tant sur le plan de l'esthétique et de la durabilité, que dans une perspective de protection de la biodiversité et de l'environnement en milieu urbain.

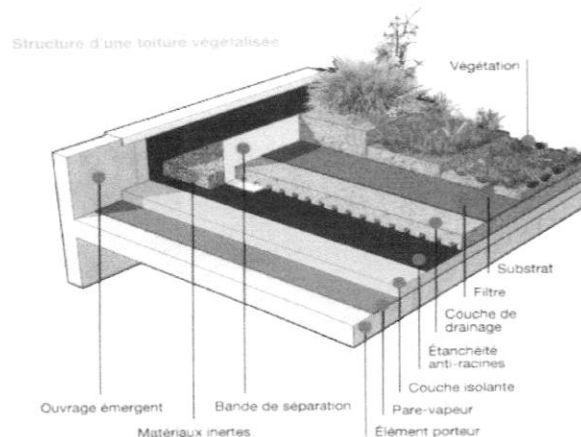


Figure (I.40) : Structure d'une toiture végétalisée

Le mur végétal est une paroi qui s'élève parallèlement aux murs du bâtiment à protéger. Selon son orientation et sa composition, le mur vert servira à la fois d'écran contre les vents dominants, les intempéries, le bruit, l'ensoleillement mais également la pollution. Il peut jouer un rôle en matière de microclimat et de qualité de l'air (Bouattour, et al., 2009).

La végétation offre une aide précieuse pour se protéger des ardeurs d'un soleil estival, autant pour créer une ombre saisonnière que pour en limiter les rayonnements indirects.

Mais il est indispensable que ces ombrages soient adaptés aux orientations concernées pour offrir une protection optimale en été sans réduire l'apport de chaleur hivernal.

Dans la grande majorité des cas, on privilégie les feuillages caducs dont l'absence hivernale permet au rayonnement d'atteindre la maison.

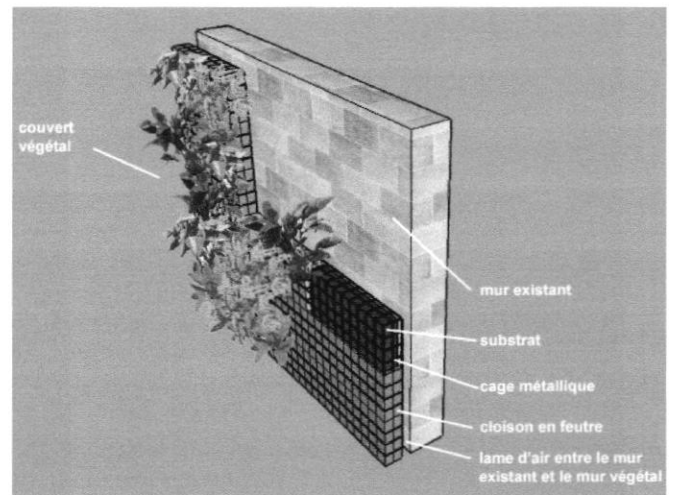


Figure (I.41): Structure d'un mur végétalisé

Le choix des essences végétales est très important car outre le caractère caduc du feuillage, elles déterminent également l'ampleur de l'ombre portée, la période de chute feuilles et le coefficient de bois du végétal nu. (DELMET)

On peut encore mentionner les protections solaires végétales intégrées aux ou façades a toitures .

Réflexion et Absorption passif :

Quand le rayonnement solaire frappe une surface, une partie est absorbée mais une autre est réfléchi. Selon les situations, il peut être intéressant de privilégier l'une par rapport à l'autre.

Réfléchir pour ne pas s'échauffer : Pour ne pas monter en température, une surface doit réfléchir le maximum d'énergie solaire afin qu'elle ne s'accumule pas à l'intérieur. Cette faculté de réflexion varie d'un matériau à l'autre, mais dépend essentiellement de sa couleur. On parle du facteur de réflexion solaire du matériau, c'est-à-dire de son albédo.

Absorber pour réduire l'échauffement : Dans certaines situations, il est préférable que l'énergie solaire ne soit pas trop réfléchi pour ne pas provoquer un échauffement indirect. C'est le cas des sols aux abords des bâtiments qui, en réfléchissant une partie du rayonnement, contribuent à échauffer davantage les murs de façade (DELMET).

I-4.10 Etat de surface et couleur :

La couleur et la surface des parois interviennent sur la réflexion de la lumière et des sons . La quantité et la distribution de la lumière et des sons dépendent dans une large mesure de la réflexion des parois . La couleur et le type de surface influencent la température de surface et des parois .

Un état de surface rassemble les propriétés radiatives de la surface d'une paroi , il s'agit de propriétés importantes du point de vue thermique (l'absorption du rayonnement solaire et l'émission de chaleur par rayonnement infrarouge depuis la surface) ou de point de vue optique (réflexion lumineuse etc.) . Ces propriétés varient en fonction des traitements de surface (type de matériau, couleur, etc .)

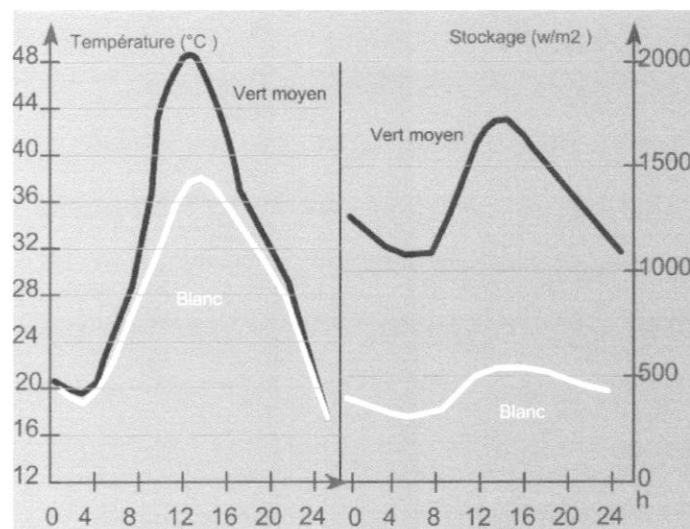


Figure (I.42) : Variation sur 24 heures du stockage de l'apport solaire et des température de surface selon la couleur de parois.

La figure montre d'une part l'évolution de la température (à gauche) en fonction de la couleur de l'enduit (blanc et vert moyen) sur la face externe d'une paroi en béton léger couvert d'un enduit de ciment, orientée au sud, elle montre également la variation de stockage (à droite) de l'apport solaire au cours du mois de mars, par ciel clair, dans un plancher lourd situé au droit d'une baie vitrée orientée au sud et dont la teinte du revêtement de sol varie (blanc et vert moyen)

I-4.11 Energie renouvelables :

Par opposition à « l'énergie fossile » qui est une énergie de stock, constituée de gisements épuisables de combustibles fossiles (pétrole, charbon, gaz, uranium), l'énergie renouvelable appelée communément « énergie verte » est une source d'énergie qui est régénérée ou renouvelée naturellement selon un cycle relativement court à l'échelle humaine et dont les caractéristiques sont les suivantes :

- Elles sont inépuisables, non polluantes et gratuites ;
- Elles sont exploitables sans produire de déchets, ni d'émissions polluantes ;
- Elles contribuent ainsi à la lutte et à la réduction de l'effet de serre.

Ils sont classés en cinq grandes familles en fonction de la source d'énergie initiale (Figure 1-3).

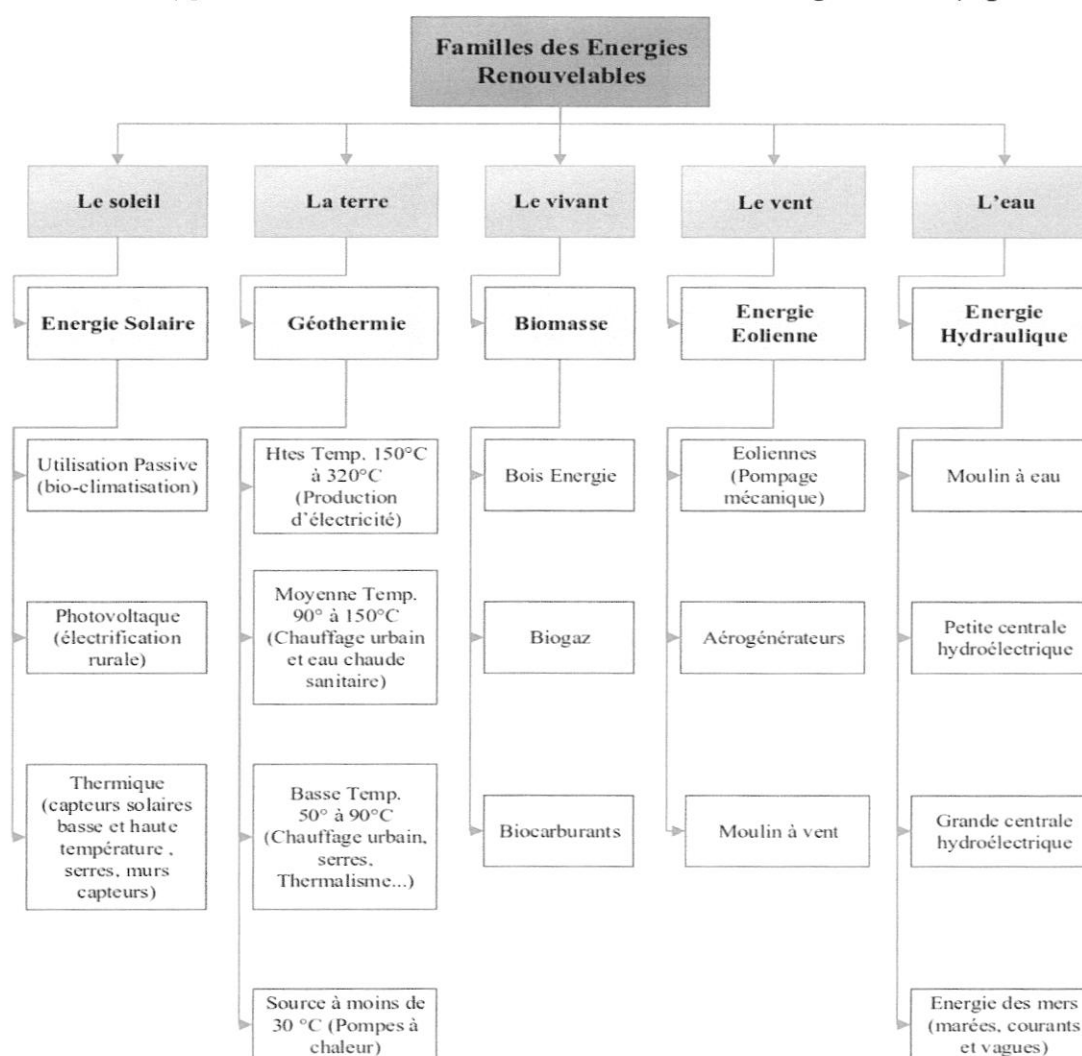
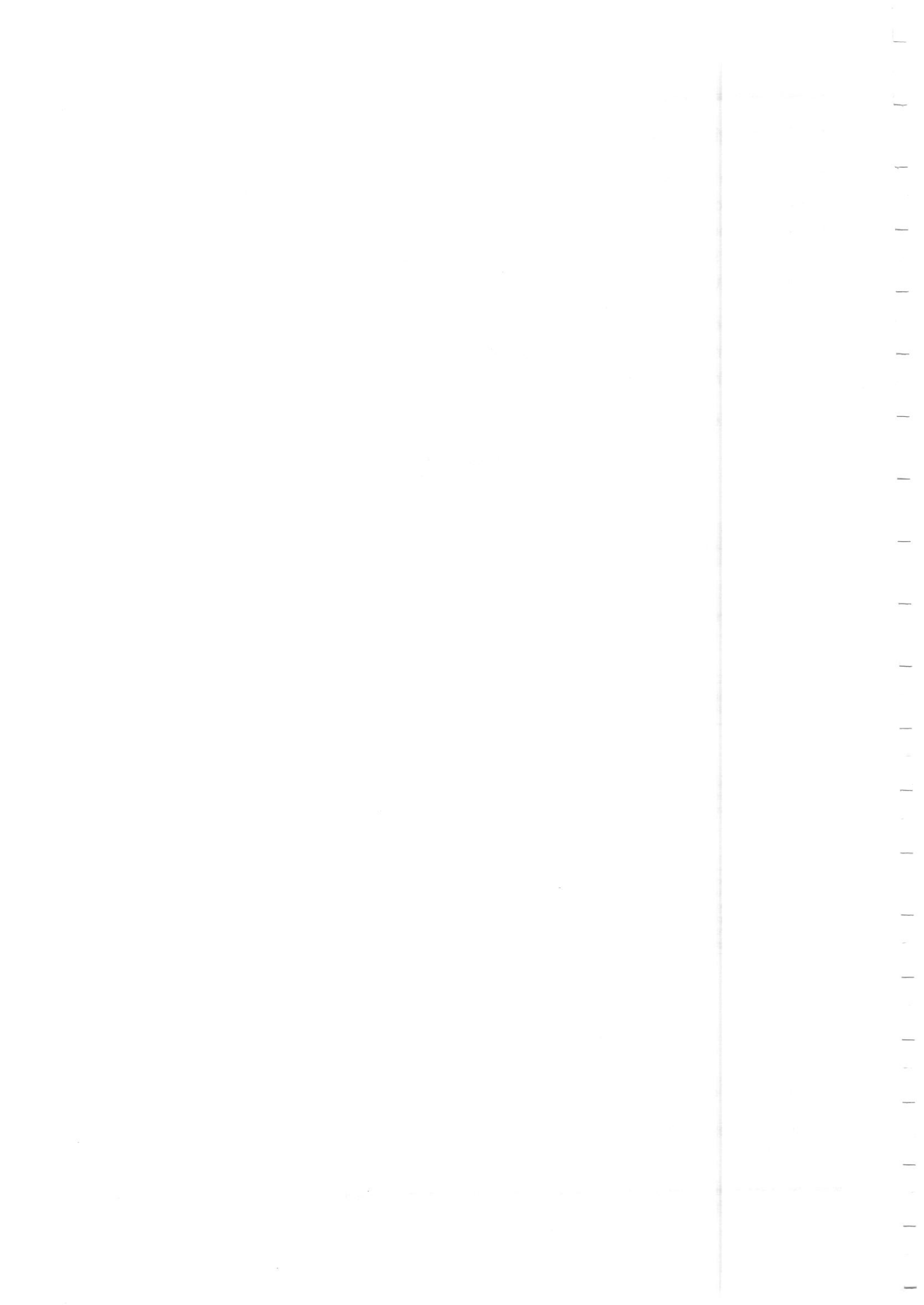


Figure (I.43): Les 5 familles énergies renouvelables
Aujourd'hui, ces énergies sont sous-exploitées par rapport à leur potentiel.

Ainsi, les énergies renouvelables couvrent seulement 20 % de la consommation mondiale d'électricité.



Chapitre I

La définition des énergies renouvelables selon l'article 4 de la loi algérienne : Toutes les formes d'énergies électriques, mécaniques, thermiques ou gazeuses obtenues à partir de la transformation du rayonnement solaire, de l'énergie du vent, de la géothermie, des déchets organiques, de l'énergie hydraulique et des techniques d'utilisation de la biomasse. En Algérie seulement quatre de ces énergies renouvelables sont utilisées, La figure 1-4 illustre les différentes filières des énergies renouvelables en Algérie.

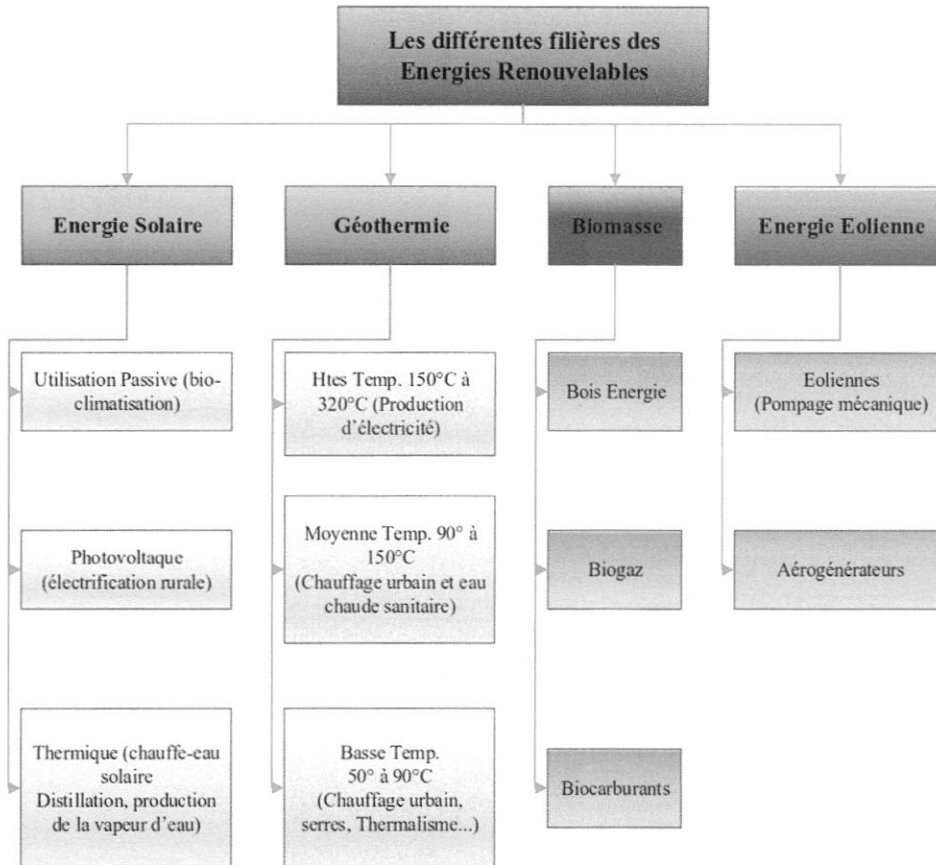


Figure (I.44) : Les différentes filières des Energies Renouvelables
Source : Guide des énergies renouvelables, MEM - 2007

I-5 La conception solaire passive :

La conception solaire passive regroupe toutes les solutions qui n'exigent pas une consommation énergétique pour leurs fonctionnements (conception, ventilation naturel, solaire passif, vitrage, isolation) à l'inverse de la catégorie active où une source d'énergie est requise

Les systèmes passifs les plus répandus sont la fenêtre, la véranda vitrée, la serre et, dans une certaine mesure, le chauffe-eau solaire à thermosiphon. L'utilisation passive de l'énergie solaire est en fait présente dans toute construction munie de fenêtres : elle transparentes, ce qui apporte à la fois lumière et chaleur. L'énergie solaire est captée et stockée dans les parties massives internes du bâtiment (dalles, plafonds, parois intérieures). La fenêtre est le capteur solaire le chaleur, à

réduire d'environ 10 % la consommation d'énergie de chauffage . La performance des systèmes passifs dépend avant tout de la qualité et de la précision de la conception architecturale .

➤ Exemples des solutions spécifique d'efficacité énergétique passives :

I-5.1 Les murs capteurs accumulateurs (mur trombe)

Le mur capteur accumulateur est un système placé sur la façade sud pour obtenir une valorisation maximale de l'énergie solaire captée. Il est composé d'une paroi massive au devant de la quelle est placé un vitrage distant de 4 à 10 cm. Ce dernier laisse traverser le rayonnement solaire, pour être capté et stocké par le mur lourd sous forme de chaleur se déplaçant par conduction à l'intérieur de celui-ci, pour en suite être émise progressivement par rayonnement vers l'intérieur de la construction, avec un déphasage de restitution d'énergie.

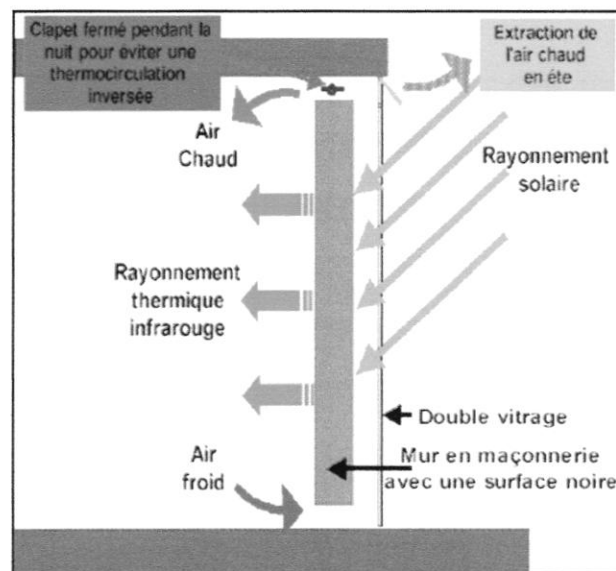


Figure (I.45) : Principe de fonctionnement du mur capteur accumulateur.

La performance d'un mur capteur est subordonnée à l'influence de :

- **Son orientation** : L'orientation sud est la plus favorable. Une déviation de 20° à 30° par rapport à celle-ci est possible sans que l'efficacité de ce mur ne soit compromise ;
- **Sa surface** : Il faudrait approximativement 0.30 % à 0.60 % de la surface habitable ;
- **Son épaisseur et le matériau qui le constitue** : Il est recommandé d'utiliser des matériaux à forte capacité thermique et à faible diffusivité tels que la brique de terre, le béton ou la pierre avec des épaisseurs allant de 20 à 45 cm, afin de générer un déphasage conséquent qui puisse retarder la restitution des calories vers l'intérieur.
- **Sa couleur et sa rugosité** : La propriété de captage des rayons solaires par la surface externe d'un mur dépend du coefficient d'absorption donc de sa couleur et sa rugosité.

- **La nature et la qualité de son vitrage** : Le bilan thermique d'un mur capteur dépend principalement de la qualité thermique du vitrage, ainsi on optera dans un climat à températures de nuit basses, pour des doubles vitrages, des triples vitrages ou des isolants transparents.

I-5.2 Les serres bioclimatiques :

La serre bioclimatique ou serre solaire est un volume vitré capteur. Séparée du logement proprement dit par une paroi, elle peut au choix communiquer avec lui par des fenêtres, portes-fenêtres ou des vitrages coulissants. C'est un espace tampon occultable, chauffant et non chauffable qui a le même principe de fonctionnement qu'un mur capteur « double peau », avec une différence dans l'épaisseur de la lame d'air dont la largeur constitue un espace habitable dans ce cas. Elle utilise les trois principes de transfert de chaleur : conduction, rayonnement, convection

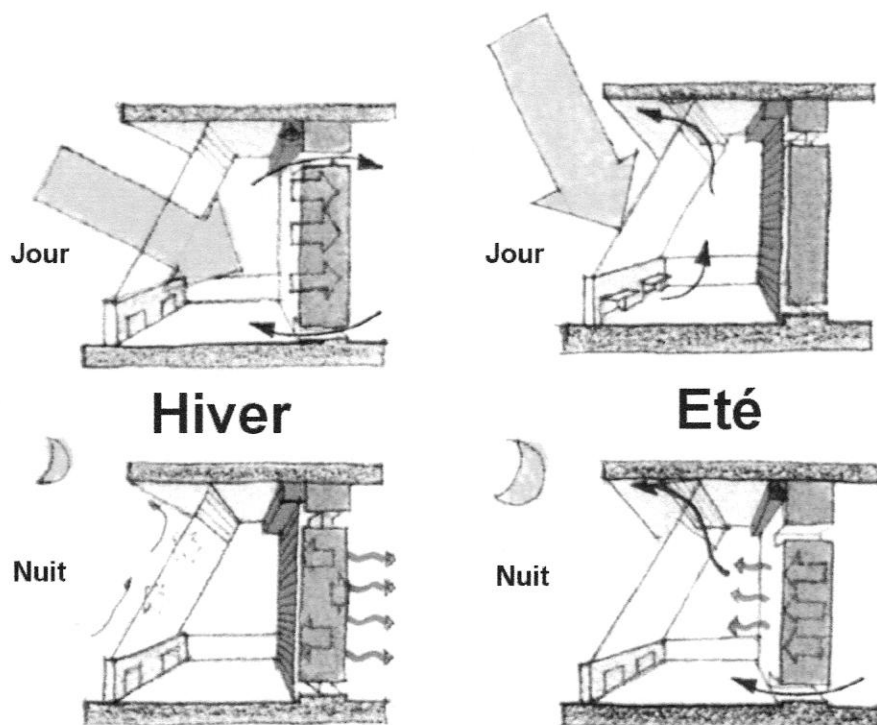


Figure (I.46) : Principe de fonctionnement d'une serre bioclimatique.

I-6 Les solutions d'efficacité énergétique actives :

L'efficacité énergétique dite « active » (EEA). Basée sur une offre de produits performants et de systèmes intelligents de régulation, d'automatismes et de mesure. L'efficacité énergétique active permet de :

- réduire la facture énergétique.
- réduire les consommations d'énergie.
- améliorer la qualité et la disponibilité de l'énergie en consommant l'énergie juste nécessaire.

Ces solutions peuvent être mises en place rapidement et présentent des temps de retour sur investissement particulièrement courts, alors que les solutions relatives au bâti, dites "passives", investissements qui concernent le gros œuvre. s'inscrivent dans des stratégies à plus long terme, impliquant des L'EEA nécessite une approche « sur mesure » prenant en compte les besoins et objectifs spécifiques de chaque client. Elle se décline en une large gamme de solutions, allant du produit performant (moteurs à haut rendement, lampe basse consommation, etc.) au contrat de performance globale et durable.

I-6.1 Production d'énergie solaire :

I-6.1.1 Energies solaires photovoltaïques :

L'effet photovoltaïque convertit l'énergie solaire directement en électricité. Lorsque les rayons du soleil frappent une cellule photovoltaïque, des électrons dans un matériau semi-conducteur se détachent de leur orbite atomique et se déplacent dans une seule direction.

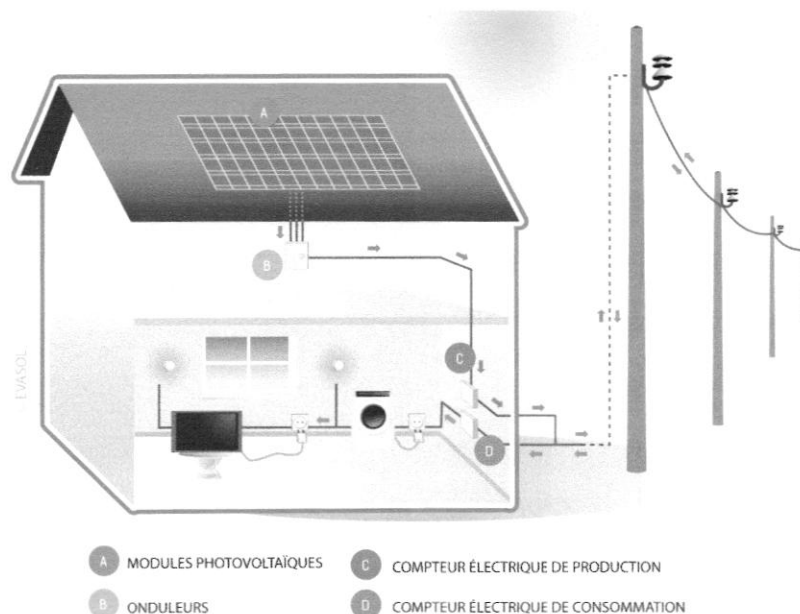


Figure (I.47) : Schéma d'une installation photovoltaïque maisonnette .

Ce phénomène crée de l'électricité en courant continu qui peut soit être utilisé immédiatement, accumulateur. Aussitôt que les rayons du soleil frappent leur surface, les cellules produisent de l'électricité. être converti en courant alternatif ou être emmagasiné dans un Les installations PV peuvent s'employer comme source unique d'électricité d'un bâtiment ou être jumelées à d'autres sources comme une génératrice ou un raccordement au secteur.

I-6.1.2 Energies solaires thermiques :

Les installations solaires de production d'eau chaude domestique varient en complexité, en efficacité et en coût. Dans les cas des chaudières qui chauffent l'eau pour le chauffage des locaux en même temps que pour la production de l'eau chaude domestique, les capteurs solaires pourraient permettre aux chaudières de s'arrêter en été et de produire de l'eau chaude domestique uniquement à partir de l'énergie solaire. Les installations de production d'eau chaude domestique (ECD) solaires agissent en supplément des chauffe-eau classiques.

Les systèmes les plus courants utilisent les capteurs plans vitrés sur circuit fermé de glycol. Un échangeur de chaleur transfère l'énergie du glycol à un ou plusieurs réservoirs de stockage solaire. Ces derniers sont habituellement raccordés en série au chauffe-eau classique. Celui-ci démarre pour maintenir l'eau à la température de consigne si l'énergie solaire ne suffit pas. La production d'énergie varie suivant les saisons, et en fonction de l'emplacement, de l'efficacité du capteur, de l'angle et de l'orientation du capteur.

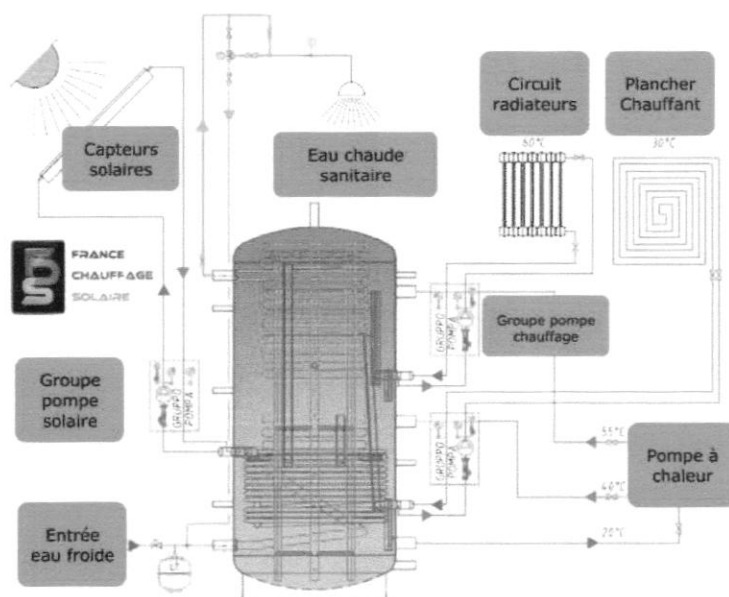


Figure (I.48) : Chauffe-eau solaire en appoint d'une chaudière .

I-6.2 Production d'énergie géothermique :

Le puits Canadien

Le puits canadien consiste à faire passer, avant qu'il ne pénètre dans la maison, une partie de l'air neuf de renouvellement par des tuyaux enterrés dans le sol, à une profondeur de l'ordre de 1 à 2 mètres. En hiver, le sol à cette profondeur est plus chaud que la température extérieure. L'air froid est alors préchauffé lors de son passage dans ce circuit sous terrain. En été, de la même manière, l'air passant dans les tubes enterrés récupère la fraîcheur du sol et l'introduit dans la maison, même par +30°C extérieur, l'air peut arriver entre 15 et 20°C ! Dans ce cas, le puits canadien est appelé puits provençal

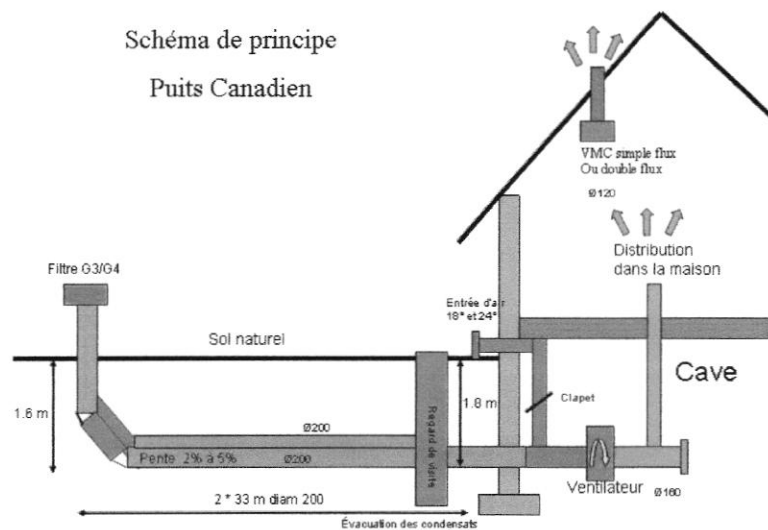


Figure (I.49) : Schéma de principe de puits Canadien .

Conclusion :

L'efficacité énergétique c'est un des concepts clé de l'éco-conception et des approches de type développement durable ,Haute qualité environnementale (HQE), ou la Sustainable Building Alliance on utilisant les principes de l'architecture bioclimatique.

L'architecture bioclimatique est une stratégie passive qui se veut adaptée au maximum à son site et à son environnement. Les stratégies et techniques d'une approche bioclimatique répondent aux mêmes enjeux que toute conception écologique d'un bâtiment : l'efficacité énergétique, le confort et la santé des occupants, l'utilisation de matériaux locaux et écoresponsables, la réduction de la consommation des ressources non renouvelables, la gestion efficace de l'eau, la gestion des déchets, la diminution des émissions de GES, la réduction de l'empreinte environnementale, etc. Cependant, elle propose généralement des solutions sans grande technologie.

L'architecture passive peut en arriver à une consommation d'énergie nette nulle, c'est-à-dire un bâtiment dont la consommation énergétique est entièrement compensée par les apports solaires ou même par les calories émises par les habitants.

Chapitre II

Description du projet et documents thermiques réglementaires

II. Chapitre 2 : Description du projet et documents thermique réglementaires

Introduction :

Ce chapitre va définir l'objectif de l'étude ainsi que les paramètres du bâtiment cas d'étude, qui est créé selon des paramètres qui reflètent au plus près la réalité de la construction résidentielle en Algérie ; ces paramètres impliquent les dimensions, les différentes zones, les caractéristiques des matériaux qui composent l'enveloppe du bâtiment en plus des coordonnées géographiques.

Le second temps sera l'occasion de développer la méthodologie choisie pour l'étude des besoins énergétiques, ainsi que la pertinence du choix de l'outil de simulation.

En dernier lieu on évoquera l'impact des paramètres passifs sur l'efficacité énergétique, qui impliquent des modifications sur la structure du cas de base, ces modifications seront mentionnées pour chaque mesure.

II- 1 Objectif de l'étude:

L'objectif de la présente étude est d'évaluer l'évolution des besoins énergétiques en fonction des mesures d'efficacité énergétique passives et les conditions de confort thermique, d'un bâtiment de base créé selon des paramètres qui reflètent au plus près la réalité de la construction résidentielle en Algérie.

II- 2 Coordonnées géographiques et zone climatique :

La commune de Blida est située au centre de sa wilaya de Blida elle est à 47 km au Sud-ouest d'Alger la ville de Blida est située au pied du versant Nord du massif montagneux " L'Atlas Blidéen" et au centre de la plaine de la Mitidja, à une altitude de 260 mètres, la situation précise de la station est donnée par ses coordonnées géographiques :

Latitude : 36,46° Nord

Longitude : 2.83° Est

Altitude: 341 m

Selon la classification thermique du **DTR (3-2)** des communes de l'Algérie, la ville de Blida est répertoriée dans la zone **B** .

II- 3 Données climatiques :

Le centre ville de Blida se situe dans la zone climat méditerranéen .Elle présente un climat caractérisé par un hiver frais et pluvieux et un été chaud

L'Atlas tellien protège la ville des vents secs du Sud en provenance des Hauts plateaux . Cette protection permet à la région de bénéficier d'un climat méditerranéen propice à l'agriculture qui se caractérise par des Etés chauds et secs et des hivers doux et humides. Ces dernières données auront un impact sur le choix des matériaux en termes d'inertie thermique . Or, plus l'inertie est importante, plus elle permet de diminuer les écarts de température au cours du temps.

	Gh kWh/m ²	Dh kWh/m ²	Bn kWh/m ²	Ta °C	Td °C	FF m/s
Janvier	73	35	93	9,8	5,6	2,2
Février	80	36	95	10,7	5,9	2,5
Mars	125	58	113	13,5	7,7	2,8
Avril	147	75	110	15,5	9,4	3,1
Mai	192	86	155	19,6	12,4	3,2
Juin	239	65	251	24,5	14,8	3,3
Juillet	260	51	286	27,4	17	3,1
Août	224	53	248	27,4	17,3	3
Septembre	158	59	160	23,6	15,8	2,9
Octobre	123	45	147	20,3	13,5	2,4
Novembre	81	34	105	14,2	9	2,4
Décembre	63	32	80	11,2	6,8	2,4
Année	1761	630	1843	18,1	11,3	2,8

Figure (II.1) : Tableau des données climatique de Blida .

Les données climatique ci-dessus nous serviront à choisir les énergies renouvelables les plus adaptées à notre milieu (panneaux solaires) .

Tous les graphes météorologiques qui suivent sont pris de METEONORME (V.7) .

II- 3.1 Les températures :

Les températures que connaît le site varient entre 6°C et 33°C en moyenne tout au long de l'année, comme l'indique le graphique suivant :

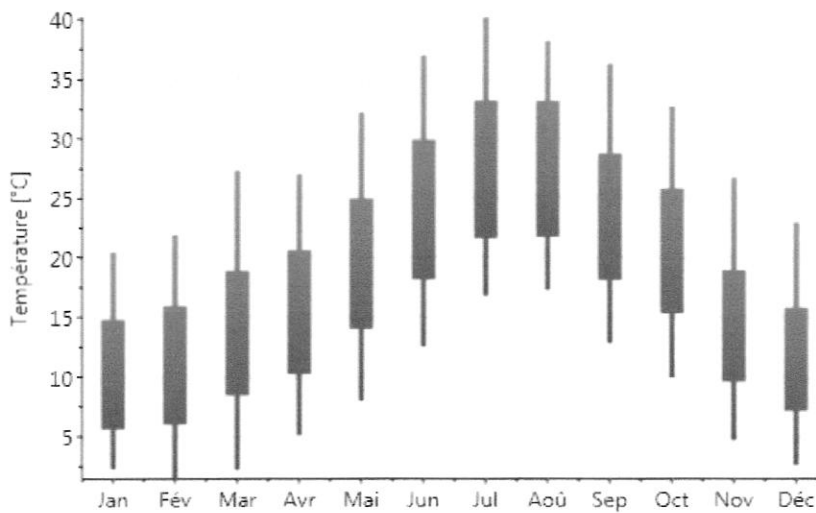


Figure (II.2) : La température moyenne mensuelle pour le site de Blida .

En été, les températures varient en moyenne entre 22°C et 33°C tandis qu'en hiver elles oscillent entre 6°C et 14.5 °C . Ainsi, comme ça on peut dire que l'absence du confort thermique peut régner en hiver et aussi qu'en Eté, mais un peu plus en été si on considère que l'intervalle de confort est entre 20°C et 26°C .

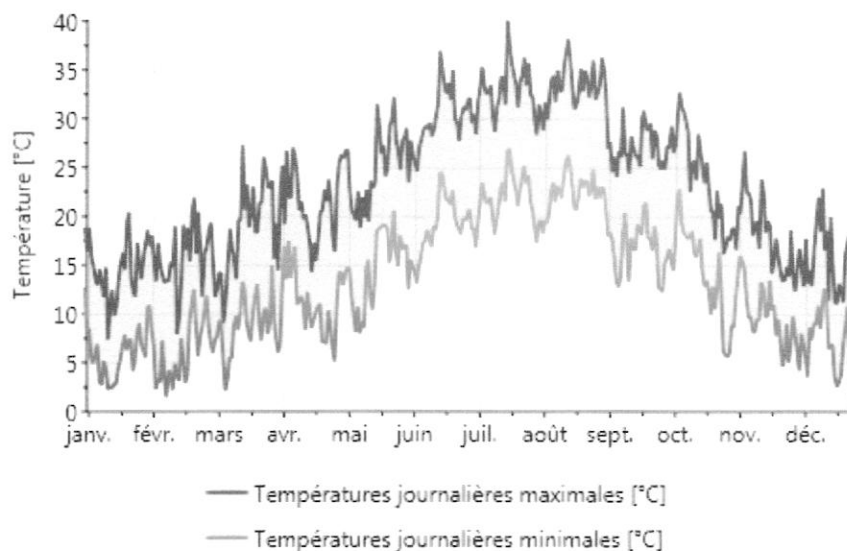


Figure (II.3) : La température journalière pour le site de Blida .

II-3.2 L'ensoleillement :

L'ensoleillement du site est une donnée importante, puisqu'elle permet de donner une bonne indication pour évaluer les apports solaires, ainsi que pour estimer le potentiel de captage de l'énergie solaire par des panneaux solaires que nous pourrions éventuellement installer, voici l'ensoleillement global observé entre 1986-2005 une forte variance entre l'été et l'hiver furent observés .

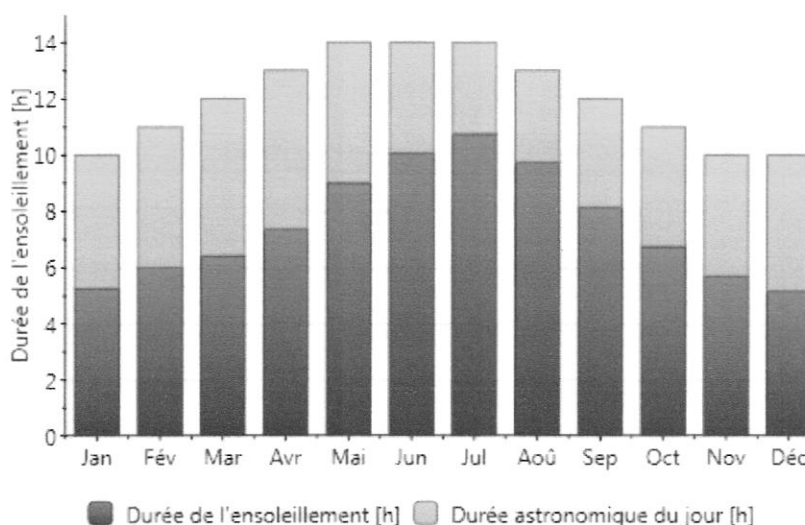


Figure (II.4) : Durée d'ensoleillement.

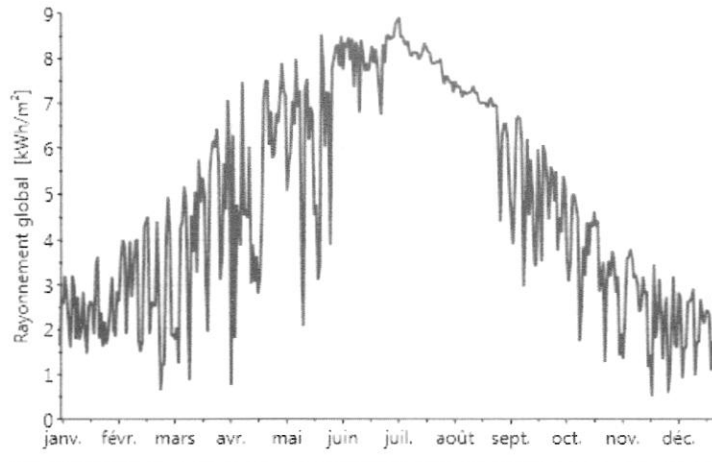


Figure (II.5) : Rayonnement global journalisé .

On peut déduire que l'ensoleillement global oscille autour de 2 kWh/m² en hiver et peut dépasser 8kwh/m² en été . ces données seront notamment prises en considération lors de l'évaluation des apports solaires .

II- 3.3 Autres mesures :

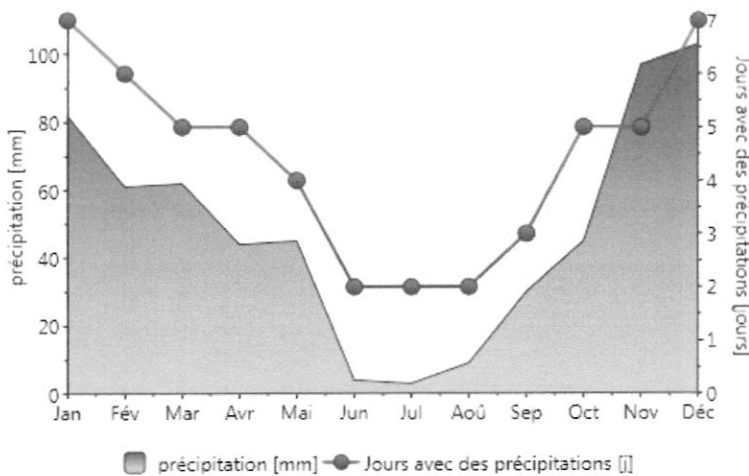
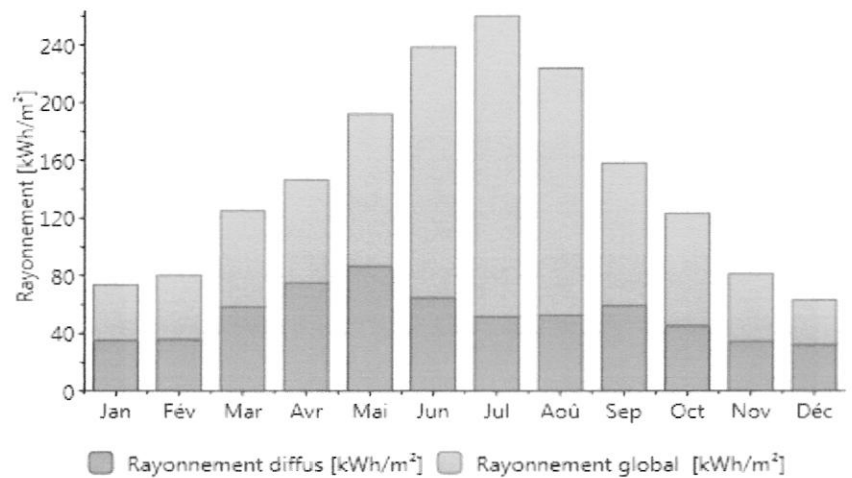


Figure (II.6) : Irradiation à Blida .

Figure (II.7) : Précipitation à Blida

II- 4 Paramètre du bâtiment (cas d'étude) :

Il s'agit d'un immeuble à vocation mixte , un bâtiment résidentiel dont le rez-de-chaussée et l'étage est occupé par un commerce la composition architectural de ces bâtiment possède une division claire entre le commerce et les autres étages qui se concrétise par le changement de matériau ,de revêtement ,la présence d'une serre et l'utilisation d'une fenestration différente.

Le bâtiment est un bloc d'angle de R+8 le RDC et le premier étage destiné au commerce.

Les autres étages ont occupé par des appartements chaque étage abritent deux appartements F4 d'une orientation quasiment différente est d'une surface de :120 m².

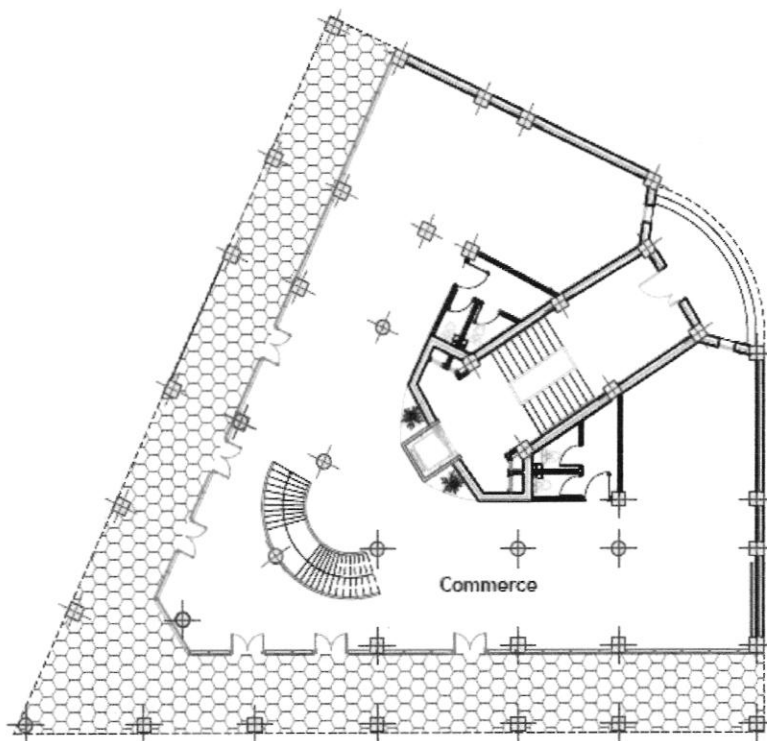


Figure (II.9) : Plan de rez-de-chaussée commercial .



Figure (II.8) : Vue en 3D de bâtiment .

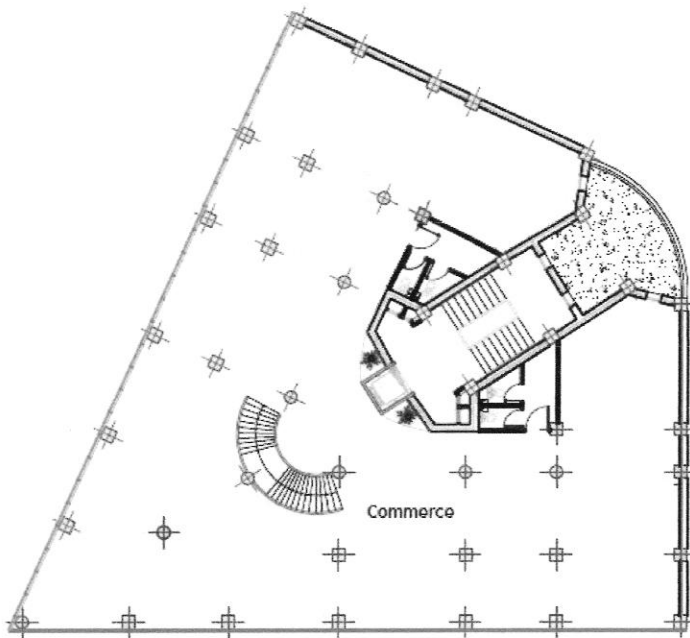


Figure (II.10) : Plan de l'étage courant .

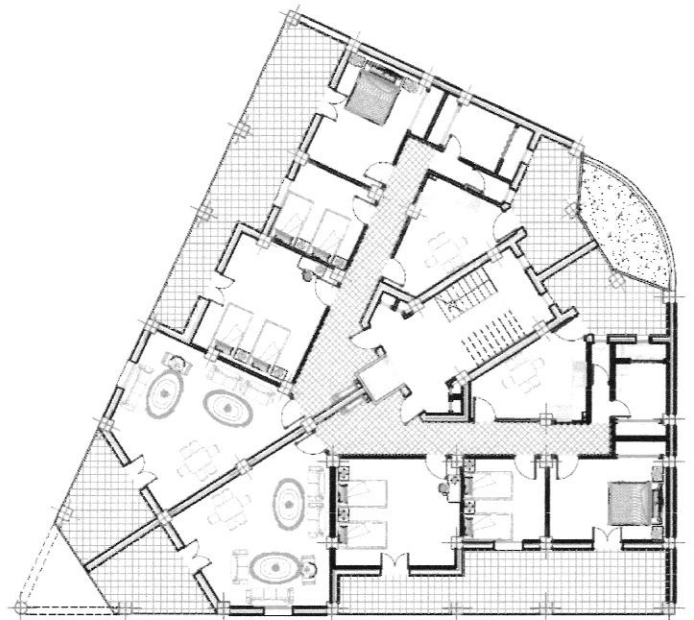


Figure (II.11) : Plan de premier étage .

Espace	Surface m ²	Volume m ³
Commerce	511.39	2086.45
Hall	18.15	55.56
Séjour	30	91.99
Cuisine	13.79	42.21
Chambre 1	18.80	57.64
Chambre 2	11.37	34.78
Chambre 3	17.68	54.01
Salle de bain	9.33	28.55
WC	1.70	5.19

Tableau (II.1) : Tableau des surfaces et volumes

II- 4 Caractéristique de l'enveloppe du bâtiment :

Les matériaux constituant le bâtiment se sont de type standard sur le chantier algérien ossature poteau -poutre en béton armé et des murs extérieurs non isolés en brique creuse d'une épaisseur de 15 cm avec un enduit extérieur en mortier de ciment et l'intérieur en plâtre ; alors que les séparations sont en brique creuse de 10 cm l'enduit est en plâtre sur les deux côtés.

Le plancher bas est réaliser sur vide sanitaire afin de corriger toutes les déperditions thermiques, en séparant parfaitement le bâtiment du sol, il est réalisé avec plancher à corps creux .

II- 4.1 Matériaux constituant le mur extérieur :

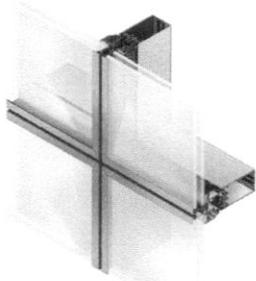
Matériau	Epaisseur E(cm)	Conductivité thermique (W/mK)	Résistance thermique R (m ² K/w)	Schéma du mur extérieur
1/hi			0.11	
Verre plat	4	1.16	0.03	
Lame d'air	1.9	1	0.16	
Verre plat	4	1.16	0.03	
1/he			0.06	
RME =0.39 m²K/w		UME= 1/ RME = 2.56 w/m² k		

Tableau (II.2) : Caractéristiques des matériaux constituant le mur rideau .

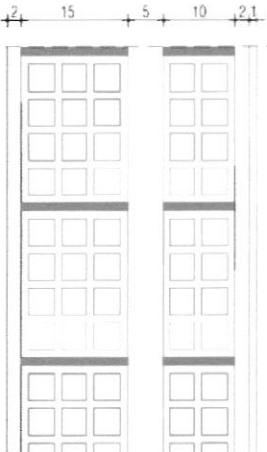
Matériau	Epaisseur E(cm)	Conductivité thermique (W/mK)	Résistance thermique R (m ² K/w)	Schéma du mur extérieur
1/hi			0.11	
Mortier	2	1.15	0.02	
Brique à 12 trous	15	0.43	0.35	
Air peu ventilée	5	0.09	0.16	
Brique à 8 trous	10	0.48	0.21	
Mortier de ciment	2	1.15	0.02	
Enduit de plâtre	1	0.35	0.03	
1/he			0.06	
RME =0.96 m²K/w		UME= 1/ RME = 1.041 w/m² k		

Tableau (II.3) : Caractéristiques des matériaux constituant les parois de extérieur.

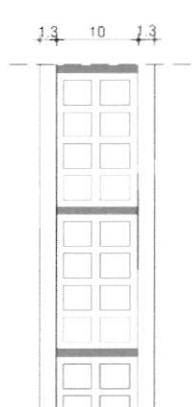
Matériau	Epaisseur E(cm)	Conductivité thermique (W/mK)	Résistance thermique R (m ² K/w)	Schéma du mur extérieur
1/hi			0.11	
Mortier	1.3	1.15	0.01	
Brique à 8 trous	10	0.48	0.21	
Mortier	1.3	1.15	0.01	
1/he			0.11	
RMI = 0.45 m²K/w		UMI = 1/ RMI = 2.22 w/m² k		

Tableau (II.4) : Caractéristiques des matériaux constituant les parois intérieur.

II-4.2 Matériaux constituant le plancher haut (toit) :

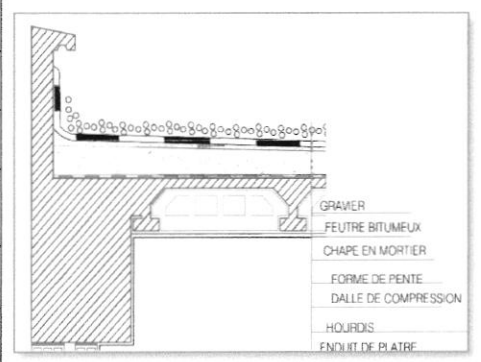
Matériau	Epaisseur E(cm)	Conductivité thermique (W/mK)	Résistance thermique R (m ² K/w)	Schéma du mur extérieur
1/hi			0.09	
Feutre bitumeux	2	0.5	0.04	
Mortier	2	1.15	0.02	
Forme de pente	6	0.16	0.37	
Dalle de compression	4	1.75	0.02	
Hourdis	16	1.23	0.13	
Enduit de plâtre	1	0.35	0.05	
RPH = 0.72 m²K/w		UPH = 1/ RPH = 1.388 w/m² k		

Tableau (II.5) : Caractéristiques des matériaux constituant le plancher terrasse.

II- 4.3 Matériaux constituant le Plancher courant (plancher intermédiaire) :

Matériau	Epaisseur E(cm)	Conductivité thermique (W/mK)	Résistance thermique R (m ² K/w)	Schéma du mur extérieur
1/hi			0.17	
Enduit en plâtre	1	0.35	0.03	
Mortier	2	1.15	0.04	
Hourdi de 16	16	1.23	0.13	
Dalle de compression	4	1.75	0.06	
Mortier	2	1.15	0.02	
Carrelage	2	1.70	0.01	
1/he			0.17	
RPC=0.63 m²K/w		UPI= 1/ RPI = 1.587 w/m² k		

Tableau (II.6) : Caractéristiques des matériaux constituant le plancher intermédiaire .

Matériau	Epaisseur E(cm)	Conductivité thermique (W/mK)	Résistance thermique R (m ² K/w)	Schéma du mur extérieur
1/hi			0.17	
Hourdi de 16	16	1.23	0.13	
Dalle de compression	4	1.75	0.06	
Mortier	5	1.15	0.04	
Carrelage	2	1.70	0.01	
1/he			0.17	
RPB =0.58 m²K/w		UPB= 1/ RPB = 1.724 w/m² k		

Tableau (II.7) : Caractéristiques des matériaux constituant le plancher bas sur vide sanitaire

II.4.4 Les ouvrants :

Type d'ouvrant	Largeur	Hauteur	Coefficient U vitrage/(m ² k)	Coefficient U opaque
Porte d'accé en bois massif	1.50	2.04	3.50	3.50
Porte extérieur en bois	1.20	2.04	3.50	5.00
Porte intérieur en bois	0.94	2.04	3.50	5.00
Fenêtre en bois simple vitrage	1.15	1.00	4.95	3.00
Fenêtre en bois simple vitrage	0.40	0.40	4.96	3.00
Fenêtre en bois simple vitrage	1.15	0.40	4.96	3.00
Fenêtre en métal sur serre	1.15	1.00	4.55	7.00
Porte -fenêtre en bois simple vitrage	1.20	2.04	4.75	3.00
Porte -fenêtre en métal simple vitrage	1.50	2.04	6.25	7.50

Tableau (II.8) : Caractéristiques des ouvrants.

II-5. Réglementation et consigne du DTR et de RT2012:

II-5.1 Le D.T.R. C 3-2, Règles de calcul des déperditions calorifiques :

Conçu pour réduire de 25 % la consommation de l'énergie pour le chauffage des logements, ce document approuvé par arrêté ministériel, fixe les déperditions de référence à ne pas dépasser ainsi que les conventions de calcul pour le dimensionnement des installations de chauffage. Composé de sept chapitres, il cerne d'emblée la question des déperditions calorifiques par un rappel des principes généraux et les bases de calcul, puis, développe, dans le détail, les règles et les méthodes de calcul des déperditions qui se produisent à travers les différents compartiments de l'enveloppe du bâtiment

Les objectifs recherchés par les concepteurs du **D.T.R. C 3-2** sont :

- La détermination des déperditions calorifiques des bâtiments .
- La vérification de la conformité des bâtiments à la réglementation thermique.
- Le dimensionnement des installations de chauffage des bâtiments .
- La conception thermique des bâtiments.

Il s'applique exclusivement aux bâtiments à usage d'habitation .

Les déperditions calorifiques d'un bâtiment, telles que présentées dans le D.T.R. C3-2, peuvent être résumées à travers le schéma suivant :

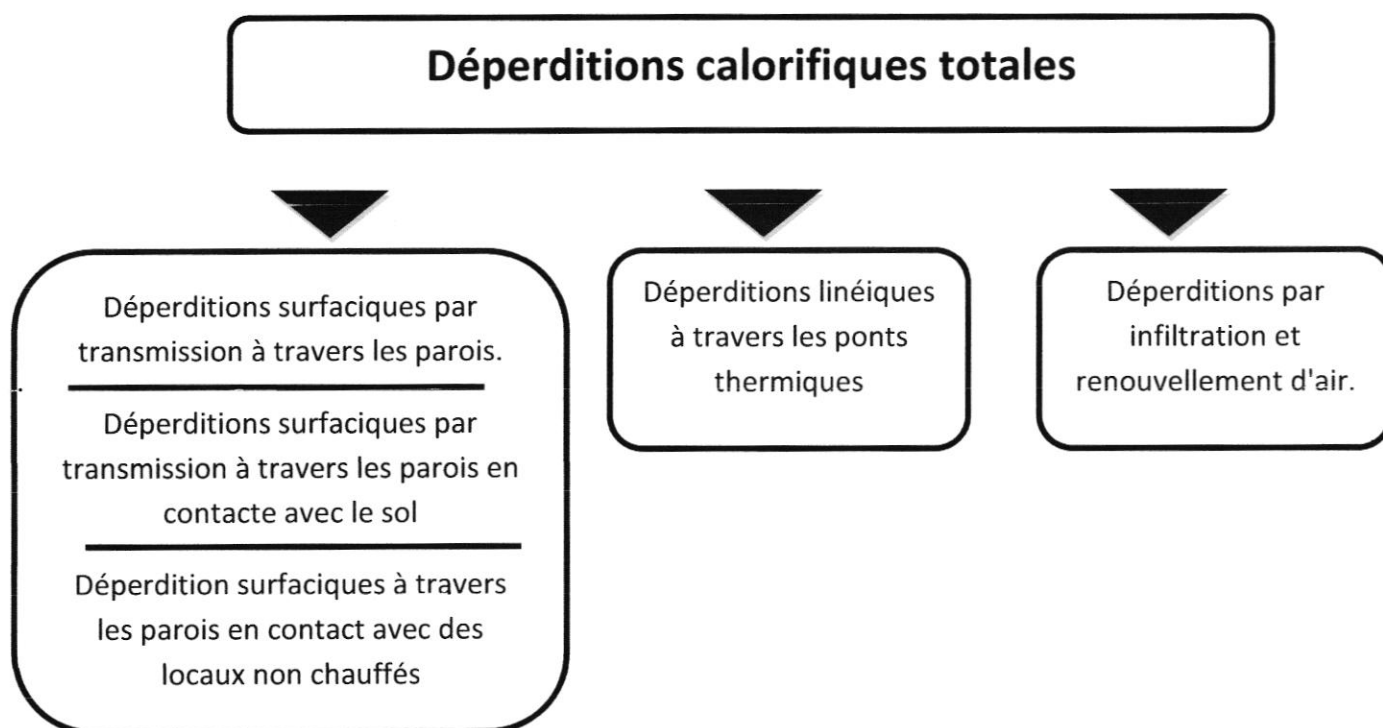


Figure (II.12) : Déperditions calorifiques totales selon le D.T.R C-3-2

II- 5.2 Le D.T.R. C 3-4, Règles de calcul des apports calorifiques des bâtiments

Le DTR C 3.4 édité par le CNERIB a pour objet de fixer les méthodes de détermination des apports calorifiques des bâtiments ainsi que la méthode de vérification de la conformité à la réglementation thermique d'été des bâtiments. Il s'applique à la plupart des locaux, entre autres ceux à usage d'habitation, d'hébergement, de bureaux, d'enseignement, 141 d'accueil, de réunion, de vente, de restauration, artisanal, etc.

En six chapitres, la question des apports calorifiques est abordée, dans un premier temps, par un rappel des formules générales et des conditions de base pour que, par la suite, soient développés dans le détail les règles et méthode de calcul des apports calorifiques dus à l'environnement extérieur traversant les différents compartiments de l'enveloppe du bâtiment et ceux dus à l'environnement intérieur.

Les apports calorifiques d'un bâtiment, tels que présentés dans le D.T.R. C 3-4,

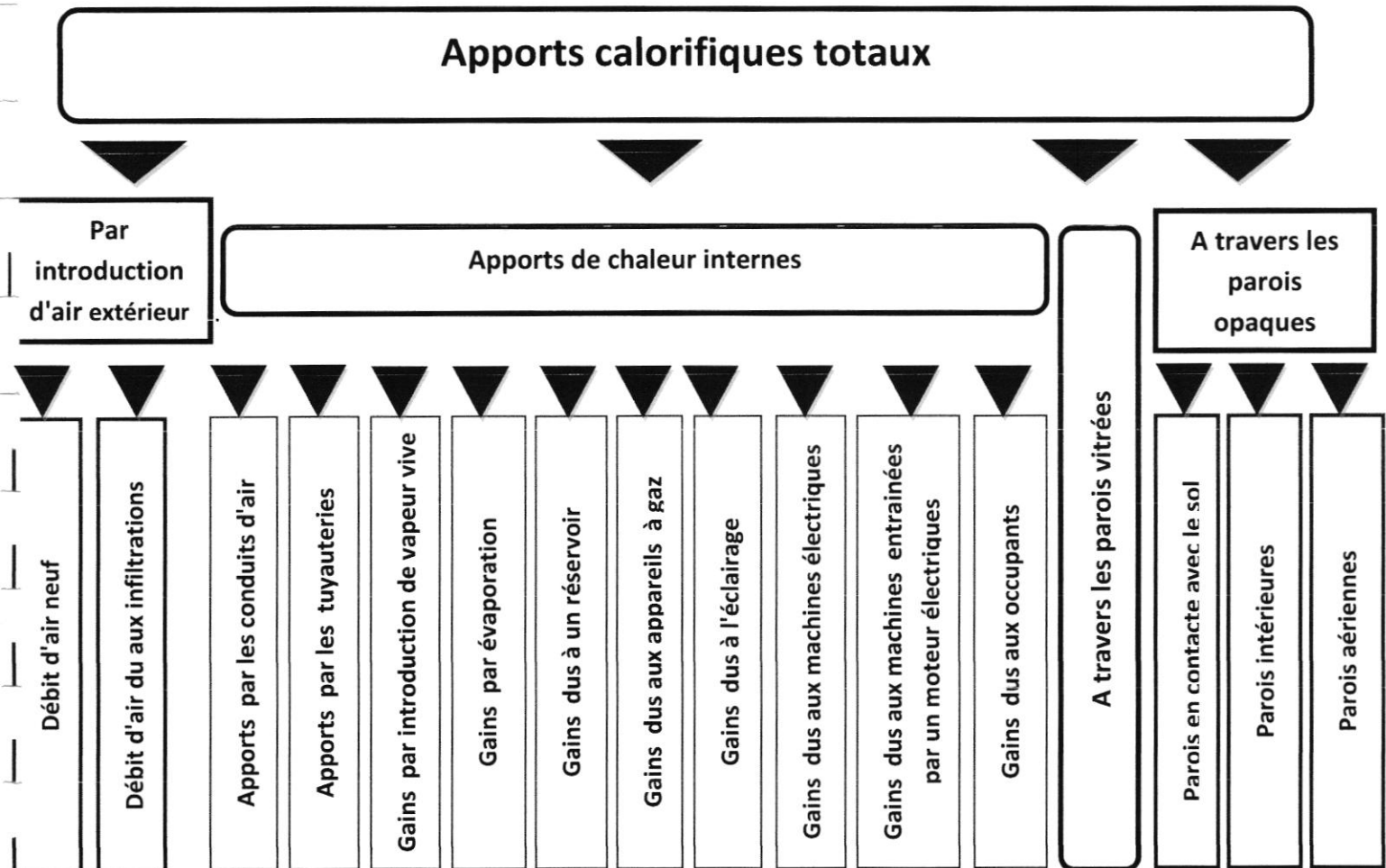


Figure (II.13) : Apports calorifiques totaux selon le D.T.R C-3-4.

La conformité d'un projet par rapport au DTR est recherchée lorsque le concepteur doit s'assurer que " **les déperdition par transmission du logement sont inférieures aux déperdition de référence**" qu'on peut résumer sous cette formule:

$$D_T \leq 1.05 \times D_{réf}$$

Avec :

D_T (w/°C) représente les déperdition par transmission du logement ,

D_{ref} (w/°C) représente les déperdition de référence .

II- 5.3 La réglementation thermique européen (RT 2012) :

La Réglementation thermique européenne a pour but de fixer une limite maximale à la consommation énergétique des bâtiments neufs pour le chauffage, la ventilation, la climatisation, la production d'eaux chaude sanitaire et l'éclairage .

Succédant à plusieurs versions antérieurs, aux exigences et aux champs d'application croissants, la nouvelle réglementation thermique 2012 à pour objectif de :

- Réduire les consommations d'énergie et les émissions de gaz à effet de serre.
- Susciter une évolution technologique et industrielle significative.
- Préserver un bouquet énergétique équilibré, faiblement émetteur de GES et contribuant à l'indépendance énergétique nationale.

La RT 2012 comporte trois exigences de résultats relatives à la performance du bâtiment. Les exigences relatives aux indices **Bbio** et **Cep** sont désormais exprimées en valeur absolue, et non plus en valeur relative.

Elles portent sur la performance globale du bâtiment et non sur les performances des éléments constructifs et systèmes énergétiques pris séparément. Ainsi, une plus grande liberté de conception est laissée aux maîtres d'œuvre.

L'indice « **Bbio** » permet de caractériser l'impact de la conception bioclimatique sur la performance énergétique du bâti. Une exigence d'efficacité énergétique minimale du bâti est introduite :

le « **Bbio** » du bâtiment considéré doit être inférieur à une valeur maximale ». « **Bbio** _{max} ».

$$\mathbf{Bbio} \leq \mathbf{Bbio}_{\max}$$

L'indice « **Tic** » propre au bâtiment, caractérise sa température intérieure conventionnelle. L'exigence relative au confort d'été est maintenue : le « **Tic** » du bâtiment considéré doit être inférieur à une valeur de référence » « **Tic** _{ref} »

$$\mathbf{Tic} \leq \mathbf{Tic}_{\text{ref}}$$

L'indice « **Cep** », propre au bâtiment, caractérise sa consommation d'énergie primaire. La RT 2012 pose une exigence de consommation conventionnelle maximale d'énergie primaire du bâti : l'indice « **Cep** » du bâtiment considéré doit être inférieur à une valeur maximale ». « **Cep** _{max} » .

$$\mathbf{Cep} \leq \mathbf{Cep}_{\max}$$

Figure (II.14) : Les trois exigences de RT2012 relatives aux indices Bbio, Cep et Tic .

Le **Bbio** est une innovation majeure de la RT 2012. Il valorise la qualité intrinsèque de la conception du bâti. La démarche bioclimatique optimise entre autres l'orientation, les apports solaires, l'éclairage naturel, le niveau d'isolation, l'inertie, la compacité et la mitoyenneté.

II.5.3.1 Définition et modulations du « Bbio_{max} » :

Cette exigence fixe une limite du besoin cumulé en énergie pour les composantes dépendant de la conception du bâti : chauffage, refroidissement et éclairage artificiel. Elle impose ainsi une optimisation du bâti indépendamment des systèmes énergétiques mis en œuvre.

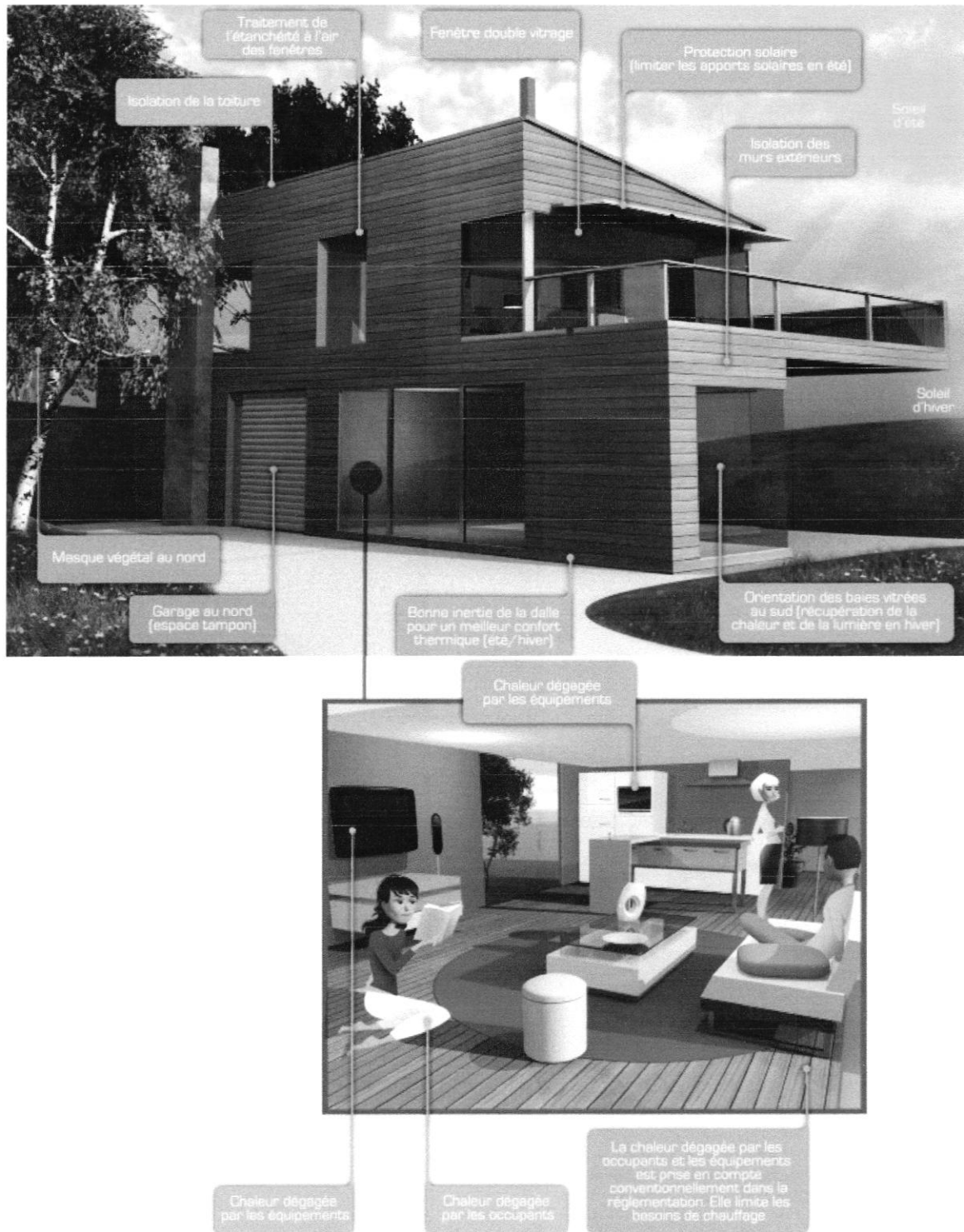


Figure (II.14): Les différents systèmes passifs utilisés dans une maison selon la RT2012



Le $Bbio_{max}$ du bâtiment est modulé en fonction de la typologie du bâtiment, de sa localisation géographique et de son altitude. Pour les maisons individuelles ou accolées, une modulation permet en outre de tenir compte de la surface, afin de ne pas pénaliser les petites constructions. Le $Bbio$ se définit donc comme suit :

$$Bbio_{max} = Bbio_{maxmoyen} \times (M_{bgéo} + M_{balt} + M_{bsurf})$$

Avec :

- $Bbio_{maxmoyen}$: valeur moyenne du $Bbio_{max}$ définie par type d'occupation du bâtiment ou de la partie bâtiment et par catégorie **CE1/CE2**.
- $M_{bgéo}$: coefficient de modulation selon la localisation géographique.
- M_{balt} : coefficient de modulation selon l'altitude.
- M_{bsurf} : pour les maisons individuelles ou accolées, coefficient de modulation selon la surface moyenne des logements du bâtiment ou de la partie de bâtiment.

II- 5.3.2 Définition de CE1/CE2 :

pour certains bâtiments, notamment ceux situés en zone de bruit des aéroports ou des voies rapides, il peut s'avérer nécessaire d'installer des systèmes actifs de refroidissement pour assurer un bon confort thermique d'été alors que les fenêtres sont fermées. Ces bâtiments, s'ils sont munis d'un tel système de refroidissement, ont alors le droit de figurer en catégorie « **CE2** ». Tous les autres bâtiments sont dits de catégorie « **CE1** ».

II- 5.3.3 Définition et modulations du « Cepmax »

Cette exigence porte sur les consommations énergétiques conventionnelles en énergie primaire sur cinq usages (chauffage, refroidissement, éclairage, production d'eau chaude sanitaire, auxiliaires tels que pompes et ventilateurs), déduction faite de la production d'électricité à demeure.

Prise en compte de la production d'électricité à demeure : pour les bâtiments à usage d'habitation, la consommation énergétique du bâtiment ne peut dépasser le Cep_{max} de 12 kWh/(m².an) avant déduction de la production d'électricité.

Comme pour le $Bbio_{max}$ des modulation sont introduites sur le Cep_{max} selon la localisation géographique et l'altitude, afin de prendre en compte les disparités géographiques et climatiques du territoire.

En outre le Cep_{max} est modulé selon les émissions de gaz à effet de serre (**GES**), afin d'encourager l'utilisation des énergies les moins émettrices de CO₂, à savoir le bois-énergie et les réseaux de chaleur ou de froid utilisant une part prépondérante d'énergies renouvelables (**EnR**).

L'augmentation de la valeur du Cep_{max} peut alors atteindre au maximum 30%.

Une modulation relative à la surface moyenne des logements est introduite, pour prendre en compte les postes de consommation d'énergie qui ne sont pas liés à la surface des locaux (comme l'eau chaude sanitaire); l'expression des exigences par m² de surface induisant une contrainte plus forte sur les logements de petite surface, ce paramètre permet de ne pas les pénaliser.

Enfin, le Cep_{max} est modulé selon le type de bâtiment et selon son usage (locaux d'enseignement, bureaux, etc...)

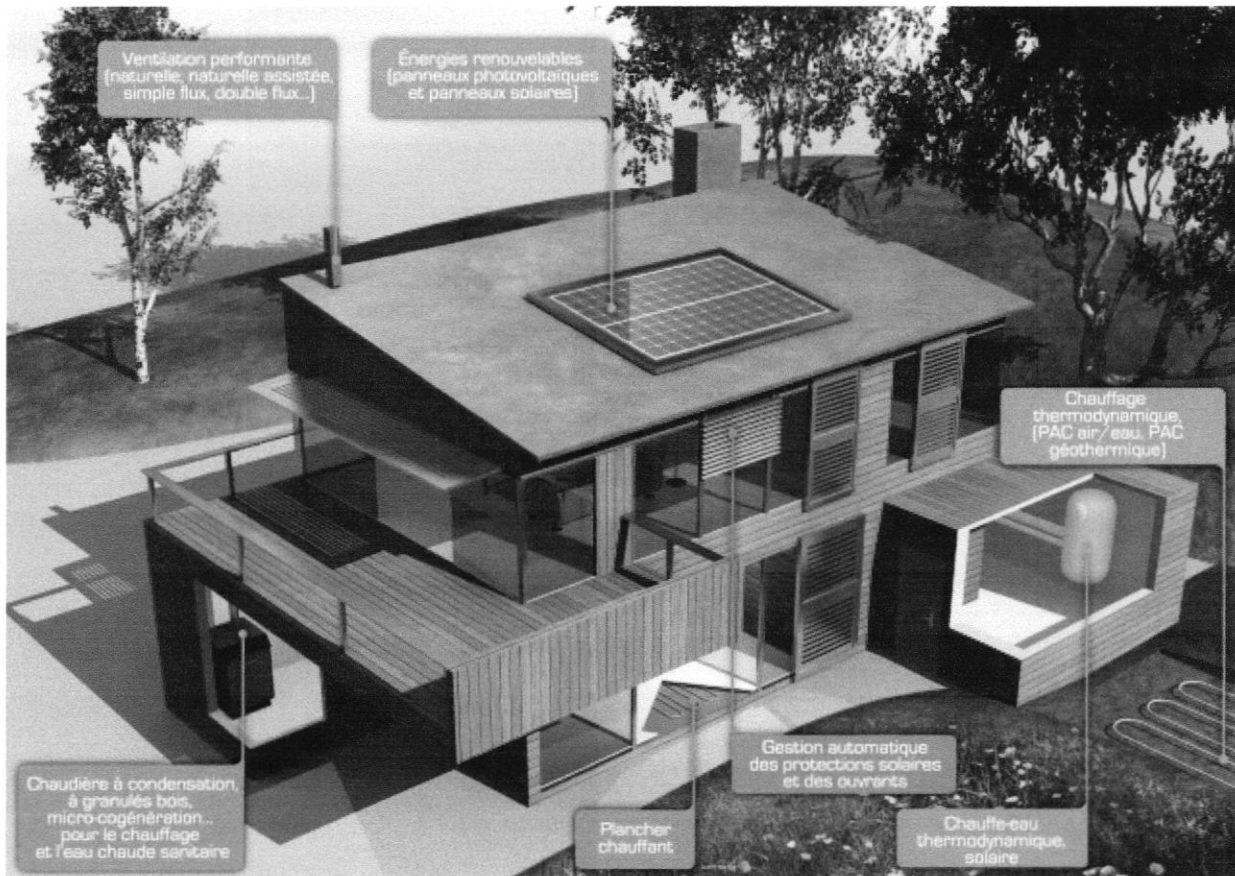


Figure (II.15) : Les différents systèmes actifs utilisés dans une maison selon la RT2012

La consommation conventionnelle maximale d'énergie primaire, Cep_{max} , est donc définie comme suit :

$$Cep_{max} = 50 \times M_{ctype} \times (M_{cgéo} + M_{calt} + M_{csurf} + M_{cGES})$$

Avec :

M_{ctype} : coefficient de modulation selon le type de bâtiment ou de partie de bâtiment et sa catégorie CE1/CE2 ;

$M_{cgéo}$: coefficient de modulation selon la localisation géographique ;

M_{calt} : coefficient de modulation selon l'altitude ;

M_{csurf} : pour les maisons individuelles ou accolées et les bâtiments collectifs d'habitation, coefficient de modulation selon la surface moyenne des logements du bâtiment ou de la partie de bâtiment ;

M_{cGES} : coefficient de modulation selon les émissions de gaz à effet de serre des énergies utilisées, pour le bois-énergie et les réseaux de chaleur et de froid faiblement émetteurs en CO_2 .

II- 5.3.4 Le confort d'été (Tic):

Des catégories de bâtiments dans lesquels il est possible d'assurer un bon niveau de confort en été sans avoir à recourir à un système actif de refroidissement sont définies et dépendent du type d'occupation et de la localisation (zone climatique, altitude, proximité de zones de bruit). Pour ces bâtiments, la règle actuelle $T_{ic} \leq T_{ic_{ref}}$ est maintenue : la température la plus chaude atteinte dans les locaux (Tic) , au cours d'une séquence de 5 jours très chauds d'été , ne doit pas excéder un plafond ($T_{ic_{ref}}$) .

Des travaux complémentaires sont engagés en vue de traiter de manière encore plus approfondie la question du confort d'été et de définir cette exigence en valeur absolue.

II- 5.3.5 Les exigences de moyens:

L'objectif de maîtrise des dépenses énergétiques a conduit à maintenir certaines exigences de moyens. Il s'agit principalement :

- du traitement des ponts thermiques significatifs,
- de la généralisation, pour le logement, du principe du test de l'étanchéité à l'air du bâtiment,
- de l'obligation de mise en place de protections solaires pour les locaux de sommeil,
- du recours au **EnR** ou à des systèmes très performants (eau chaude sanitaire thermodynamique ou micro-cogénération) en maisons individuelles ou accolées ,
- d'une surface minimale pour les baies vitrées (1/6 de la surface habitable)

Pour atteindre cette consigne établie par le document, ce dernier utilise une méthode "**Th-BCE**" utilisée dans le cadre de la réglementation thermique 2012 pour le calcul des besoins bioclimatique "**Bbio**", des consommations d'énergies primaire "**Cep**" et des températures intérieur conventionnelles "**Tic**" obtenues en condition d'été.

En plus de cette méthode, la RT2012 utilise les règles **Th-Bât** qui ont pour objet principal de déterminer les données d'entrées relative au bâti, servant au calcul du "**Bbio**" , "**Cep**" et "**Tic**" du bâtiment . Ces règles comportent désormais cinq fascicules distincts établis conformément aux normes européennes : les règles **Th-U**, **Th-I**, **Th-S**, **Th-L**, plus un cinquième fascicule comportant les valeurs tabulées des parois vitrées établies conformément aux **Th-S**, **Th-L**, **Th-U**.

- **Règles Th-I** : pour la détermination de l'inertie du bâtiment ou d'une zone du bâtiment
- **Règles Th-S** : pour la détermination du facteur solaire des parois du bâtiment
- **Règles Th-L**: pour la détermination du facteur de transmission lumineuse des parois vitrées du bâtiment
- **Règles Th-U** : pour la détermination du coefficient moyen de déperdition par transmission à travers les parois déprédatives du bâtiment
- Plus valeurs tabulées des caractéristiques des parois vitrées et des correctifs associés aux baies

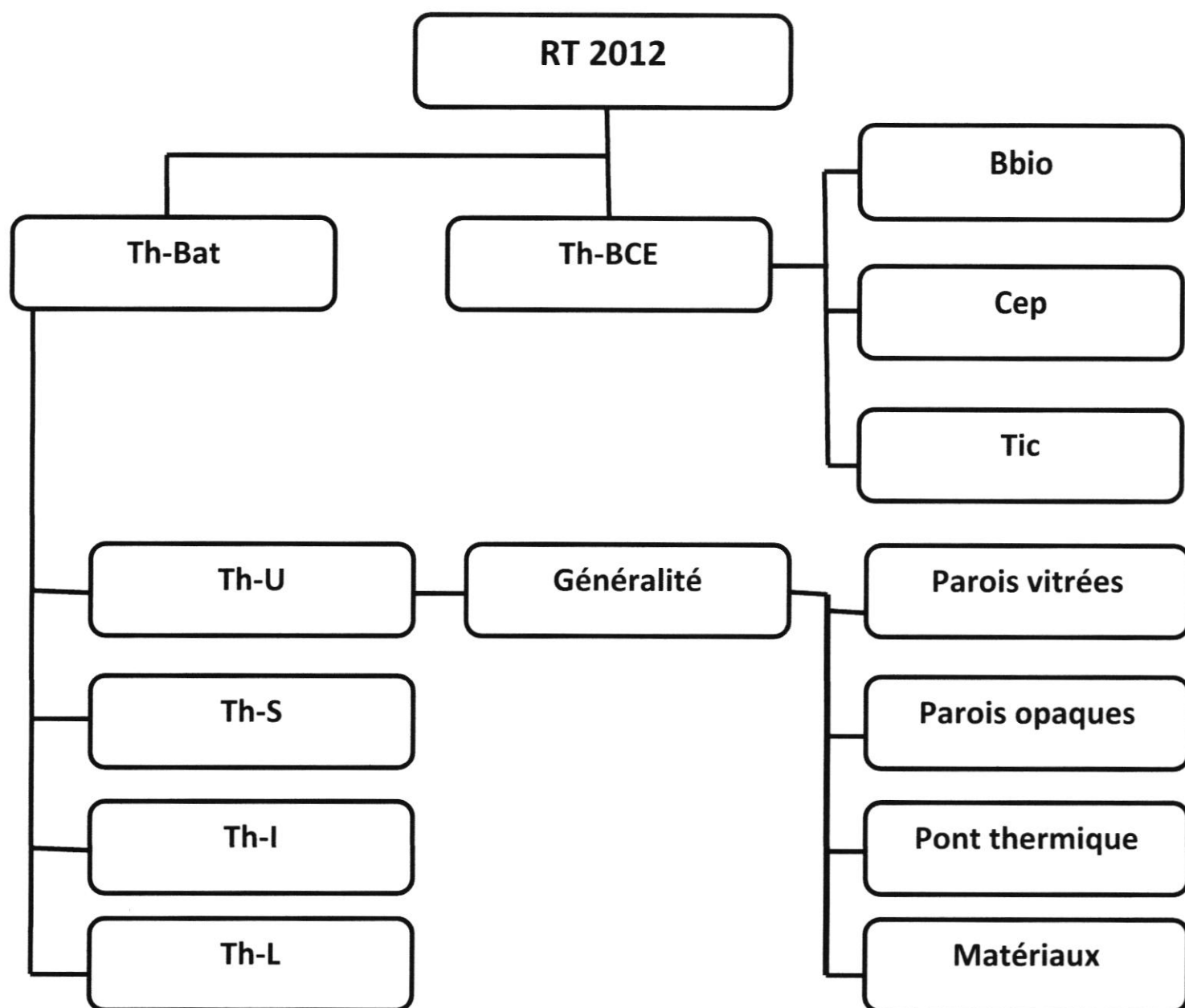
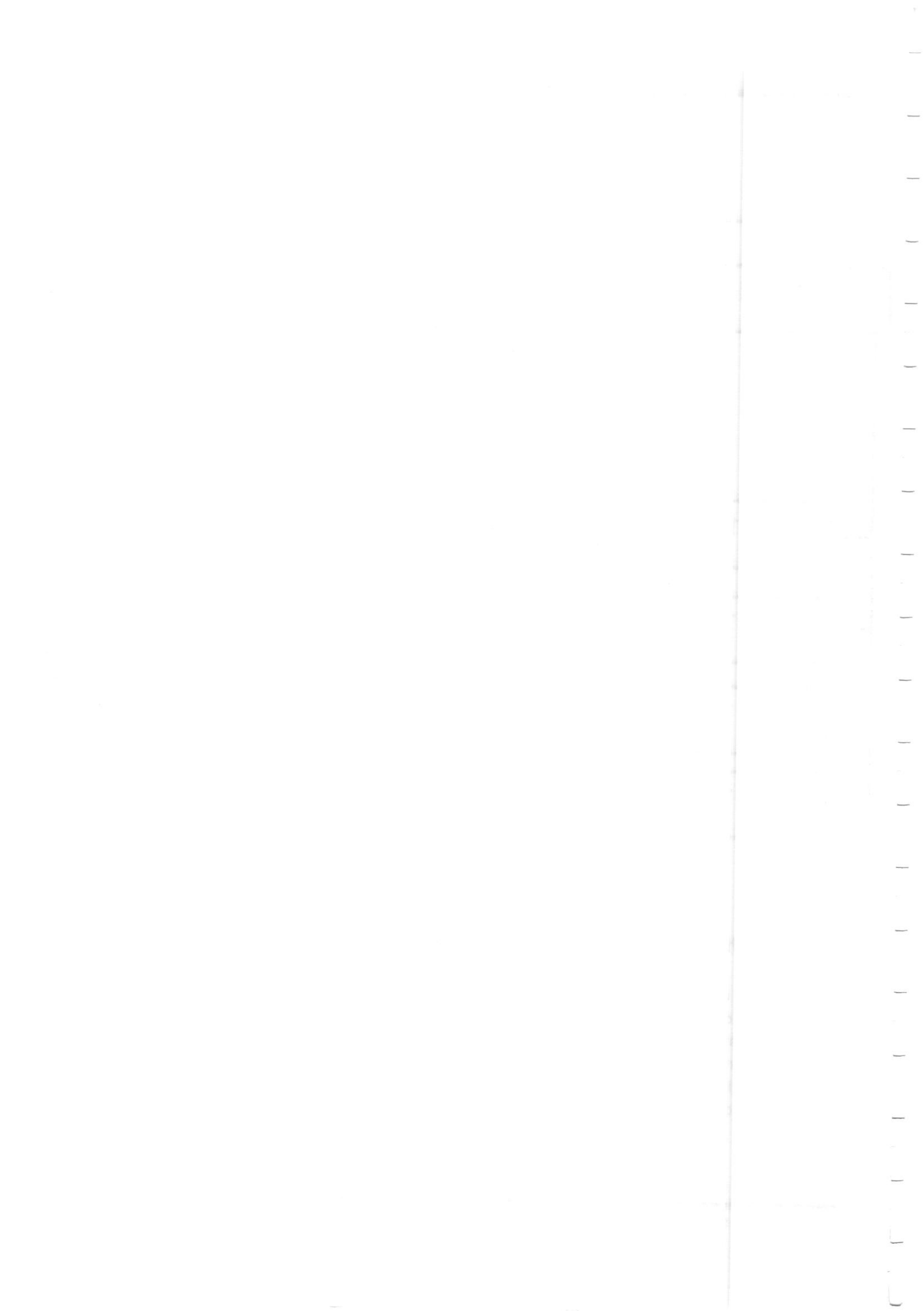


Figure (II.16) : Les règles de calcul utilisé dans la RT2012

II-5.4 Méthodes de calculs des deux documents thermiques:

Vu le nombre de détails cité dans le DTR algérien et RT2012 européen nous allons présenter les méthodes de calcul empirique couramment utilisé par les thermiciens pour la vérification de la conformité par rapport au règlement thermique.

Tout d'abord nous allons faire une nomenclature des symboles qui représentent du coefficient ou des indices utilisée dans les deux documents, afin de les identifier lors de la lecture des formules de calculs.



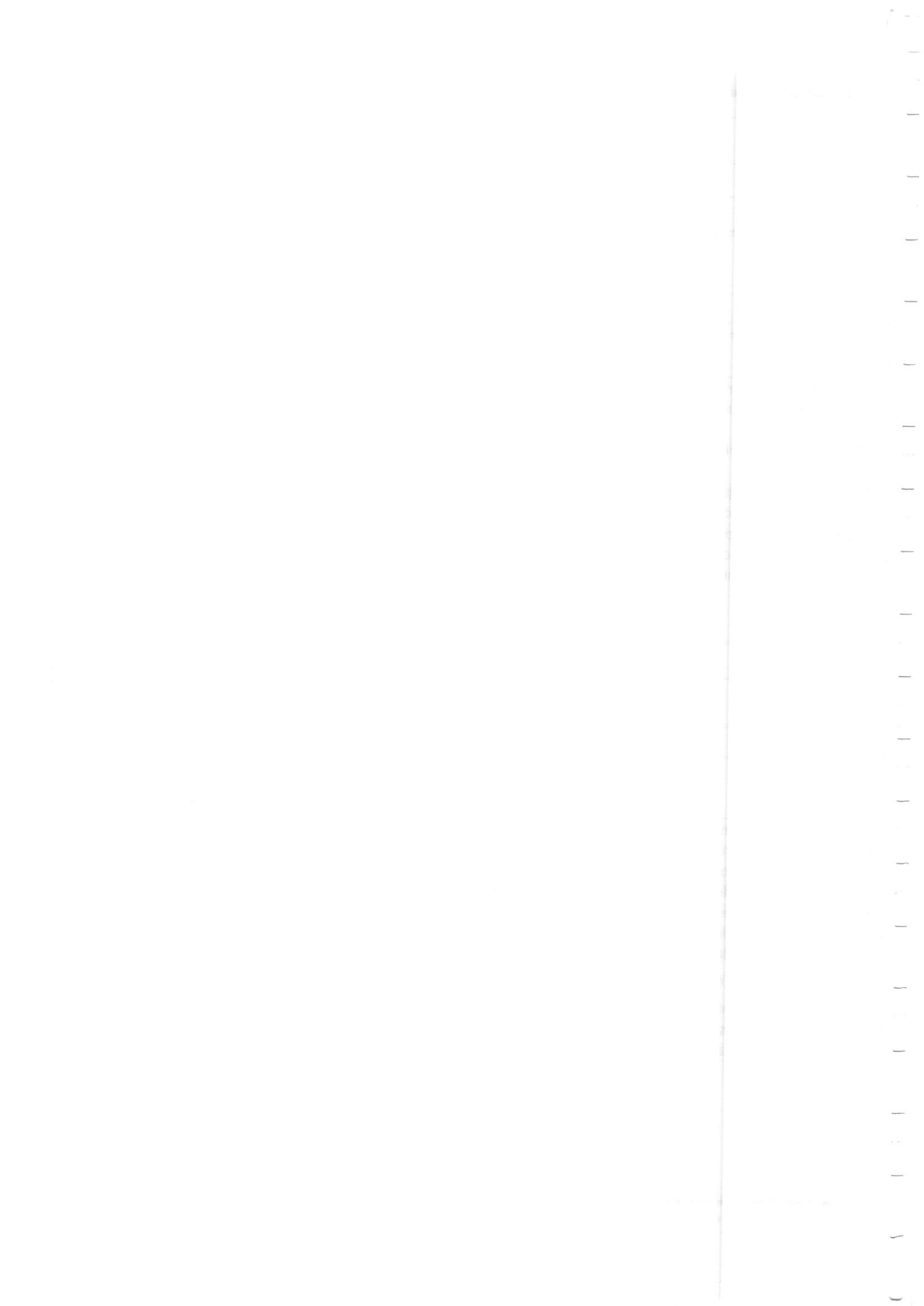
Chapitre II

- **Nomenclature utilisée dans le DTR et RT 2012**

Symbole		Grandeur	Unité
DTR	RT 2012		
K	U	Coefficient de transmission surfacique	W/(m².K)
k_l	Ψ	Coefficient de transmission linéique(pont thermique)	W/(m .K)
K_s	λ	Coefficient de transmission ponctuel (pont thermique)	W/(m .K)
R	R	Résistance thermique	m².K/W
h_e	R_{si}	Résistance thermique superficielle coté extérieur	m².K/W
h_i	R_{se}	Résistance thermique superficielle coté intérieur	m².K/W
λ	λ	Coefficient de conductivité thermique	W/(m.K)
e	e	Epaisseur	m
A	A	Surface	m²
I	L	Largeur, Longueur	m
T	T	Température	K
T_{au}	b	Coefficient de réduction de température	/
Q_v	Q	Débit d'air entrant dans le local	m³/h
q_{vo}	q	Débit d'air entrant par m ² de parois	(m³/h)/ m²
	Shon	Surface habitable	m²
a	a	Coefficient de référence	W/(m².K)
(D_T)_i	D_T/H_T	Coefficient de déperdition thermique par transmission entre le volume chauffé d'une part et l'extérieur, le sol et les locaux non chauffés d'autre part.	W/K
D_S	D_D/H_D	Coefficient de déperdition thermique par transmission à travers les parois donnant directement sur l'extérieur	W/K
D_{sol}	D_s/H_s	Coefficient de déperdition thermique par transmission à travers les parois en contact direct avec le sol, un vide sanitaire ou un sous-sol non chauffé	W/K
D_{Inc}	D_u/H_U	Coefficient de déperdition thermique par transmission à travers les parois donnant sur des locaux non chauffés (à l'exception des sous-sols et vides sanitaires)	W/K
D_R	D_v/H_v	Coefficient de déperdition thermique par renouvellement d'air	W/K

Chapitre II

Méthode du DTR	Méthode du RT2012
Déperdition d'un volume	
$D_i = (D_T)_i + (D_R)_i \text{ [W/°C]}$	$D_T = H_T \times \Delta T + D_V \text{ [W/°C]}$ Ou $D_T = U_{bât} \times V \times \Delta T + D_V$
Sachant que :	
$(D_T)_i = (D_S)_i + (D_{li})_i + (D_{sol})_i + (D_{Inc})_i$	$U_{bât} = H_T / A_T$ $H_T = H_D + H_S + H_U$
<ul style="list-style-type: none"> - $(D_T)_i$: (en W/°C) représente les déperditions surfaciques à travers les parties courantes des parois en contact avec l'extérieur - $(D_{li})_i$: (en W/°C) représente les déperditions à travers les liaisons - $(D_{sol})_i$: (en W/°C) représente les déperditions à travers les parois en contact avec le sol - $(D_{Inc})_i$: (en W/°C) représente les déperditions à travers les parois en contact avec les locaux non chauffés - $(D_R)_i$: (en W/°C) représente les déperditions thermique par renouvellement d'air 	<ul style="list-style-type: none"> - V : (en m³) volume en du logement ou de la pièce - ΔT : (en °C) représente la différence entre la température de base extérieur et la température désirée à l'intérieur de la pièce - $U_{bât}$: représente le coefficient des déperditions - A_T (en m²) : La surface intérieur totale des parois qui séparent le volume chauffé de l'extérieur, du sol et des locaux non chauffés - H_T : Représente le coefficient de déperdition par transmission entre le volume chauffé d'une part et l'extérieur ,le sol et les locaux non chauffés
Déperdition surfacique par transmission à travers les parois	
$D_S = k \times A$	$D_D = H_D \times \Delta T / H_D = \sum (A \times U_p) + \sum (L \times \Psi) + \sum (\lambda)$
Sachant que	
$\frac{1}{k} = \sum R + \frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i}$	$U_p = \frac{1}{R + R_{si} + R_{se}}$
<ul style="list-style-type: none"> - $\sum R$: (en m².°C/W) représente la somme des résistances thermiques des différentes couches de matériaux constituant la paroi. La détermination de la résistance thermique d'une couche de matériau dépend de la nature du matériau, c'est à dire s'il est homogène ou non ; - K (en W/m².°C) : est le coefficient de transmission surfacique (appelé aussi conductance) la somme $\frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i}$ (en m².°C/W) représente la somme des coefficients d'échange superficiel, prise conformément aux conventions adoptées - A : (en m²) représente la surface intérieur de la paroi 	<ul style="list-style-type: none"> - U_p (en W/m².°C) : représente un coefficient de transmission surfacique de la paroi - R (en m².°C/W) : résistance thermique de la paroi - $R_{si} R_{se}$ (en m².°C/W) résistances superficielles cotés intérieur et extérieur de la paroi - Ψ en W/(m².K) : coefficient de transmission linéique - λ en W/(m².K) : coefficient de transmission ponctuel - A (en m²) : La surface intérieure de la paroi - L (en m) : La longueur du pont thermique



Chapitre II

Méthode du DTR	Méthode du RT2012
Déperdition par transmission à travers les parois pour un plancher haut enterré	
$D_{sol} = K_{sol} \times A_i \text{ [W/°C]}$	$D_s = H_s \times \Delta T / H_s = \sum (A_i \times U_f) \text{ [W/°C]}$
Sachant que :	
$\frac{1}{K_{sol}} = 0.14 + R_p + \frac{e}{1.9}$	$U_f = \frac{1}{R + R_{si} + R_{se}}$
<ul style="list-style-type: none"> - K_{sol} : (en W/m².°C) : est le coefficient de transmission d'un plancher haut enterré - A_i : (en m²) représente la surface intérieur de la paroi i - R_p : (m².°C/W) c'est la résistance de plancher, résistance superficiel non comprises - e : (en m) représente l'épaisseur de la couverture du sol 	<ul style="list-style-type: none"> - U_f (en W/m². °C) : représente un coefficient de transmission surfacique équivalent d'un plancher haut enterré - ΔT : (en °C) représente la différence entre la température de base extérieur et la température désirée à l'intérieur de la pièce - A (en m²) :La surface intérieure de la paroi - R (en m².°C/W) : résistance thermique de la paroi - R_{si} R_{se}(en m².°C/W) résistances superficielles cotés
Déperdition à travers les ouvertures	
$D_o = K_o \times A$	$D_o = (A \times U_w + L \times Y) + \Delta T$
K_o est donné par le tableau cité par le DTR	$U_w = (U_g \times A_g + U_f \times A_f + Y_g \times L_g) / (A_g + A_f)$
Sachant que	
<ul style="list-style-type: none"> - K_o coefficient de transmission thermique - A surface d'ouverture 	<ul style="list-style-type: none"> - U_w :c'est le coefficient de transmission thermique - U_g : représente le coefficient surfacique du vitrage - A_g : surface du vitrage - U_f : représente le coefficient surfacique de la menuiserie - A_f : surface de la menuiserie - Y_g : le coefficient linéique du à l'effet thermique de l'intercalaire du vitrage et du profilé - L_g :est la plus grande somme des périmètres visibles du vitrage, vus des deux cotés de la paroi

Chapitre II

Méthode du DTR	Méthode du RT2012
Déperdition à travers les parois en contact avec des locaux non chauffés	
$D_{inc} = \text{Tau} [S(KxA)+S(K_i \times L)] \quad [W/^{\circ}C]$	$D_u = H_u \times \Delta T / H_u = \sum (H_{iu} \times b) + \sum (L \times \Psi) + \sum (\lambda)$
Sachant que :	
$\text{Tau} = \frac{d_e}{d_e + a_c}$	H_{iu} se calcule d'après la formule donnée pour H_D $b = D_{ue} / (D_{ue} + D_{iu})$
<ul style="list-style-type: none"> - Tau : est le coefficient de réduction de température - K_i : (en $W/m^2 \cdot ^{\circ}C$) est le coefficient de transmission linéique de chaque liaison - A : (en m^2) représente la surface intérieur de chaque partie surfacique - K : (en $W/m^2 \cdot ^{\circ}C$) est le coefficient de transmission surfacique de chaque partie - d_e : représente les déperditions du local non chauffé vers l'extérieur - a_c : les apports de chaleur des divers locaux chauffés vers le local non chauffé 	<ul style="list-style-type: none"> - H_{iu}: représente le coefficient de déperdition par transmission (surfaciques, linéiques et ponctuelles) du local chauffé vers le local non chauffé dont la température est supposées égale à la température extérieur .(donc il se calcule d'après la formule donnée pour H_D) - b: est le coefficient de réduction relatif à un local non chauffé quelconque - D_{ue}: est le coefficient de déperdition du local non chauffé vers l'extérieur ou un autre local non chauffé - D_{iu}: le coefficient de déperdition du local chauffé vers le local non chauffé
Déperdition par renouvellement d'air	
$D_R = 0,34 \times (Q_V + Q_S) \quad [W/^{\circ}C]$	$H_V = q_{ven} \times 0.34 \quad [W/^{\circ}C]$
Sachant que	
$Q_V = \text{Max} (0.6 \times V_h / Q_{vérf})$ $Q_S = \epsilon (P_{pi} + e_{vi})$	$q_{ven} = q_{vfenb} + q_{vcondext} + q_{vfenc} + q_{vcomb} + q_{vvmc} + q_{vperm}$
<ul style="list-style-type: none"> - 0,34 (en $Wh/m \cdot ^{\circ}C$) est la chaleur volumique de l'air - Q_V (en m^3/h) est le débit spécifique de ventilation - Q_S (en m^3/h) est le débit supplémentaire par infiltrations dues au vent. - V_h (en m^3) désigne le volume habitable - $Q_{vérf}$ h 3 (en m^3/h) désigne le débit extrait de référence. - ϵ : coefficient d'exposition aux vents - P_{pi} : perméabilité de la façade à l'air - e_{vi} : coefficient de ventilation 	<ul style="list-style-type: none"> - q_{ven} : c'est le débit équivalent transitant dans le logement - q_{vfenb} : le débit d'air d'aération quand les fenêtres sont utilisées comme système de ventilation d'hygiène - q_{vfenc} : est le débit supplémentaire dans le cas où l'ouverture des fenetres vient en complément du système spécifique - q_{vcomb} : est le débit supplémentaire extrait lié au fonctionnement des appareils à combustion quand ils se trouvent dans les pièce chauffées - q_{vvmc} : est le débit d'air extrait par la ventilation mécanique - q_{vperm} : est le débit de fuite de l'enveloppe - q_{vfenc} : est le débit supplémentaire dans le cas où l'ouverture des fenêtres vient en complément du système spécifique - $q_{vcondext}$: est le débit d'air extrait par les conduit à tirage nature

Tableau (II.9) : Quelques méthodes de calcul utilisé selon le DTR et RT2012

Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons présenté le projet d'intervention dans son environnement et les caractéristiques des matériaux composants les murs externes et internes , planchers et ouvertures .

qui ressemble au plus près la réalisation des projets en Algérie, nous avons aussi présenté

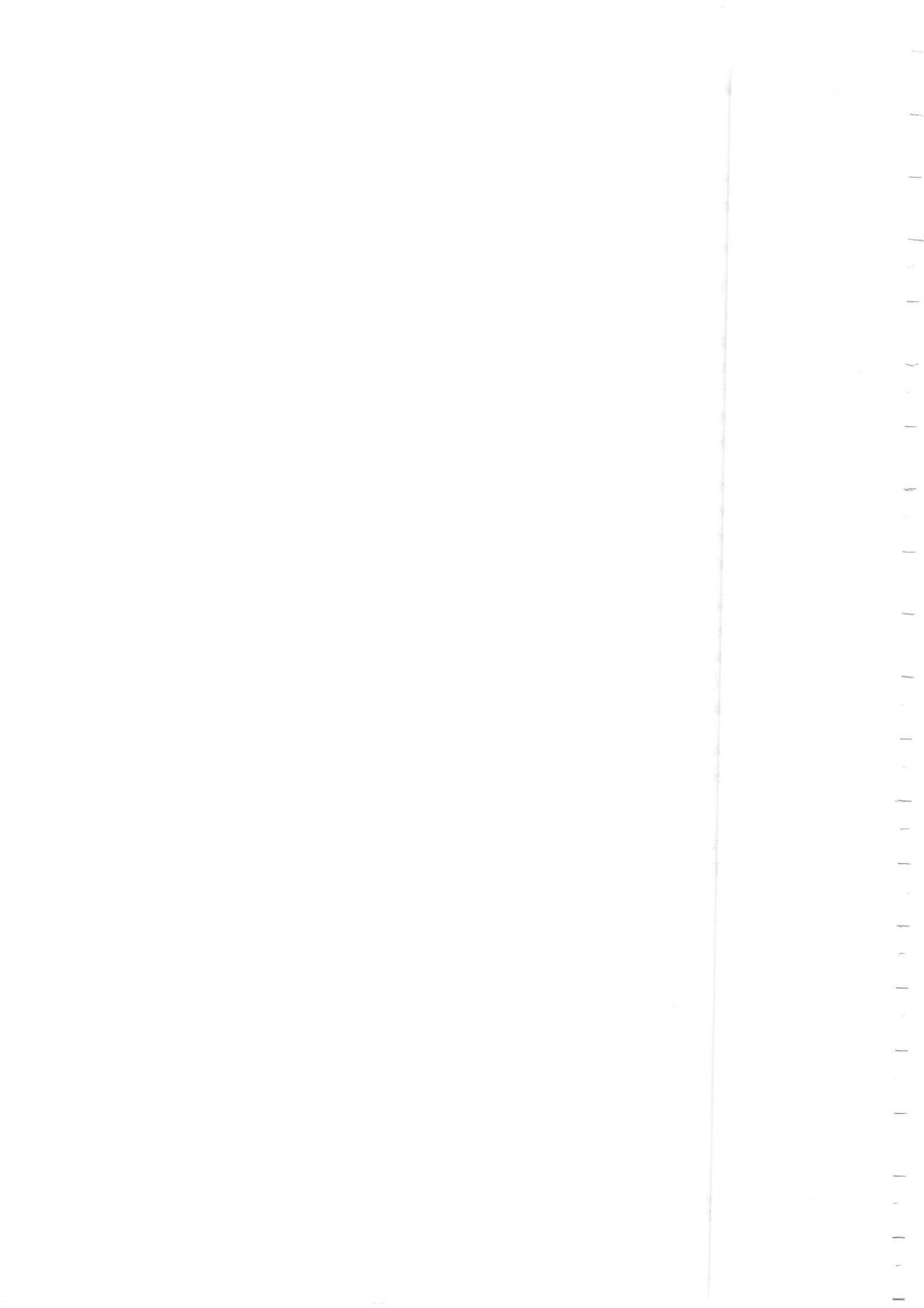
les Documents Techniques Réglementaires (DTR) qui font partie des rares outils qui représentent la réglementation thermique en Algérie, ce sont des instruments plus ou moins complets qui précisent les règles de conception à suivre pour parvenir à une consommation énergétique rationalisée. Sur le terrain, et bien que les DTR aient fait l'objet d'approbations par arrêtés ministériels, les professionnels du bâtiment ne sont pas jusqu'à présent contraints à s'y conformer. Les seuls documents généralement exigés lors du dépôt du permis de construire, sont ceux qui concernent le dossier architectural et l'étude de génie civil .

Nous avons aussi montré le Règlement thermique européen "RT2012 "qu'il a profondément modifié les étapes de construction et de réalisation d'un projet. Il est désormais indispensable de respecter un certain nombre d'obligations, à la fois de moyens (la surface des baies vitrées par exemple) et de résultats (par ex. BBioMax ou CEPMax).

Afin de Diminuer par trois la consommation énergétique des bâtiments neufs d'habitation et d'usage tertiaire pour l'amener à 50kWh/m²/an: c'est l'équivalent de l'ancien label BBC (Bâtiment Basse Consommation). Au rang des nouveautés, l'obligation d'utiliser des énergies renouvelables, l'importance de la perméabilité à l'air (isolation), de l'optimisation des ponts thermiques, ou encore la prise en compte de l'environnement extérieur (ensoleillement, besoin bioclimatique BBio...)

Tout cela vise avant tout à favoriser les ménages et à diminuer leur consommation en énergie des factures d'énergies allégées, des maisons plus confortables, et un investissement rentable sur le long terme.

Nous avons aussi exposé certain méthodes de calcul pour les deux documents thermiques "RT2012" et " DTR" afin de comprendre les modalités de calcul pour chaque document .



Chapitre III

Modélisation et applications des logiciels

III Chapitre 3 : Modélisation et application des logiciels

Introduction :

Un bâtiment est en permanence soumis à des sollicitations variables (météorologie, comportement des occupants, des équipements..) ce qui fait que son comportement n'est jamais assimilable à un régime établi (équilibre). Pour simuler ce comportement, l'usage d'un modèle dynamique est indispensable afin de calculer avec précision l'accumulation de chaleur par les différents éléments du bâtiment .

Aujourd'hui , la simulation thermique dynamique devient indispensable dès qu'un projet devient conséquent ou que l'on souhaite intégrer une démarche Haute Qualité Environnementale à son projet . Elle permet de traiter les ponts thermiques ,de contrôler les apports solaires, d'étudier l'étanchéité du bâtiment à l'air et d'optimiser sa conception au regard des besoins de chauffage et du confort d'été . La STD permet donc de modéliser un bâtiment et d'analyser ses interactions avec son environnement et son usage .

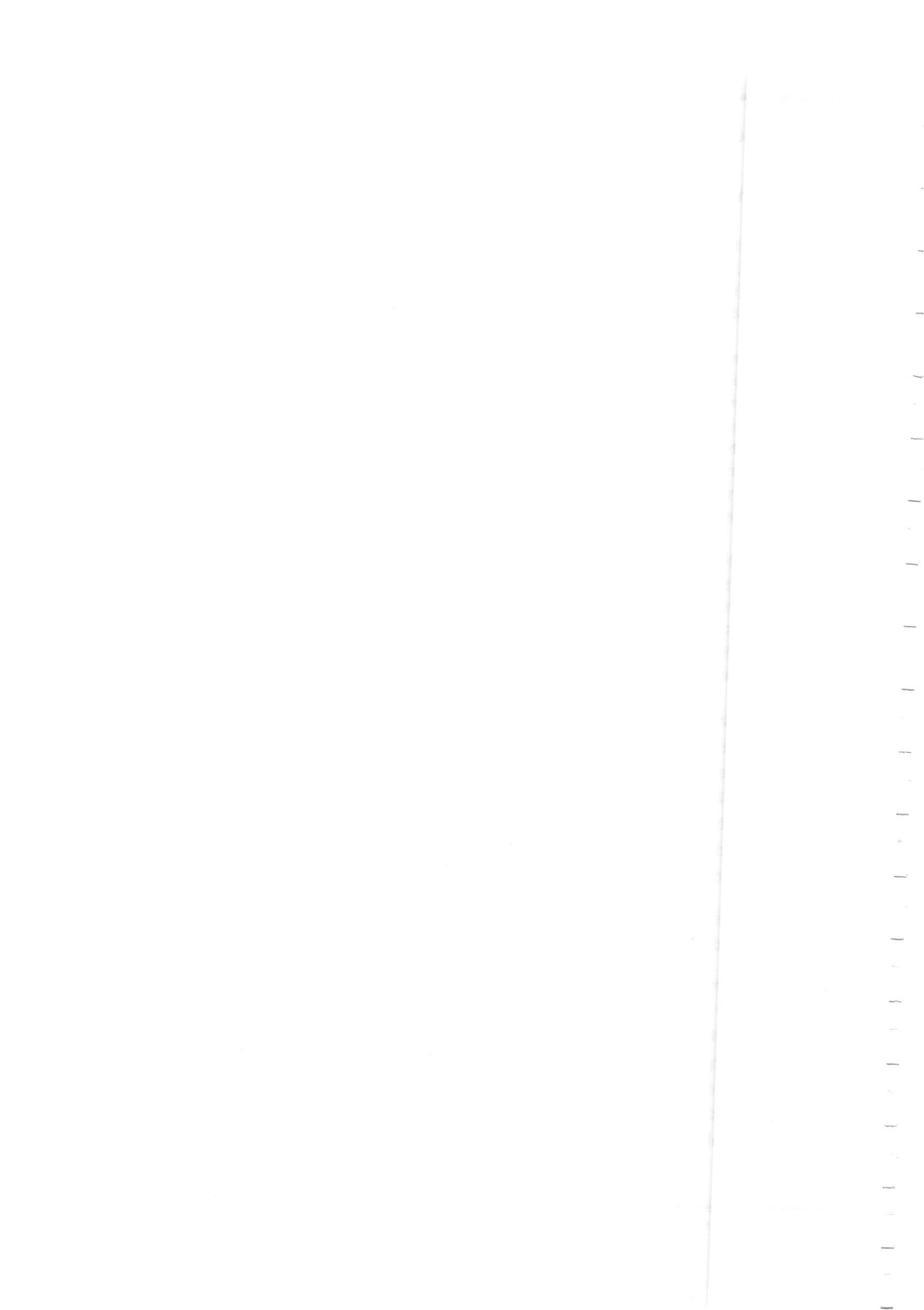
Les paramètres d'entrée d'un tel type de simulations , liées à la modélisation et les hypothèses d'usage, sont les suivants :

- Paramètres liés à la structure: orientation et composition des parois opaques et vitrées ,protection solaires, masques....
- Paramètre liés aux équipements : Systèmes de production d'énergie, ventilation, apports gratuits des équipements
- Paramètres liés à l'exploitation: Occupation, usage, consignes de confort,...
- Sollicitations climatiques : températures, course du soleil, vents, données météo locales...

Une fois ces paramètres d'entrées identifiés, la STD permet d'accéder à différentes sorties comme la température des locaux dans chaque zone thermique heure par heure (ou à des pas de temps inférieurs à l'heure) permettant d'évaluer le confort de l'occupant, la consommation nécessaire en chauffage et climatisation , la consommation des équipements....Ces données permettent aux concepteurs de choisir les meilleures solutions techniques et architecturales, d'orienter le choix des équipements, des matériaux et des structures de façon à minimiser la consommation en énergie et la déperdition de chaleur tout en respectant le confort de l'occupant.

La STD est donc un outil précieux pour une construction de demain économe en énergie et assurant le confort des occupants .

Il existe un nombre important de logiciels dédiés à la simulation énergétique. Les logiciels existants diffèrent entre eux par les algorithmes qu'ils utilisent, par leur interface utilisateur et finalement par leurs vocations et leurs domaines d'application tel que Pleiades+Comfie , TRNSYS , ArchiWizard, Climawin, EnergyPlus, Codyba.....dans notre étude on a choisi d'utiliser Pleiade+Comfie qui permette d'effectuer des calculs dynamiques et n'utilise pas directement des équations de la mécanique des flux mais des équations simplifiées qui permettent de réduire considérablement le temps de calcul.



III.1 Présentation des logiciels Utilisé :

III.1.1 Le but de la simulation thermique dynamique (STD) :

La simulation thermique dynamique est une étude thermique qui permet de modéliser le comportement thermique d'un bâtiment sur une année grâce à un calcul effectué selon un pas horaire, pour décrire ce comportement , les logiciels s'appuient sur les données suivantes:

- La composition géographique du site
- Le concept architectural
- Les masques intégrés du bâtiment
- Les masques lointains ou proches de son environnement
- Les caractéristiques thermiques de ses parois et de ses vitrages
- les sources de chaleur internes liées à son utilisation théorique .

Par ailleurs, et contrairement au calcul thermique statique , les logiciels permettent également de prendre en compte les éléments suivants:

- La météorologie locale du site d'implantation
- L'inertie du bâtiment
- Les apports solaires passifs.

La simulation apporte trois types de réponse :

- Elle permet de viser un objectif de performance énergétique : un bâtiment basse consommation ou maison passive,... En dessous de 50 kwh/m².an, la simulation dynamique est nécessaire, car pour atteindre ces performances, le bâtiment doit avoir un comportement thermique " équilibré " : entre apport solaires, inertie et isolation .
- Elle permet de faire un choix entre plusieurs techniques constructives tout en garantissant un bon comportement thermique . par exemples : plancher bois ou dalle, double ou triple vitrage . La simulation apporte son point de vue thermique pour une meilleure approche esthétique ou financière.
- Elle permet d'optimiser le confort d'été . Pour cela, les fichiers météo sont légèrement exagérés (15% à 25%) , pour simuler des situations extrêmes d'été . Si le bâtiment, assure une température naturelle (sans climatisation) inférieure à 27°C ou de 6 à 8°C en moins par rapport à l'extérieur, alors la sensation de confort sera assurée .

Une STD peut être utilisée pour atteindre un ou plusieurs des objectifs suivants:

- Optimiser le concept architectural d'un bâtiment (optimisation des épaisseurs d'isolant, dimensionnement des protections solaires, choix du système constructif, minimisation du besoin thermique d'un bâtiment
- choisir l'orientation optimale d'un projet
- Evaluer les risques de surchauffes estivales dans une zone précise d'un bâtiment



III.1.2.2 PLEIADE+ COMFIE :

Au terme d'une longue collaboration, Comfie pour PC est maintenant chaîné PLEIADES, un environnement-utilisateur complet réalisé par GEFOSAT (Groupement d'Étude et de Formation sur les Outils Solaires et les Alternatives Technologiques) puis repris par IZUBA énergies.



Faciles d'emploi et d'apprentissage, PLEIADES et COMFIE permettent la conception de projets bioclimatiques en régime dynamique, l'analyse des performances et des ambiances, la formation et l'enseignement sur le comportement thermique de l'habitat ...

PLEIADES et COMFIE sont particulièrement adaptés à la conception solaire bioclimatique et à la réalisation de bâtiments où la qualité thermique et environnementale des ambiances sont particulièrement prises en compte.

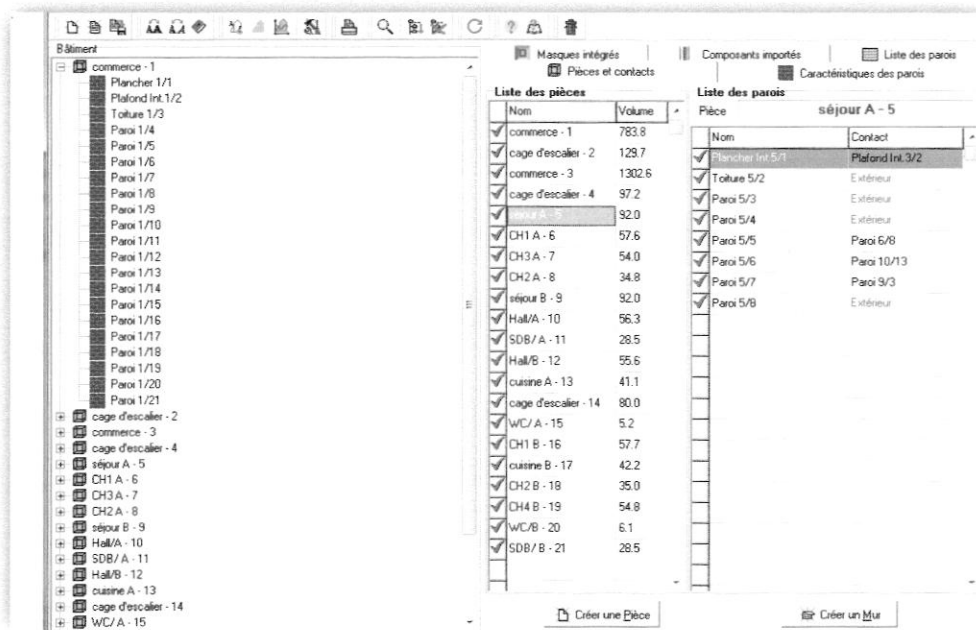


Figure (III.1) : Interface Pleiade+Comfie

PLEIADES et COMFIE ont été développés avec le soutien de l'ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie).

Leur objectif est de :

- Rendre le concepteur plus libre dans l'emploi des différents composants du bâti, pour construire en harmonie avec l'environnement .
- Faire progresser les connaissances en architecture bioclimatique, la base des connaissances développée pouvant alimenter ultérieurement un système expert .
- Tester des nouvelles solutions en solaire passif.

La version utilisée dans notre étude est la version **2.3** .

IV.2.2.3 METEONORM:



Le pack Stations MeteoNorm comporte plus de 400 stations météo complémentaires pour la simulation thermique dynamique, C'est une référence complète de base de données météorologique . Il donne accès à des données météorologiques pour divers application pour n'importe quel endroit dans le monde
La version utilisée dans notre étude : **V7.1.3.19872** .

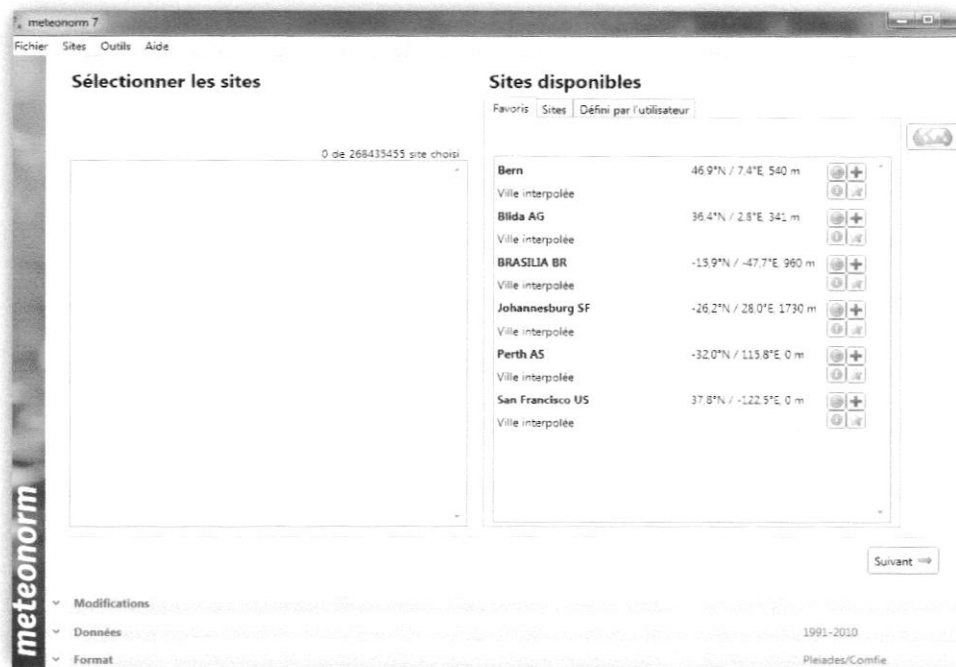


Figure (III.2) : Interface Meteonorme

IV.2.2.4 Alcyone :

C'est un module de saisie graphique qui permet de dessiner le bâtiment à partir de plan 2D, de lui associer des masques proches , des compositions , es vitrages, de le découper en zone thermique , de lui associer des scenarii d'occupation



Alcyone a été conçu pour faciliter la saisie de bâtiments pour Pleiades+Comfie. Il permet, à partir d'un plan numérisé, de dessiner chaque niveau du bâtiment.

Il est indispensable de savoir utiliser Pleiades+Comfie avant de passer à Alcyone car ce dernier ne fait que générer un pré projet qu'il faudra ouvrir avec Pleiades.

La version utilisée dans notre étude : **1.0**

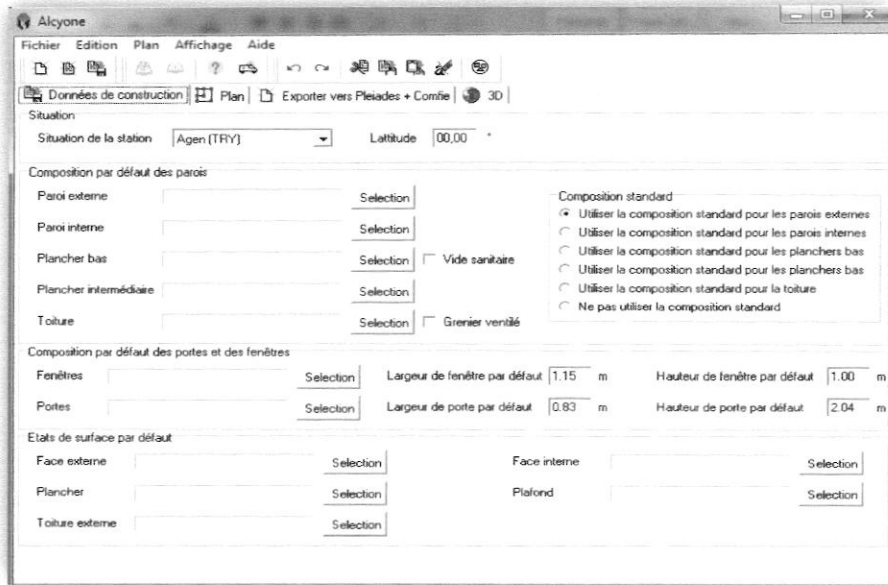


Figure (III.3) : Interface Alcyone

IV.3 Processus d'application des logiciels:

IV.3.1 Sous meteonorm 7.1.3:

IV.3.1.1 Création d'un fichier météorologique

Pour créer un fichier météorologique spécifique à notre site on a utilisé le logiciel meteonorm. Dans le cas où notre site n'est pas inscrit dans la base des données, nous introduisons les coordonnées spécifiques à ce dernier comme suit : 36.4° Nord et 2.8° EST 341 Altitude

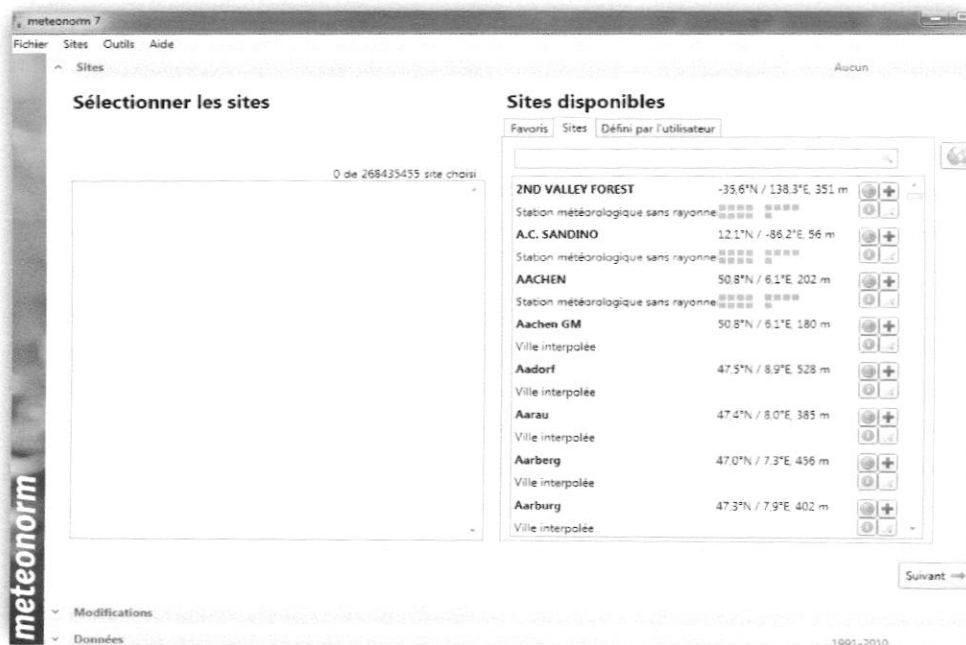


Figure (III.4) : les sites disponibles

➤ La localisation de site

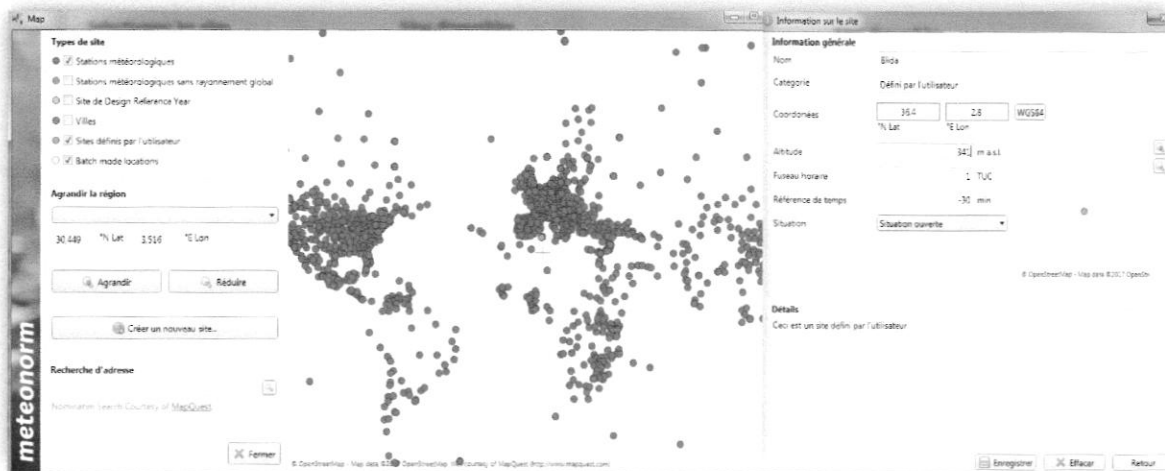


Figure (III.5) : localisation de site sur meteonorm 7

➤ Choix de la période d'études :

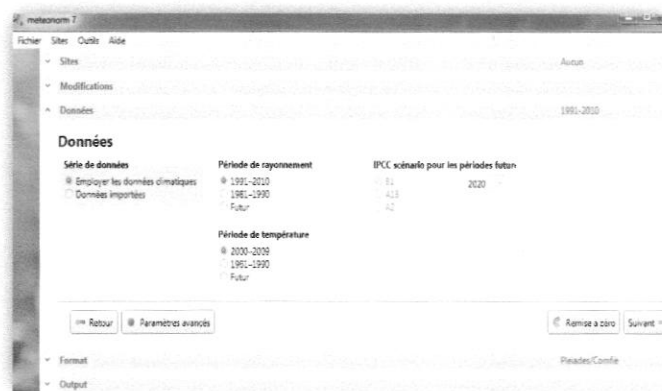


Figure (III.6) : choix de la période d'études

➤ Choix de format de fichier

Pleiades + Comfie utilise des fichiers météorologiques horaires au format TRY (Test Reference Year). Ce fichier texte est structuré de la manière suivante :

Chaque ligne correspond à une heure de l'année (le fichier doit donc contenir $365 \times 24 = 8760$ lignes). Chaque ligne adopte la structure suivante :

- Un identificateur de station de 3 caractères
- La température extérieure sèche ($1/10$ °C) en dixièmes de degrés sur 4 caractères
- Le rayonnement global horizontal (J/cm^2) sur 4 caractères
- Le rayonnement diffus horizontal (J/cm^2) sur 4 caractères

Chapitre III

- Le numéro du mois sur 2 caractères (de 1 à 12)
- Le numéro du jour sur 2 caractères (de 1 à 31)
- Le numéro de l'heure sur 2 caractères (de 1 à 24)

Sur Meteonorm 7 il suffit juste de choisir le format Pleiades/Comfies pour avoir un fichier TRY

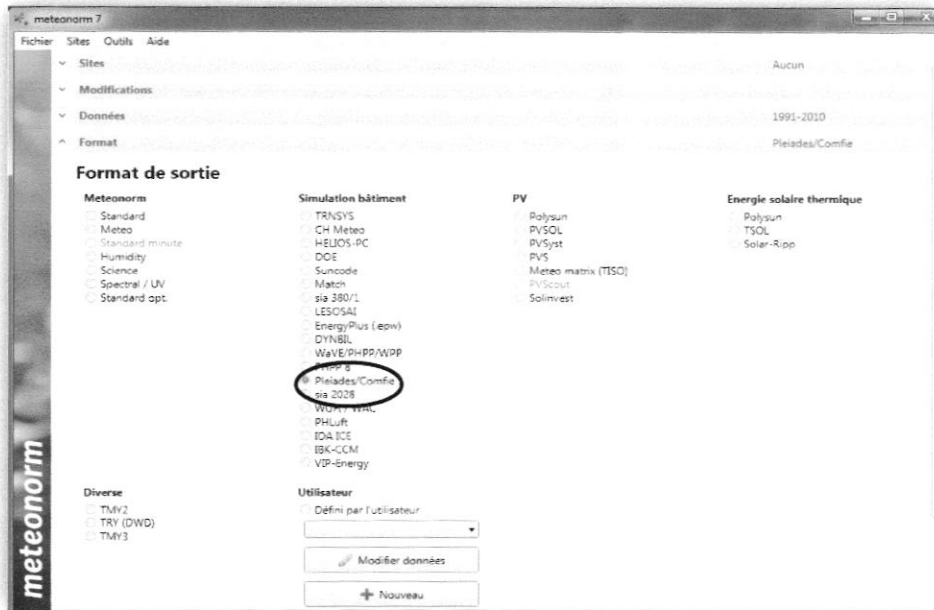


Figure (III.7) : choix du format de sortie

➤ et en fin ; enregistrer le fichier.

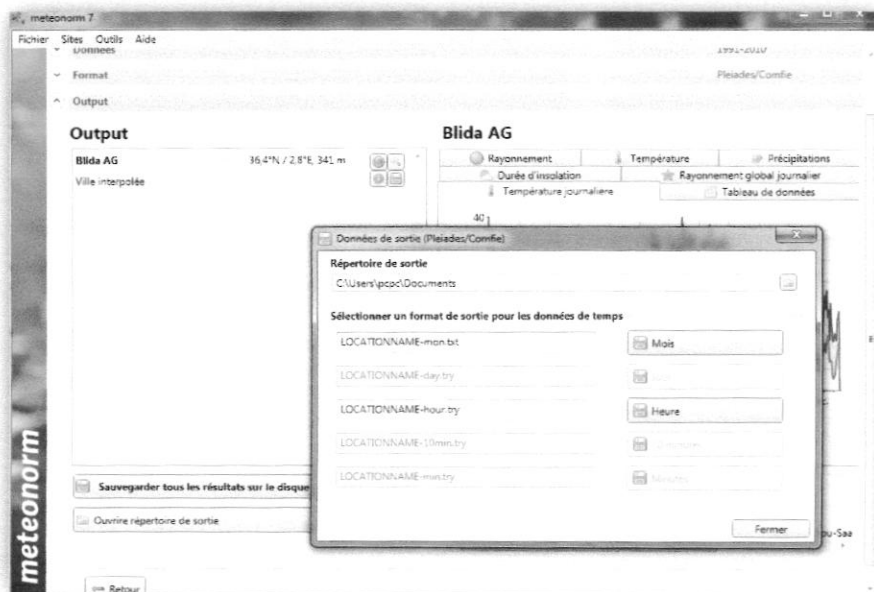


Figure (III.8) : choix du format de sortie

Chapitre III

A la fin de l'opération , le fichier au formay choisi à exporter pour les logiciels, il nous donne des informations sur le climat au site à travers des graphes tel que :

Blida AG

☉ Rayonnement 🌡 Température ☁ Précipitations

☀ Durée d'insolation ⭐ Rayonnement global journalier

📉 Température journalière 📄 Tableau de données

	Gh kWh/m ²	Dh kWh/m ²	Bn kWh/m ²	Ta °C	Td °C	FF m/s
Janvier	73	35	93	9,8	5,6	2,2
Février	80	36	95	10,7	5,9	2,5
Mars	125	58	113	13,5	7,7	2,8
Avril	147	75	110	15,5	9,4	3,1
Mai	192	86	155	19,6	12,4	3,2
Juin	239	65	251	24,5	14,8	3,3
Juillet	260	51	286	27,4	17	3,1
Août	224	53	248	27,4	17,3	3
Septembre	158	59	160	23,6	15,8	2,9
Octobre	123	45	147	20,3	13,5	2,4
Novembre	81	34	105	14,2	9	2,4
Décembre	63	32	80	11,2	6,8	2,4
Année	1761	630	1843	18,1	11,3	2,8

Figure (III.9) : Tableau de données

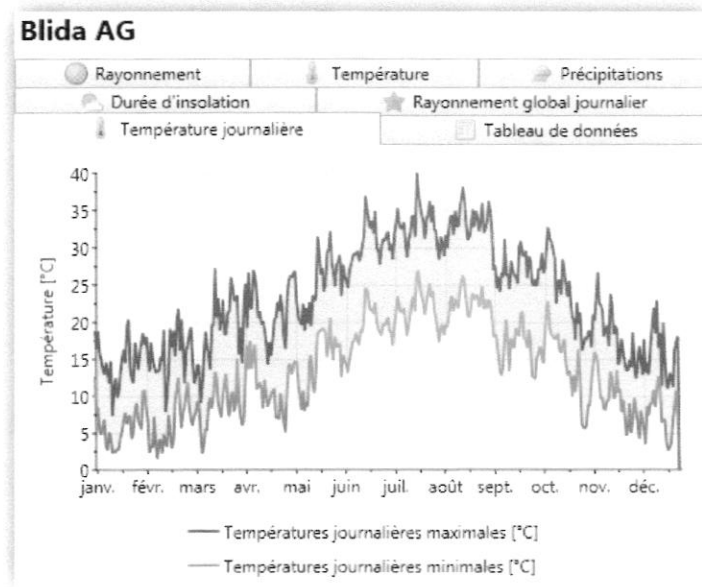


Figure (III.10) : Température Journalière

IV.4.2 Sous Pléiades:

IV.4.2.1 Composition des éléments de construction

Pour définir les parois d'un bâtiment et préparer des simulations, 3 icônes (en haut de la barre d'outils, fig.2), correspondant à 3 modules, sont utiles. Lorsque l'on est dans l'un des 3 modules, son icône est grisée.

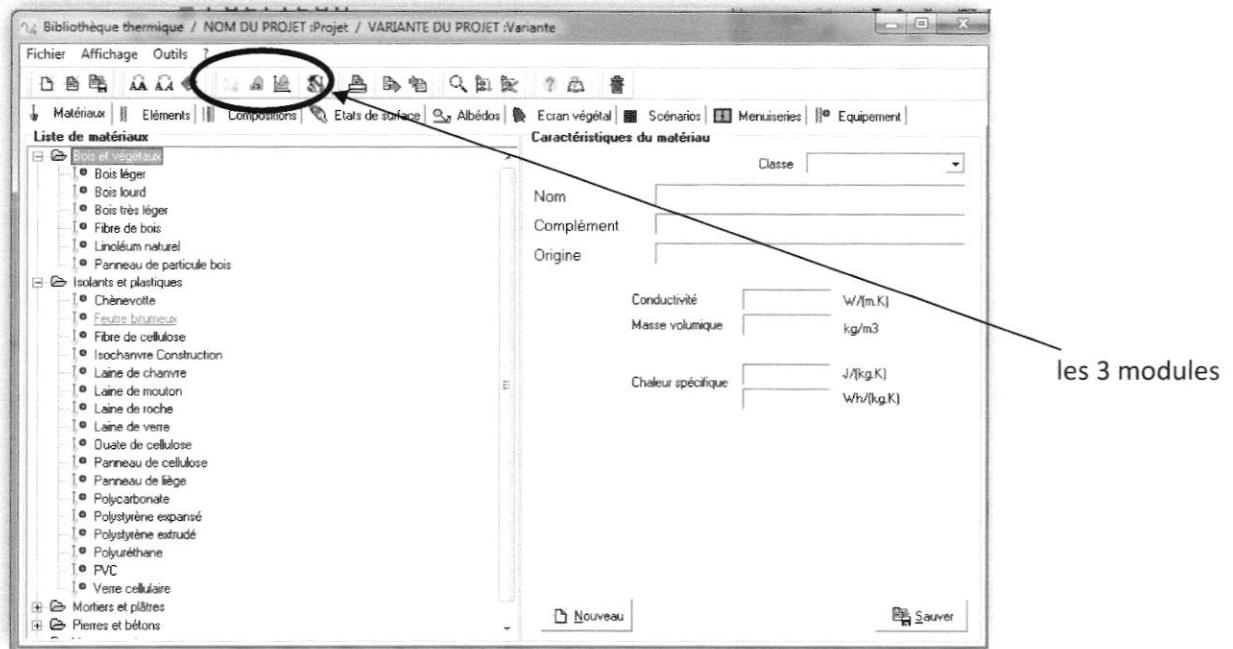


Figure (III.11) : Barre d'outils sous PLEIADES

Le premier module, celui de la **bibliothèque**, permet d'accéder aux onglets : matériaux (bibliothèque de matériaux usuels de construction), menuiseries (vitres, portes et huisseries usuelles), compositions (pour réaliser des parois et donc compléter la bibliothèque Pléiades), composition multiple, éléments, équipements (pour définir les équipements du bâtiment : ordinateur, éclairage, ...), écran végétal, albédos (pour tenir compte de la position du soleil), états de surface (notamment pour évaluer les effets de la couleur des surfaces sur les déperditions), scénarios annuels (de chauffage, de climatisation, d'occupation, de ventilation,...), scénarios hebdomadaires (de chauffage, de climatisation, d'occupation, de ventilation,...).

Le second module (DH-multi) est celui des constructions et permet de lister et caractériser les parois (onglets liste des parois, caractéristiques des parois), les composants importés, ou de définir les masques occultant les ouvrants (onglet masques intégrés).

Le module Environnement (Inter Comfie), fonctionnement, simulation, résultats est utilisé en fin de projet lorsque les simulations sont lancées. Ce module permet de choisir les conditions météo (sites et météo du lieu).

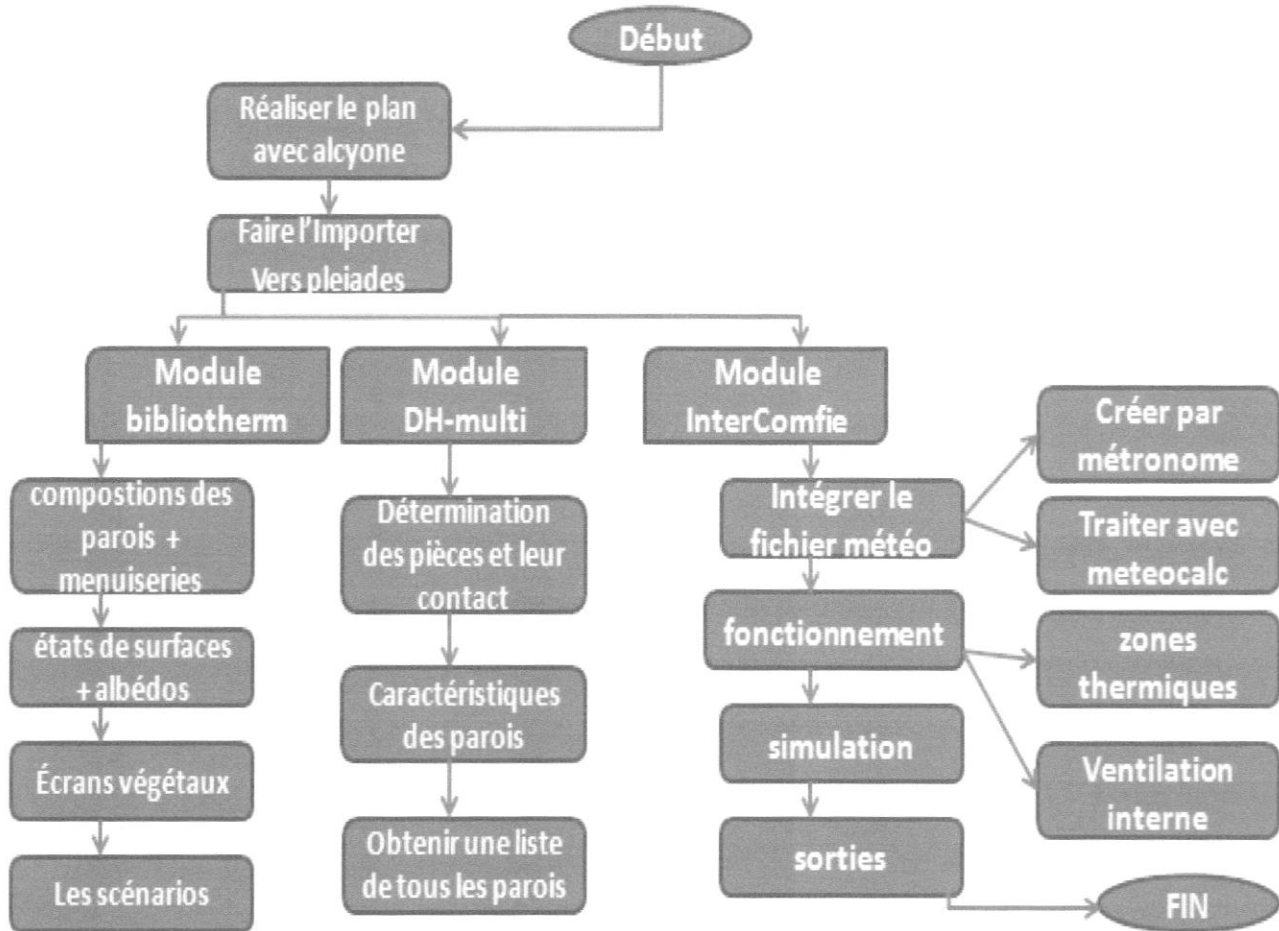


Figure (III.12) : processus d'application PLEIADE+COMFIE

- définir la composition des parois

Caractéristiques de la composition

Classe: Murs

Nom: Mur extérieur A

Complément:

Origine:

Composants	T	cm	kg/m ²	λ	R
Mortier	M	2.0	40	1.15	0.02
Brique creuse de 15 cm	E	15.0	104	0.43	0.35
Lame d'air > 1.3 cm	E	1.5	0	0.09	0.16
Brique creuse de 10 cm	E	10.0	69	0.48	0.21
Mortier	M	2.0	40	1.15	0.02
Enduit plâtre	M	1.0	15	0.35	0.03
Total		31.5	268		0.79

Extérieur
↓
Intérieur

Etat initial (cas de base)

:

Caractéristiques de la composition

Classe: Murs

Nom: Mur rideaux

Complément:

Origine:

Composants	T	cm	kg/m ²	λ	R
Verre plat	M	4.0	100	1.16	0.03
Lame d'air > 1.3 cm	E	1.5	0	0.09	0.16
Verre plat	M	4.0	100	1.16	0.03
Total		9.5	200		0.22

Extérieur
↓
Intérieur

Chapitre III

Composants	T	cm	kg/m ²	λ	R
Mortier	M	1.3	26	1.15	0.01
Brique creuse de 10 cm	E	10.0	69	0.48	0.21
Mortier	M	1.3	26	1.15	0.01
↓					
Total		12.6	121		0.23

composition du mur extérieur

Figure (III.13)

Composants	T	cm	kg/m ²	λ	R
Enduit plâtre	M	1.0	15	0.35	0.03
Mortier	M	2.0	40	1.15	0.02
Hourdis de 16 en béton	E	16.0	208	1.23	0.13
Béton lourd	M	4.0	92	1.75	0.02
Mortier	M	2.0	40	1.15	0.02
Carrelage	M	2.0	46	1.70	0.01
↓					
Total		27.0	441		0.23

Figure (III.14) : composition du mur rideau

Composants	T	cm	kg/m ²	λ	R
Hourdis de 16 en béton	E	16.0	208	1.23	0.13
Béton lourd	M	4.0	92	1.75	0.02
Mortier	M	5.0	100	1.15	0.04
Carrelage	M	2.0	46	1.70	0.01
↓					
Total		27.0	446		0.20

Figure (III.15) : composition du mur intérieur

Composants	T	cm	kg/m ²	λ	R
Feutre bitumeux	M	2.0	34	0.50	0.04
Mortier	M	2.0	40	1.15	0.02
Forme de pente	M	6.0	132	0.16	0.37
Béton lourd	M	4.0	92	1.75	0.02
Hourdis de 16 en béton	E	16.0	208	1.23	0.13
Enduit plâtre	M	1.0	15	0.35	0.03
↓					
Total		31.0	521		0.61

Figure (III.16) : composition du plancher courant

Caractéristiques du vitrage

Classe: Portes

Nom: Porte bois massif

Complément: Opaque avec seuil et joint d'étanchéité

Origine: Guide de la thermique dans l'habitat neuf

Nombre de vitrages: Opaque

Changer les caractéristiques

Facteur solaire moyen: 0.00

Coef U moyen: 3.50 W/(m2.K)

% de vitrage: 0 %

Vitrage

Facteur solaire: 0.00

Coef U Vitrage: 3.50 W/(m2.K)

Cadre

Coef U Opaque: 3.50 W/(m2.K)

Figure (III.17) : composition du plancher bas

Caractéristiques du vitrage

Classe: Portes

Nom: Porte bois intérieure

Complément: donnant sur local non chauffé

Origine: Règles ThK

Nombre de vitrages: Opaque

Changer les caractéristiques

Facteur solaire moyen: 0.00

Coef U moyen: 5.00 W/(m2.K)

% de vitrage: 0 %

Vitrage

Facteur solaire: 0.00

Coef U Vitrage: 3.50 W/(m2.K)

Cadre

Coef U Opaque: 5.00 W/(m2.K)

Figure (III.18) : composition de la toiture

plancher bas

3.4.2.2 Types d'ouverture :

Figure (III.19) : caractéristiques de porte bois massif

Figure (III.20) : caractéristiques de porte bois intérieure

Chapitre III

Caractéristiques du vitrage

Classe: Fenêtres

Nom: Fen métal sur serre

Complément: DV 4.6.4 + SV

Origine: Dans COMFIE pour prise en compte d'un vitrage entre serr

Nombre de vitrages: 3 Vitrages

Changer les caractéristiques

Facteur solaire moyen: 0.61

Coeff U moyen: 5.16 W/(m2.K)

% de vitrage: 75 %

Vitrage

Facteur solaire: 0.81

Coeff U Vitrage: 4.55 W/(m2.K)

Cadre

Coeff U Opaque: 7.00 W/(m2.K)

caractéristiques de porte
bois extérieur

Caractéristiques du vitrage

Classe: Porte-fenêtres

Nom: P-Fen bat métal SV

Complément: ou alu sans coupure de pont thermique

Origine: Ouvrage "Conception Thermique de l'Habitat"+ règles TH-

Nombre de vitrages: 1 vitrage

Changer les caractéristiques

Facteur solaire moyen: 0.67

Coeff U moyen: 6.57 W/(m2.K)

% de vitrage: 74 %

Vitrage

Facteur solaire: 0.90

Coeff U Vitrage: 6.25 W/(m2.K)

Cadre

Coeff U Opaque: 7.50 W/(m2.K)

Figure
(III.21) :

Figure (III.22) : caractéristiques fenêtr
bois SV

Caractéristiques du vitrage

Classe: Porte-fenêtres

Nom: P-Fen bat bois SV

Complément: Battante avec soubassement

Origine: Ouvrage "Conception Thermique de l'Habitat"+ règles TH-

Nombre de vitrages: 1 vitrage

Changer les caractéristiques

Facteur solaire moyen: 0.57

Coeff U moyen: 4.10 W/(m2.K)

% de vitrage: 63 %

Vitrage

Facteur solaire: 0.90

Coeff U Vitrage: 4.75 W/(m2.K)

Cadre

Coeff U Opaque: 3.00 W/(m2.K)

Figure (III.23) : Caractéristiques de fenêtr
métal sur serre

Figure (III.24) :Caractéristiques de porte-
fenêtr battante métal SV

Caractéristiques du vitrage

Classe: Portes

Nom: Porte bois extérieur

Complément: opaque avec seuil et joint d'étanchéité

Origine: Règles THK

Nombre de vitrages: Opaque

Changer les caractéristiques

Facteur solaire moyen: 0.00

Coeff U moyen: 5.00 W/(m2.K)

% de vitrage: 0 %

Vitrage

Facteur solaire: 0.00

Coeff U Vitrage: 3.50 W/(m2.K)

Cadre

Coeff U Opaque: 5.00 W/(m2.K)

Figure
(III.25) :

Caractéristiques de porte-
fenêtr battante bois SV

Caractéristiques du vitrage

Classe: Fenêtres

Nom: Fen bois SV

Complément: Simple vitrage non classée huisserie bois

Origine: Ouvrage "Conception Thermique de l'Habitat"+ règles TH-

Nombre de vitrages: 1 vitrage

Changer les caractéristiques

Facteur solaire moyen: 0.63

Coeff U moyen: 4.36 W/(m2.K)

% de vitrage: 70 %

Vitrage

Facteur solaire: 0.90

Coeff U Vitrage: 4.95 W/(m2.K)

Cadre

Coeff U Opaque: 3.00 W/(m2.K)

Cas optimisé :

des parois

Composants	T	cm	kg/m ²	λ	R
Hourdis de 16 en béton	E	16.0	208	1.23	0.13
Béton lourd	M	4.0	92	1.75	0.02
Polystyrène expansé	M	5.0	1	0.04	1.28
Mortier	M	5.0	100	1.15	0.04
Carrelage	M	2.0	46	1.70	0.01
Total		32.0	447		1.48

Extérieur
↓
Intérieur

• composition

Figure (III.26) :Mur extérieur isolé (avec polystyrène)

Figure (III.27) :Mur rideaux

Composants	T	cm	kg/m ²	λ	R
Feutre bitumeux	M	2.0	34	0.50	0.04
Mortier	M	2.0	40	1.15	0.02
Forme de pente	M	6.0	132	0.16	0.37
Polystyrène expansé	M	5.0	1	0.04	1.28
Béton lourd	M	4.0	92	1.75	0.02
Hourdis de 16 en béton	E	16.0	208	1.23	0.13
Enduit plâtre	M	1.0	15	0.35	0.03
Total		36.0	522		1.89

Extérieur
↓
Intérieur

Figure (III.28) :Plancher bas isolé (avec polystyrène)

Composants	T	cm	kg/m ²	λ	R
Mortier	M	2.0	40	1.15	0.02
Brique creuse de 15 cm	E	15.0	104	0.43	0.35
Polystyrène expansé	M	10.0	3	0.04	2.56
Brique creuse de 10 cm	E	10.0	69	0.48	0.21
Mortier	M	2.0	40	1.15	0.02
Enduit plâtre	M	1.0	15	0.35	0.03
Total		40.0	271		3.19

Extérieur
↓
Intérieur

Composants	T	cm	kg/m ²	λ	R
Verre plat	M	4.0	100	1.16	0.03
Lame d'air > 1.3 cm	E	1.5	0	0.09	0.16
Verre plat	M	4.0	100	1.16	0.03
Lame d'air > 1.3 cm	E	1.5	0	0.09	0.16
Verre plat	M	4.0	100	1.16	0.03
Total		15.0	300		0.41

Extérieur
↓
Intérieur

Figure (III.29) :Toiture isolé (avec polystyrène)

Caractéristiques du vitrage

Classe: Fenêtres

Nom: Fen PVC DV 4.12.4

Complément: --

Origine: Ouvrage "Conception Thermique de l'Habitat"+ règles TH-

Nombre de vitrages: 2 Vitrages

Changer les caractéristiques

Facteur solaire moyen: 0.57

Coef U moyen: 2.47 W/(m2.K)

% de vitrage: 70 %

Vitrage: Facteur solaire: 0.81, Coef U Vitrage: 2.80 W/(m2.K)

Cadre: Coef U Opaque: 1.70 W/(m2.K)

Caractéristiques du vitrage

Classe: Porte-fenêtres

Nom: P-Fen bat métal DV 4.12.4

Complément: ou alu sans coupure de pont thermique

Origine: Ouvrage "Conception Thermique de l'Habitat"+ règles TH-

Nombre de vitrages: 2 Vitrages

Changer les caractéristiques

Facteur solaire moyen: 0.60

Coef U moyen: 5.09 W/(m2.K)

% de vitrage: 74 %

Vitrage: Facteur solaire: 0.81, Coef U Vitrage: 4.25 W/(m2.K)

Cadre: Coef U Opaque: 7.50 W/(m2.K)

Figure (III.30) :Plancher courant isolé
(avec polystyrène)

Figure (III.31)
fenêtre
:Caractéristiques de
PVC
battante métal DV

IV.4.2.3 la station

- intégration
météorologique pour le site étudié sur le module InetrComfie,

Composants	T	cm	kg/m ²	λ	R	
Enduit plâtre	M	1.0	15	0.35	0.03	Extérieur ↓ Intérieur
Mortier	M	2.0	40	1.15	0.02	
Hourdis de 16 en béton	E	16.0	208	1.23	0.13	
Béton lourd	M	4.0	92	1.75	0.02	
Polystyrène expansé	M	5.0	1	0.04	1.28	
Mortier	M	2.0	40	1.15	0.02	
Carrelage	M	2.0	46	1.70	0.01	
Total		32.0	442		1.51	

:Caractéristiques de
Figure (III.32)
porte- fenêtre
4.12.4
4.12.4

Identification de météorologique :

du fichier

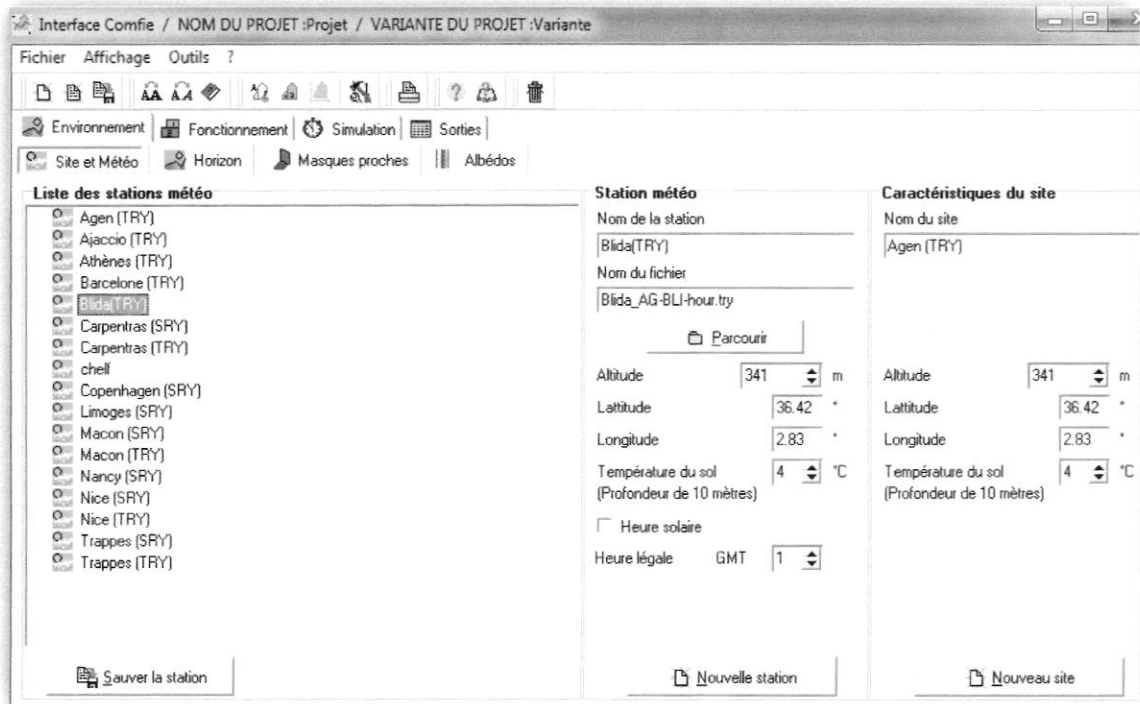
Cette étape permet d'utiliser les paramètres météorologiques du site d'étude

Figure (III.33) : Identification de la station météorologique (Blida)

IV.3.4.3 Sous Alcyone :

3.4.3.1 Définition des paramètres de construction :

- Définir les paramètres par défaut



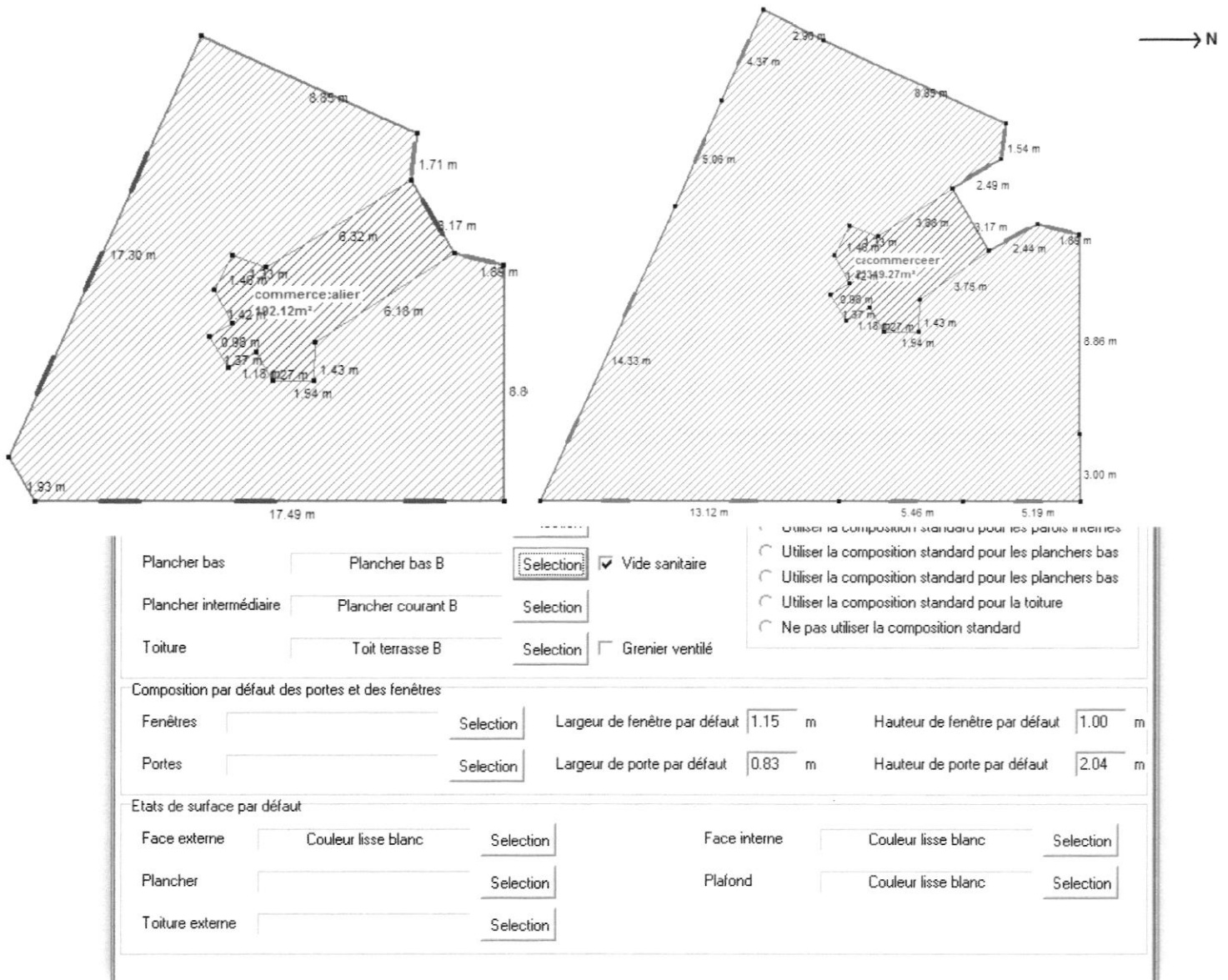
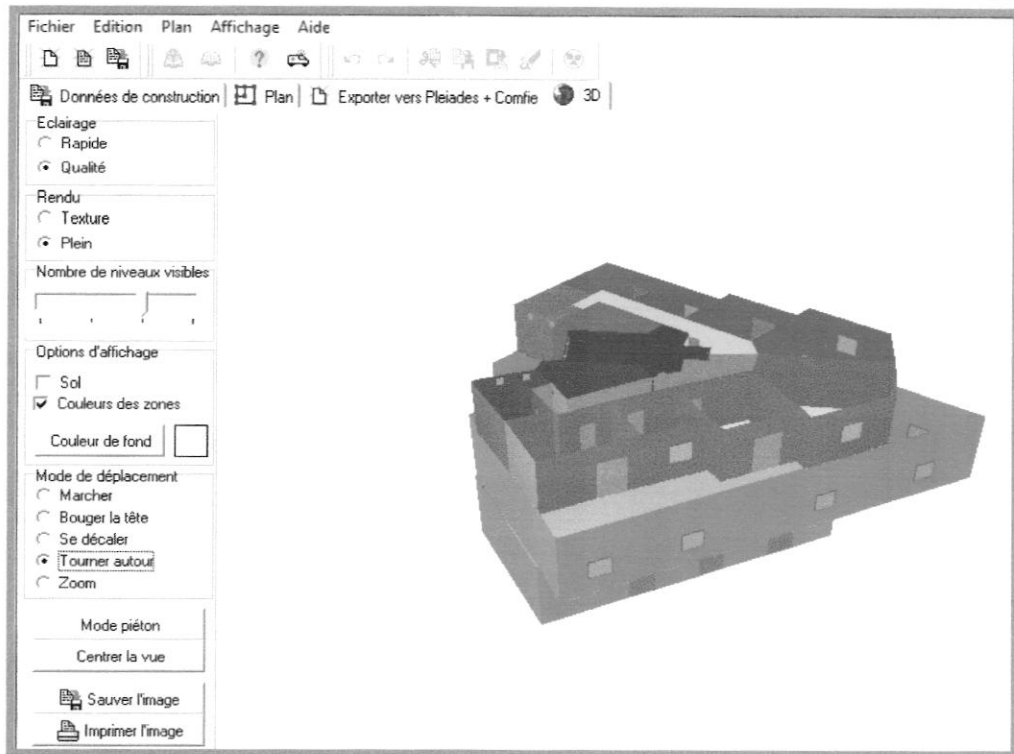


Figure (III.34) : Les données de construction

3.4.3.2 Dessin du plan sous Alcyone :

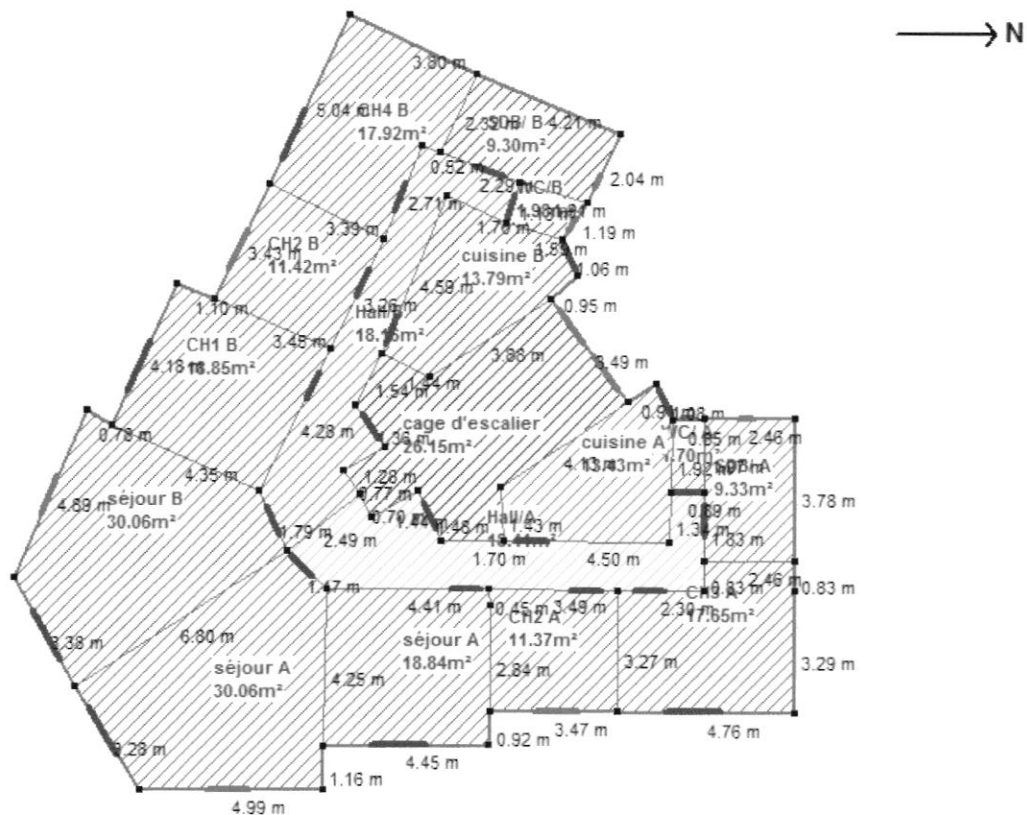
- saisie géométrique du bâtiment et de ses caractéristiques (parois, vitrages) à partir d'une image de fond importé.
- intégration du bâtiment dans son environnement (orientation, masques solaires proches et lointains, etc.).
- découpage du bâtiment en zones thermiques homogènes, généralement une zone thermique étant associée à une pièce ou à un regroupement de pièces de même typologie, les scénarii d'occupation sont affectés par zone thermique (scénarii d'occupation, de ventilation, de chauffage, de rafraîchissement, de puissance dissipée ...). Ces scénarii permettent de différencier le fonctionnement de chaque zone thermique. Les scénarii de ventilation sont par exemple différents pour les zones bureaux et les zones sanitaires.

Figure (III.35)
:Découpage zones thermiques ayant des scénarios identiques (RDC et Premier étage commercial)



des

Figure (III.36)



:Découpage des zones thermiques ayant des scénarios identiques (étage courant)

les pièces de même couleur appartiennent la même zone, c'est-à-dire que les conditions intérieures sont identiques (température, ventilation, occupation...).

Figure (III.37) : Saisie de bâtiment sur Alcyone avec des zones thermiques ayant des scénarios identiques (3D)

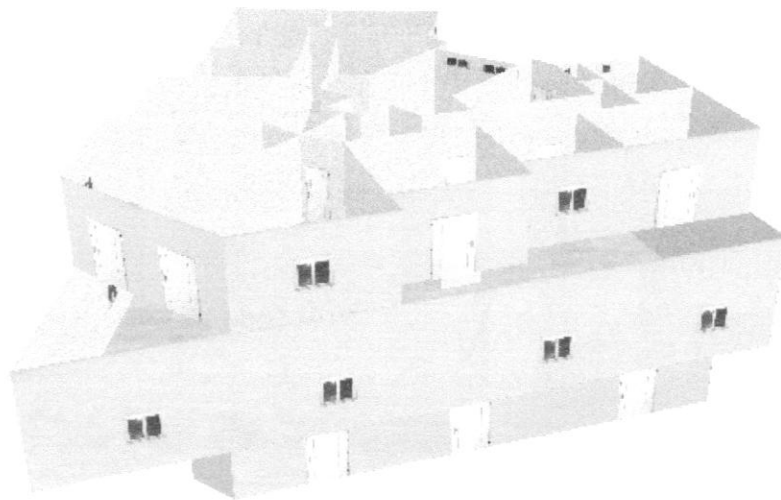


Figure (III.38)

bâtiment réaliser par Alcyone

:Vue en 3D de

3.5 Exportation vers pléiades :

Après avoir définis les données de construction et dessiner le plan sous Alcyone , on exporte le tout vers Pleiades pour introduire les scenarios de fonctionnement afin d'identifier les besoins en chauffage et climatisation, ainsi que l'évolution des températures



1) Scénarios de d'occupation:

Les scénarios d'occupation permettent de définir le nombre des occupants à une heure donnée de la semaine afin de reproduire la chaleur émise par la présence d'une personne.

Pour les logements :

Chaque logement est occupé par Sept personnes ,les apports internes de chaque occupant est d'environ 80W

Pour notre modélisation, nous avons décidé de créer 3 scenarios différents :

- Scenario de 7 personnes dans la zone de confort : chambres + séjour.
- Scenario de 7 personnes dans la zone : cuisine.
- Scenario d'une personne utilisé pour le reste des zones : hall + salle d'eau.

le nombre d'occupant est introduit en pourcentage heure par heure comme suit:

7 personnes sont équivalentes à 100%

- 6 personnes 86%
- 5 personnes 71%
- 4 personnes 57%
- 3 personnes 43%
- 2 personnes 29%
- 1 personnes 14%

Pourcentage d'occupation journée de semaine "Zone de confort":

24h-6h	21h-23h	17h-20h	13h-16h	10h-12h	7h-9h et 20h-21h
100%	71%	57%	43%	29%	0%

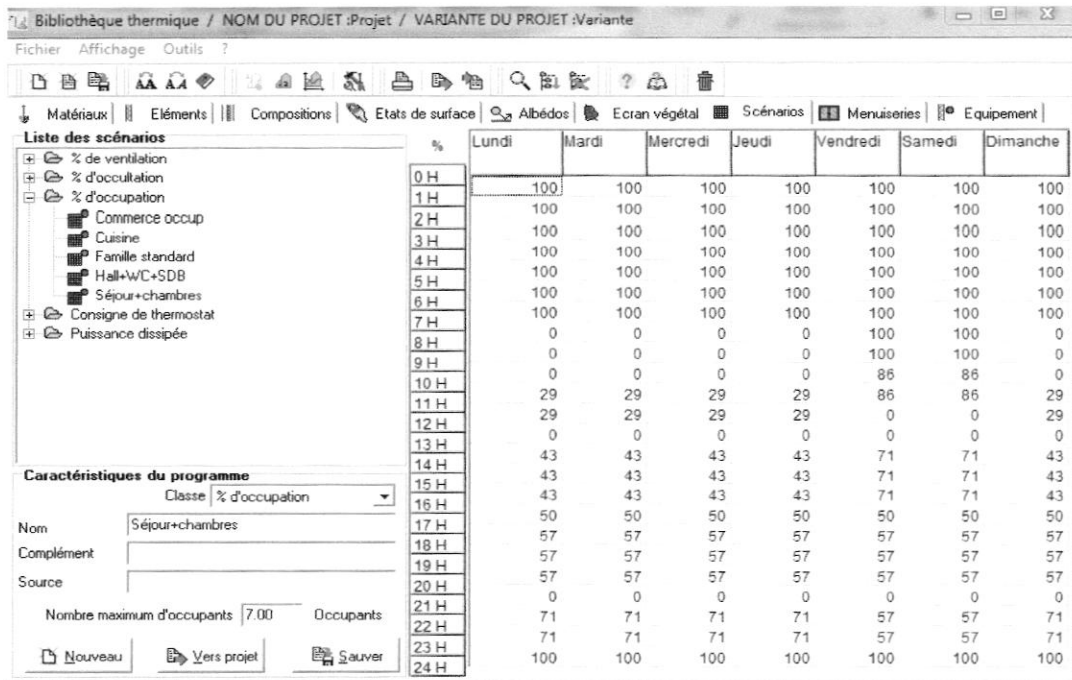
Tableau (III.1) : Taux d'occupation durant les jours de la semaine "zone de confort"

Pourcentage d'occupation journée de week -end "Zone de confort":

24h-8h	9h-11h	17h-20h	17h-19h et 21h-23h	11h-13h et 20h-21h
100%	86%	71%	57%	0%

Tableau (III.2) : Taux d'occupation durant les jours de la semaine "zone de confort"

Chapitre III



**Figure (III.39) : Taux d'occupation durant les jours de la semaine "zone de confort"
Pour la 3ème zone : cuisine**

7h-8h et 12h-13h et de20h-91h	8h-9h et 21h-22h	18h-20h	13h- 14h	21h-22h
100%	57%	43%	29%	14%

Tableau (III.3) : Taux d'occupation durant les jours de la semaine "cuisine"

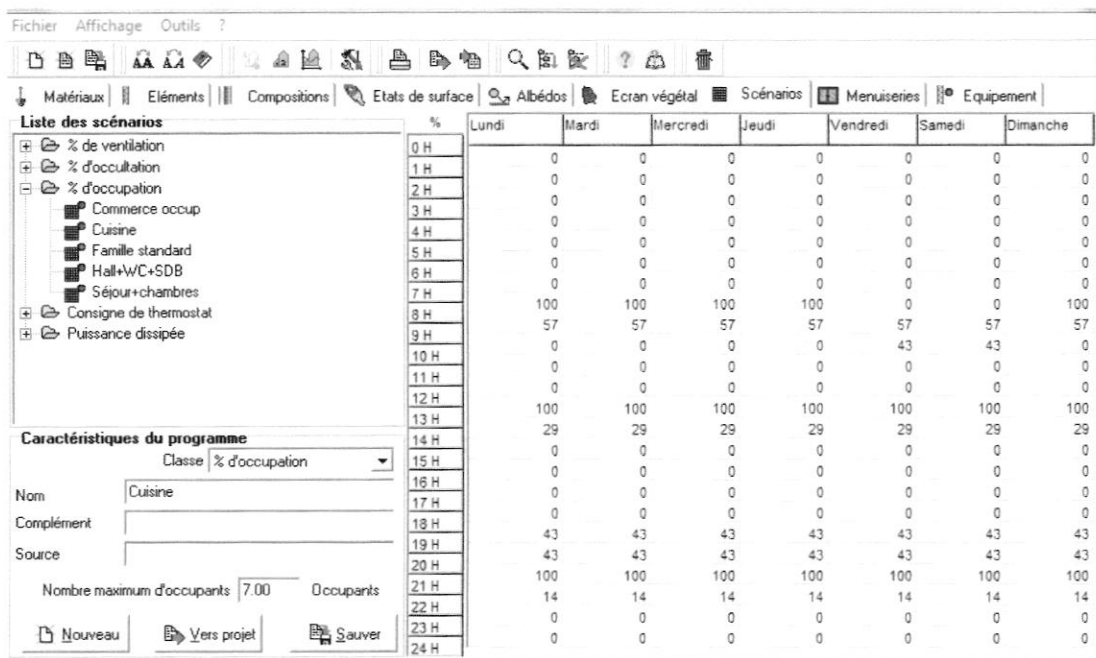


Figure (III.40) : Taux d'occupation durant les jours de la semaine "cuisine"

Chapitre III

Pour l'espace commercial :

Les scénarios d'occupation des locaux publics sont les plus délicats à établir, car le comportement des usagers est moins prévisible que pour les logements.

J'ai défini les scénarios probables suivants :

Local	Nombre personnes	Semaine		Week-end	
		Taux d'occupation	Période	Taux d'occupation	Période
Commerce	50	100% 50%	9h-12h et 14h-21h 12h-14h	100% 0%	9h-12h et 14h-21h 12h-14h

Tableau (III.4): Taux d'occupation durant les jours de la semaine et le week-end "Commerce"

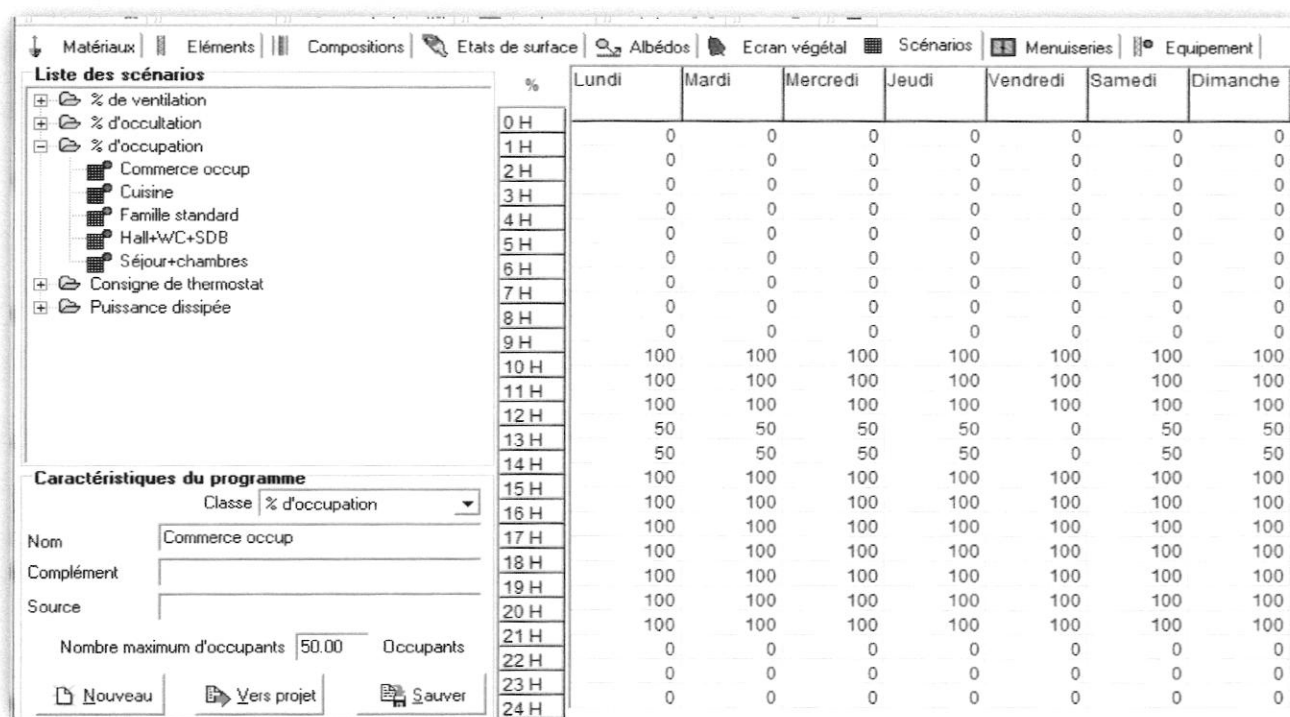
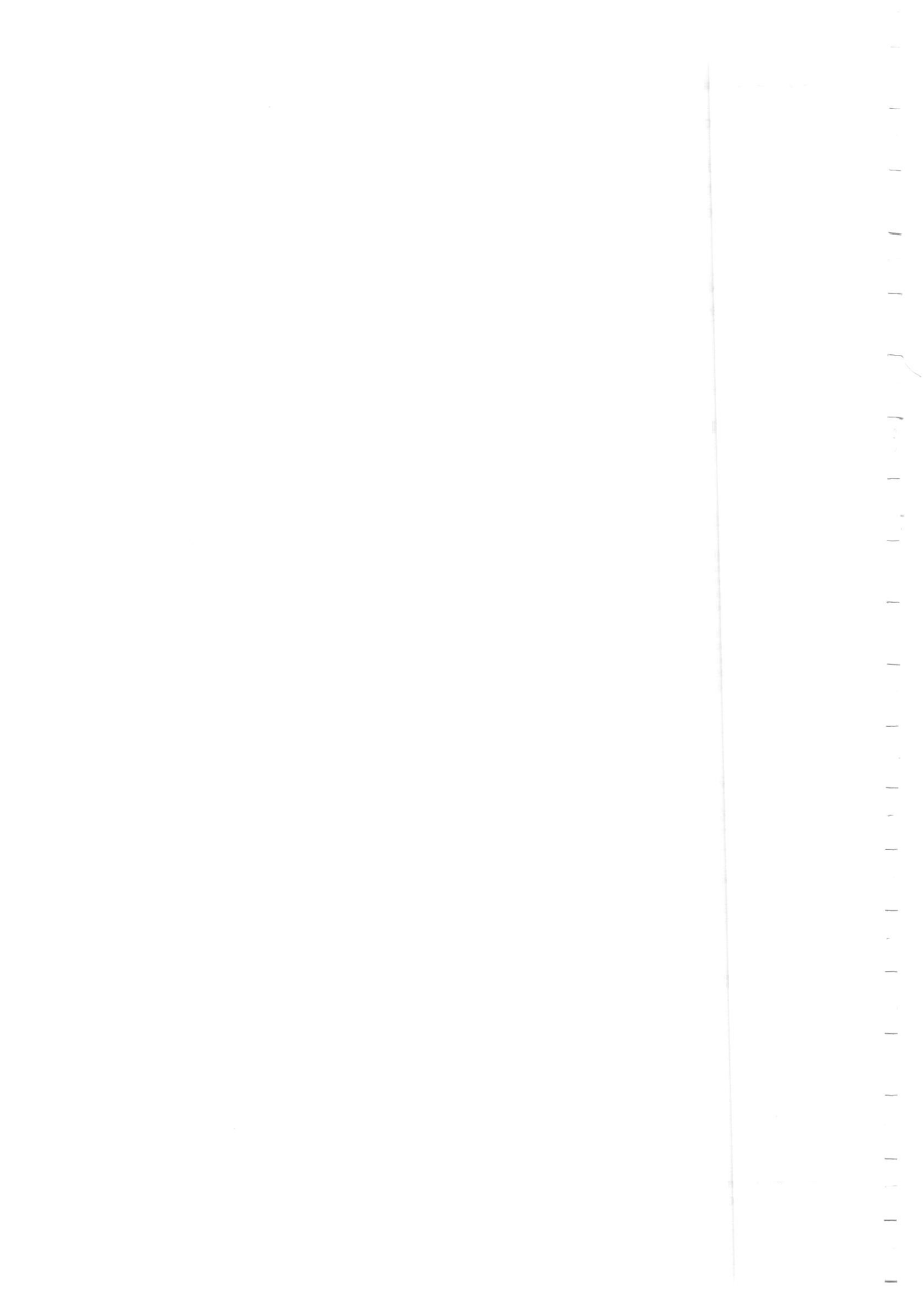


Figure (III.41) : Taux d'occupation durant les jours de la semaine "Commerce"



2 Scenarios de puissance dissipée :

Les gains de chaleur interne permettent de définir la puissance des équipements qui libèrent de la chaleur (Ampoules, cuisinière....) chaque heure de la semaine .

Pour les logements

Pour les logements, j'ai défini le scénario de puissances dissipées en tenant compte des équipements présents dans les locaux. Les hypothèses de puissances dissipées que j'ai considérées proviennent d'études statistiques sur des logements collectifs.

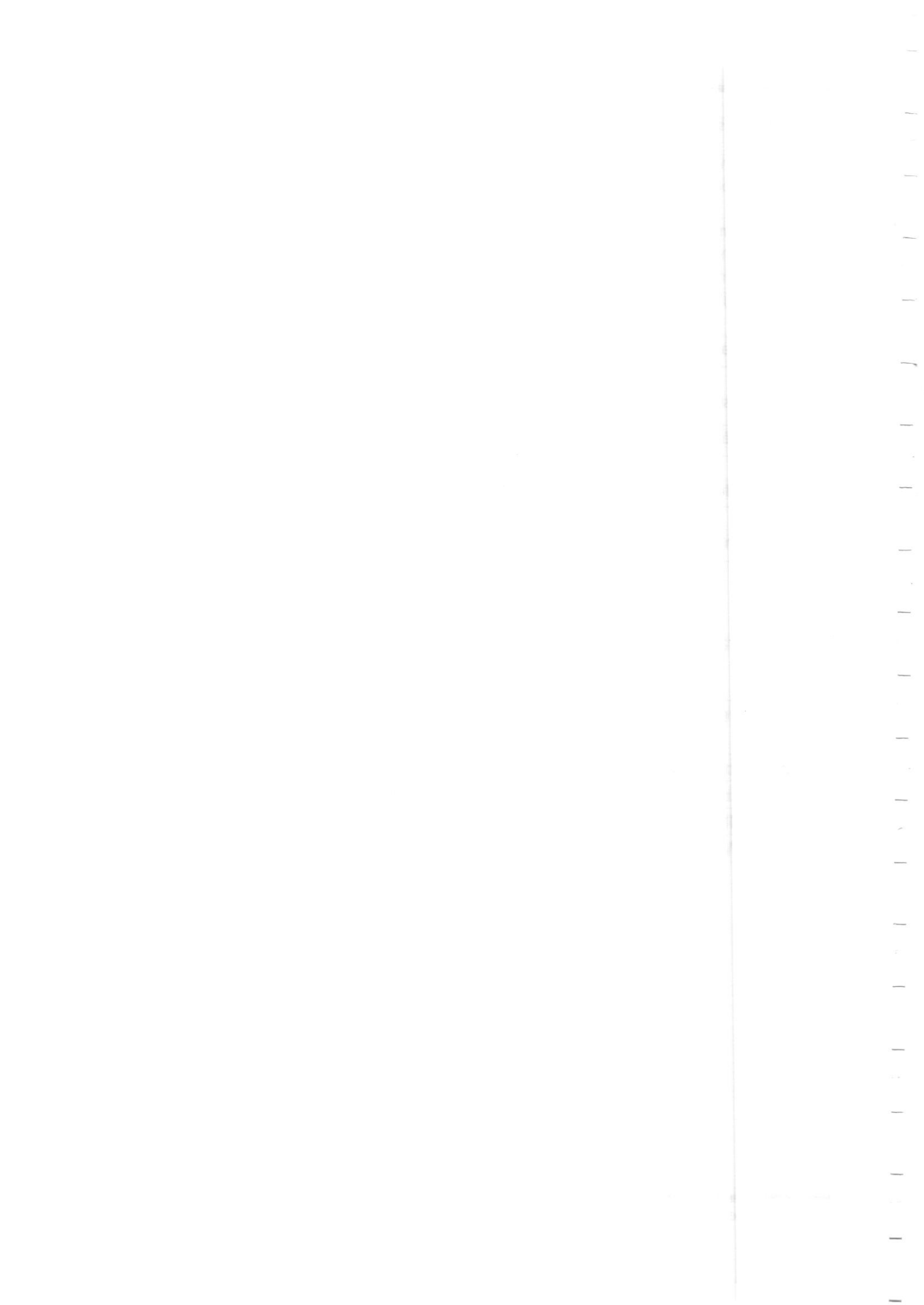
Appareils	Puissance dissipée en W	Période
Cuisson	100	7h-8h
	200	10h-12h et de 18h-20h
Réfrigérateur	90	En permanence
Télévision +démodulateur	200	13h-22h la semaine 10h-23h le week-end
Ordinateur	100	18h-22h la semaine 10h-23h le week-end

Tableau (III.5): Appareils et puissance dissipée durant la journée

Pour l'éclairage , le scénario retenu est de :

Zone	Nombre de lampe	Puissance dissipée en W	Période
Zone de confort	6	200	18h-00h
Cuisine	1	33	7h-22h
Hall	2	66	18h-00h
SDB+WC	2	33watts	En permanence

Tableau (III.6) : Puissance dissipée dus à l'éclairage durant la journée



Chapitre III

Liste des scénarios		Watts	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
<input type="checkbox"/> % de ventilation		0 H							
<input type="checkbox"/> % d'occultation		1 H	33	33	33	33	33	33	33
<input type="checkbox"/> % d'occupation		2 H	33	33	33	33	33	33	33
<input type="checkbox"/> Consigne de thermostat		3 H	33	33	33	33	33	33	33
<input type="checkbox"/> Puissance dissipée		4 H	33	33	33	33	33	33	33
<input type="checkbox"/> cuisine		5 H	33	33	33	33	33	33	33
<input type="checkbox"/> Commerce		6 H	33	33	33	33	33	33	33
<input type="checkbox"/> Hall		7 H	33	33	33	33	33	33	33
<input type="checkbox"/> hall+SDB+WC		8 H	33	33	33	33	33	33	33
<input type="checkbox"/> Puissance dissipée standard		9 H	33	33	33	33	33	33	33
<input type="checkbox"/> SDB+WC		10 H	33	33	33	33	33	33	33
<input type="checkbox"/> zone de confort		11 H	33	33	33	33	33	33	33
<input type="checkbox"/> zone1		12 H	33	33	33	33	33	33	33
<input type="checkbox"/> Zone2 cuisine		13 H	33	33	33	33	33	33	33
		14 H	33	33	33	33	33	33	33
		15 H	33	33	33	33	33	33	33
		16 H	33	33	33	33	33	33	33
		17 H	33	33	33	33	33	33	33
		18 H	33	33	33	33	33	33	33
		19 H	33	33	33	33	33	33	33
		20 H	33	33	33	33	33	33	33
		21 H	33	33	33	33	33	33	33
		22 H	33	33	33	33	33	33	33
		23 H	33	33	33	33	33	33	33
		24 H	33	33	33	33	33	33	33

Caractéristiques du programme		Watts	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
Classe	Puissance dissipée	0 H							
Nom	SDB+WC	1 H	33	33	33	33	33	33	33
Complément		2 H	33	33	33	33	33	33	33
Source		3 H	33	33	33	33	33	33	33
		4 H	33	33	33	33	33	33	33
		5 H	33	33	33	33	33	33	33
		6 H	33	33	33	33	33	33	33
		7 H	33	33	33	33	33	33	33
		8 H	33	33	33	33	33	33	33
		9 H	33	33	33	33	33	33	33
		10 H	33	33	33	33	33	33	33
		11 H	33	33	33	33	33	33	33
		12 H	33	33	33	33	33	33	33
		13 H	33	33	33	33	33	33	33
		14 H	33	33	33	33	33	33	33
		15 H	33	33	33	33	33	33	33
		16 H	33	33	33	33	33	33	33
		17 H	33	33	33	33	33	33	33
		18 H	33	33	33	33	33	33	33
		19 H	33	33	33	33	33	33	33
		20 H	33	33	33	33	33	33	33
		21 H	33	33	33	33	33	33	33
		22 H	33	33	33	33	33	33	33
		23 H	33	33	33	33	33	33	33
		24 H	33	33	33	33	33	33	33

Figure (III.44) : Puissance dissipée durant la journée dans le SDB et WC.

Liste des scénarios		Watts	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
<input type="checkbox"/> % de ventilation		0 H	0	0	0	0	0	0	0
<input type="checkbox"/> % d'occultation		1 H	0	0	0	0	0	0	0
<input type="checkbox"/> % d'occupation		2 H	0	0	0	0	0	0	0
<input type="checkbox"/> Consigne de thermostat		3 H	0	0	0	0	0	0	0
<input type="checkbox"/> Puissance dissipée		4 H	0	0	0	0	0	0	0
<input type="checkbox"/> cuisine		5 H	0	0	0	0	0	0	0
<input type="checkbox"/> Commerce		6 H	0	0	0	0	0	0	0
<input type="checkbox"/> Hall		7 H	0	0	0	0	0	0	0
<input type="checkbox"/> hall+SDB+WC		8 H	0	0	0	0	0	0	0
<input type="checkbox"/> Puissance dissipée standard		9 H	0	0	0	0	0	0	0
<input type="checkbox"/> SDB+WC		10 H	0	0	0	0	0	0	0
<input type="checkbox"/> zone de confort		11 H	0	0	0	0	0	0	0
<input type="checkbox"/> zone1		12 H	0	0	0	0	0	0	0
<input type="checkbox"/> Zone2 cuisine		13 H	0	0	0	0	0	0	0
		14 H	0	0	0	0	0	0	0
		15 H	0	0	0	0	0	0	0
		16 H	0	0	0	0	0	0	0
		17 H	0	0	0	0	0	0	0
		18 H	66	66	66	66	66	66	66
		19 H	66	66	66	66	66	66	66
		20 H	66	66	66	66	66	66	66
		21 H	66	66	66	66	66	66	66
		22 H	66	66	66	66	66	66	66
		23 H	66	66	66	66	66	66	66
		24 H	66	66	66	66	66	66	66

Caractéristiques du programme		Watts	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
Classe	Puissance dissipée	0 H							
Nom	Hall	1 H	0	0	0	0	0	0	0
Complément		2 H	0	0	0	0	0	0	0
Source		3 H	0	0	0	0	0	0	0
		4 H	0	0	0	0	0	0	0
		5 H	0	0	0	0	0	0	0
		6 H	0	0	0	0	0	0	0
		7 H	0	0	0	0	0	0	0
		8 H	0	0	0	0	0	0	0
		9 H	66	66	66	66	66	66	66
		10 H	66	66	66	66	66	66	66
		11 H	66	66	66	66	66	66	66
		12 H	66	66	66	66	66	66	66
		13 H	66	66	66	66	66	66	66
		14 H	66	66	66	66	66	66	66
		15 H	66	66	66	66	66	66	66
		16 H	66	66	66	66	66	66	66
		17 H	66	66	66	66	66	66	66
		18 H	66	66	66	66	66	66	66
		19 H	66	66	66	66	66	66	66
		20 H	66	66	66	66	66	66	66
		21 H	66	66	66	66	66	66	66
		22 H	66	66	66	66	66	66	66
		23 H	66	66	66	66	66	66	66
		24 H	66	66	66	66	66	66	66

Figure (III.45) : Puissance dissipée durant la journée dans le hall.

Pour le commerce :

Les scénarios de puissances dissipées dans les locaux publics sont plus difficiles à définir que pour les logements. L'usage de ces locaux et les machines installées n'ont pas encore définis avec précision. on a retenu 30w/m² de 9h-21h
surface totale des locaux égale à 511 m² la puissance dissipée égale 15340 W

Liste des scénarios		Watts	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
<input type="checkbox"/> % de ventilation		0 H							
<input type="checkbox"/> % d'occultation		1 H							
<input type="checkbox"/> % d'occupation		2 H	0	0	0	0	0	0	0
<input type="checkbox"/> Consigne de thermostat		3 H	0	0	0	0	0	0	0
<input type="checkbox"/> Puissance dissipée		4 H	0	0	0	0	0	0	0
cuisine		5 H	0	0	0	0	0	0	0
Commerce		6 H	0	0	0	0	0	0	0
Hall		7 H	0	0	0	0	0	0	0
hall+SDB+WC		8 H	0	0	0	0	0	0	0
Puissance dissipée standard		9 H	0	0	0	0	0	0	0
SDB+WC		10 H	15340	15340	15340	15340	15340	15340	15340
zone de confort		11 H	15340	15340	15340	15340	15340	15340	15340
zone1		12 H	15340	15340	15340	15340	15340	15340	15340
Zone2 cuisine		13 H	15340	15340	15340	15340	15340	15340	15340
		14 H	15340	15340	15340	15340	15340	15340	15340
		15 H	15340	15340	15340	15340	15340	15340	15340
		16 H	15340	15340	15340	15340	15340	15340	15340
		17 H	15340	15340	15340	15340	15340	15340	15340
		18 H	15340	15340	15340	15340	15340	15340	15340
		19 H	15340	15340	15340	15340	15340	15340	15340
		20 H	15340	15340	15340	15340	15340	15340	15340
		21 H	15340	15340	15340	15340	15340	15340	15340
		22 H	0	0	0	0	0	0	0
		23 H	0	0	0	0	0	0	0
		24 H	0	0	0	0	0	0	0

Figure (III.46) : Puissance dissipée durant la journée dans les locaux.

3) Scénarios d'occultation :

Les scénarios d'occultation permettent de définir de façon horaire sur la semaine le pourcentage de fermeture des volets ainsi que la résistance thermique supplémentaire à appliquer .
Ces scenarios ont une importance primordiale en été pour éviter les surchauffes dues au soleil.

Dans cette étude, on distingue deux scenarios d'occultation : volet été, et volet hiver.

Chapitre III

Liste des scénarios		%	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
<input checked="" type="checkbox"/> % de ventilation		0 H							
<input checked="" type="checkbox"/> % d'occultation		1 H	0	0	0	0	0	0	0
<input checked="" type="checkbox"/> Volet d'été		2 H	0	0	0	0	0	0	0
<input type="checkbox"/> Volet d'hiver		3 H	0	0	0	0	0	0	0
<input checked="" type="checkbox"/> % d'occupation		4 H	0	0	0	0	0	0	0
<input checked="" type="checkbox"/> Consigne de thermostat		5 H	0	0	0	0	0	0	0
<input checked="" type="checkbox"/> Puissance dissipée		6 H	0	0	0	0	0	0	0
		7 H	0	0	0	0	0	0	0
		8 H	95	95	95	95	95	95	95
		9 H	95	95	95	95	95	95	95
		10 H	95	95	95	95	95	95	95
		11 H	95	95	95	95	95	95	95
		12 H	95	95	95	95	95	95	95
		13 H	95	95	95	95	95	95	95
		14 H	95	95	95	95	95	95	95
		15 H	95	95	95	95	95	95	95
		16 H	95	95	95	95	95	95	95
		17 H	95	95	95	95	95	95	95
		18 H	95	95	95	95	95	95	95
		19 H	95	95	95	95	95	95	95
		20 H	0	0	0	0	0	0	0
		21 H	0	0	0	0	0	0	0
		22 H	0	0	0	0	0	0	0
		23 H	0	0	0	0	0	0	0
		24 H	0	0	0	0	0	0	0

Caractéristiques du programme	
Classe	% d'occultation
Nom	Volet d'été
Complément	--
Source	Gefosat
Resistance thermique additionnelle	1.00 m ² .K/W

Figure (III.47) : Scenario d'occultation (volet ETE).

Liste des scénarios		%	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
<input checked="" type="checkbox"/> % de ventilation		0 H							
<input checked="" type="checkbox"/> % d'occultation		1 H	95	95	95	95	95	95	95
<input type="checkbox"/> Volet d'été		2 H	95	95	95	95	95	95	95
<input checked="" type="checkbox"/> Volet d'hiver		3 H	95	95	95	95	95	95	95
<input checked="" type="checkbox"/> % d'occupation		4 H	95	95	95	95	95	95	95
<input checked="" type="checkbox"/> Consigne de thermostat		5 H	95	95	95	95	95	95	95
<input checked="" type="checkbox"/> Puissance dissipée		6 H	95	95	95	95	95	95	95
		7 H	0	0	0	0	0	0	0
		8 H	0	0	0	0	0	0	0
		9 H	0	0	0	0	0	0	0
		10 H	0	0	0	0	0	0	0
		11 H	0	0	0	0	0	0	0
		12 H	0	0	0	0	0	0	0
		13 H	0	0	0	0	0	0	0
		14 H	0	0	0	0	0	0	0
		15 H	0	0	0	0	0	0	0
		16 H	0	0	0	0	0	0	0
		17 H	0	0	0	0	0	0	0
		18 H	95	95	95	95	95	95	95
		19 H	95	95	95	95	95	95	95
		20 H	95	95	95	95	95	95	95
		21 H	95	95	95	95	95	95	95
		22 H	95	95	95	95	95	95	95
		23 H	95	95	95	95	95	95	95
		24 H	95	95	95	95	95	95	95

Caractéristiques du programme	
Classe	% d'occultation
Nom	Volet d'hiver
Complément	--
Source	Gefosat
Resistance thermique additionnelle	1.00 m ² .K/W

Figure (III.48) : Scenario d'occultation (volet HIVER).

3) Scénarios de consigne de thermostat :

Les températures de consigne permettent de définir de manière horaire sur la semaine la consigne de chauffage ou de climatisation à appliquer .

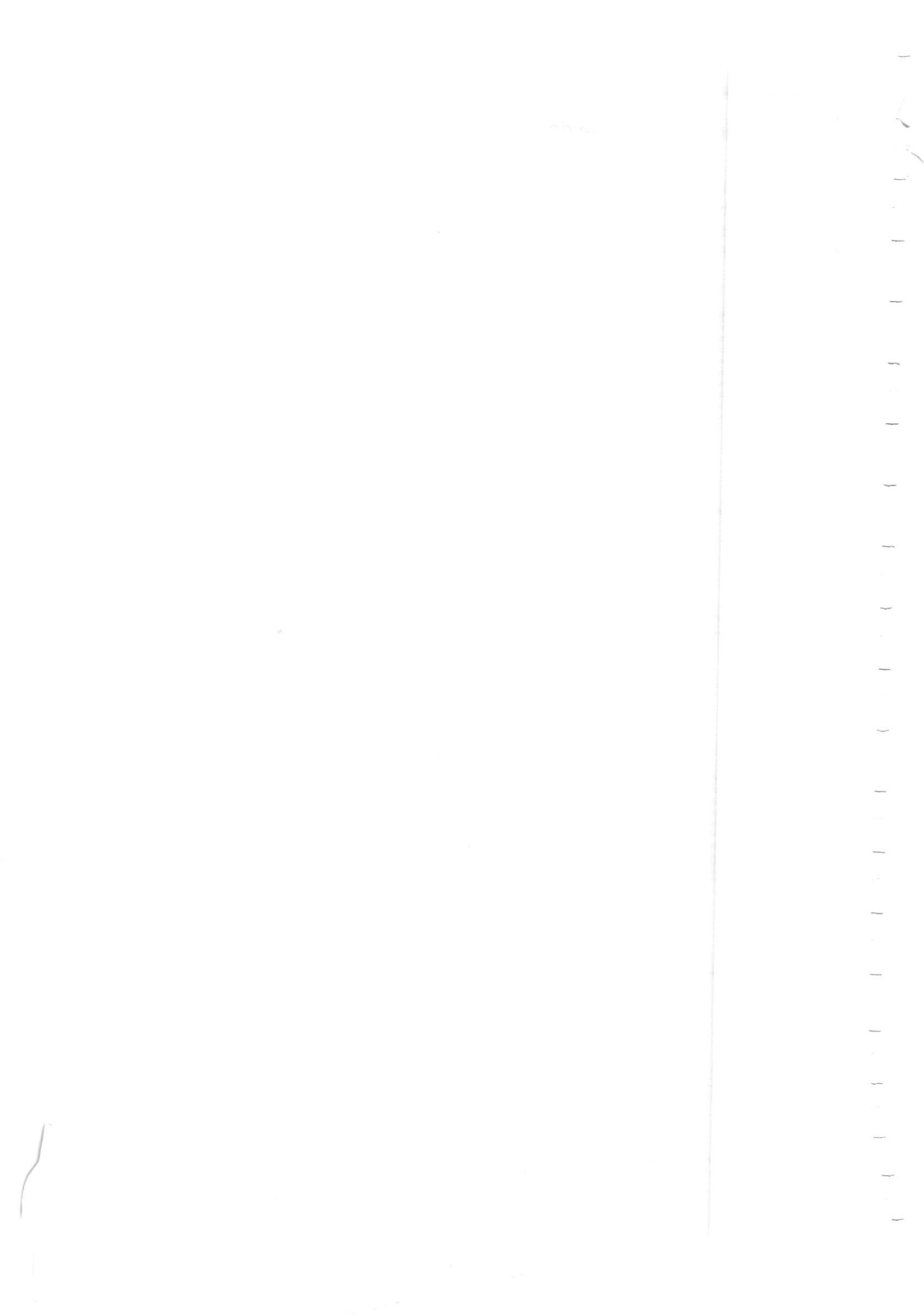
On distingue deux scénarios de thermostat consigne de climatisation fixer à 24 °C ET et consigne de chauffage fixer à 20°C

°C	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
0 H							
1 H	20	20	20	20	20	20	20
2 H	20	20	20	20	20	20	20
3 H	20	20	20	20	20	20	20
4 H	20	20	20	20	20	20	20
5 H	20	20	20	20	20	20	20
6 H	20	20	20	20	20	20	20
7 H	20	20	20	20	20	20	20
8 H	20	20	20	20	20	20	20
9 H	20	20	20	20	20	20	20
10 H	20	20	20	20	20	20	20
11 H	20	20	20	20	20	20	20
12 H	20	20	20	20	20	20	20
13 H	20	20	20	20	20	20	20
14 H	20	20	20	20	20	20	20
15 H	20	20	20	20	20	20	20
16 H	20	20	20	20	20	20	20
17 H	20	20	20	20	20	20	20
18 H	20	20	20	20	20	20	20
19 H	20	20	20	20	20	20	20
20 H	20	20	20	20	20	20	20
21 H	20	20	20	20	20	20	20
22 H	20	20	20	20	20	20	20
23 H	20	20	20	20	20	20	20
24 H	20	20	20	20	20	20	20

Figure (III.49) : Consigne de thermostat chauffage.

°C	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
0 H							
1 H	24	24	24	24	24	24	24
2 H	24	24	24	24	24	24	24
3 H	24	24	24	24	24	24	24
4 H	24	24	24	24	24	24	24
5 H	24	24	24	24	24	24	24
6 H	24	24	24	24	24	24	24
7 H	24	24	24	24	24	24	24
8 H	24	24	24	24	24	24	24
9 H	24	24	24	24	24	24	24
10 H	24	24	24	24	24	24	24
11 H	24	24	24	24	24	24	24
12 H	24	24	24	24	24	24	24
13 H	24	24	24	24	24	24	24
14 H	24	24	24	24	24	24	24
15 H	24	24	24	24	24	24	24
16 H	24	24	24	24	24	24	24
17 H	24	24	24	24	24	24	24
18 H	24	24	24	24	24	24	24
19 H	24	24	24	24	24	24	24
20 H	24	24	24	24	24	24	24
21 H	24	24	24	24	24	24	24
22 H	24	24	24	24	24	24	24
23 H	24	24	24	24	24	24	24
24 H	24	24	24	24	24	24	24

Figure (III.50) : Consigne de thermostat climatisation.



2) Scénarios de ventilation:

Ils permettent de définir un débit maximum et un scénario horaire de pourcentage de débit sur la semaine qui s'applique à la ventilation interne ou externe

Ventilation externe :

Calcul des débits d'air nécessaires:

Le débit de ventilation doit être suffisant pour assurer la qualité de l'air, mais réduit au minimum pour éviter le gaspillage d'énergie. Il doit donc être contrôlé en fonction de la demande.

Une personne typique transpire environ 72g d'eau par heure. Les masses volumiques de l'air intérieur sont calculé à partir des volumes spécifiques de chaque cas .Pour les pressions, on a prié une pression moyenne pour chaque saison .

Définir le débit Minimal de la zone de confort (Chambres + Séjour):

On se référant au Diagramme psychrométrique ou diagramme de l'air humide qui va nous permettre de visualiser un air ,de connaitre ses paramètres les faire évoluer afin d'obtenir un air de confort, on peut définir les humidités absolues pour calculer la gamme de débits nécessaire dans les deux périodes de l'année pour la zone de confort :

1- Période estivale :

Les conditions de base extérieures :

Période estivale :

Température sèche de l'air extérieure : $T_{ext} = 34^{\circ}\text{C}$.

L'humidité relative = 52 %

L'humidité absolue : $r = 17.46 \text{ g/kg}_{as}$

Volume spécifique : $V = 0.894 \text{ m}^3/\text{kg}_{as}$

$R_{ext} = r/V = 19.53 \text{ m}^3/\text{kg}_{as}$

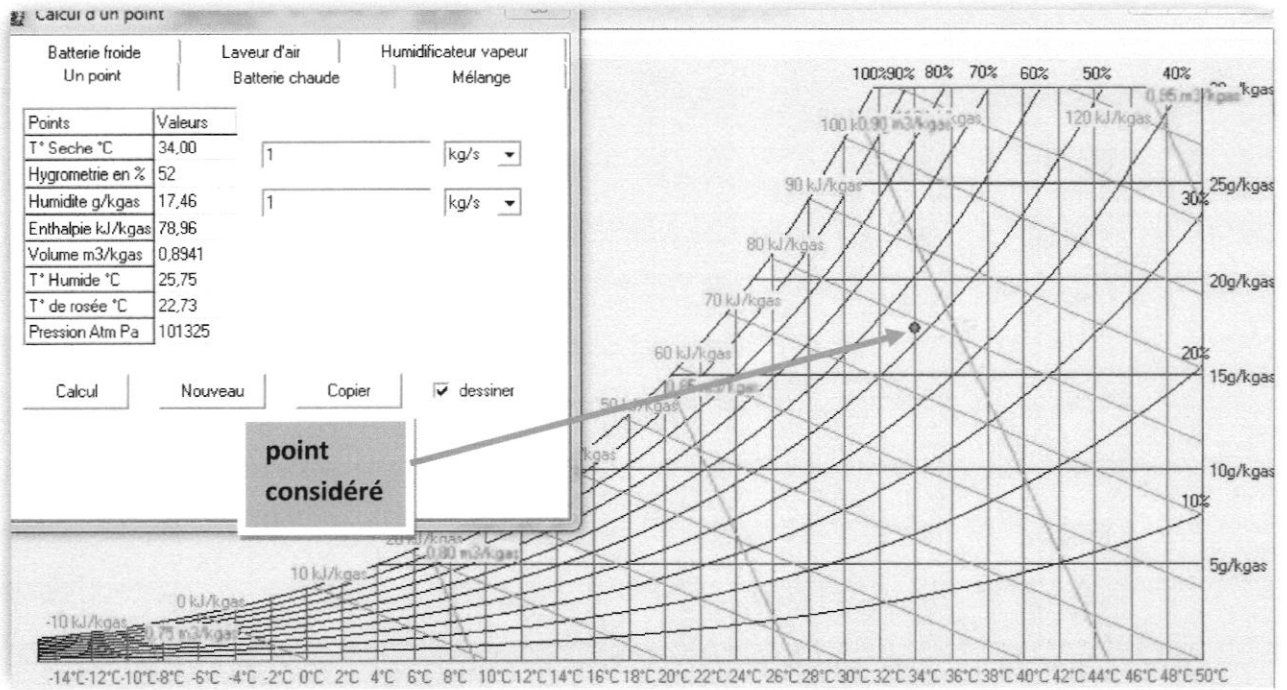


Figure (III.51): Point considéré sur le diagramme psychrométrique « estivale » condition de base extérieur .

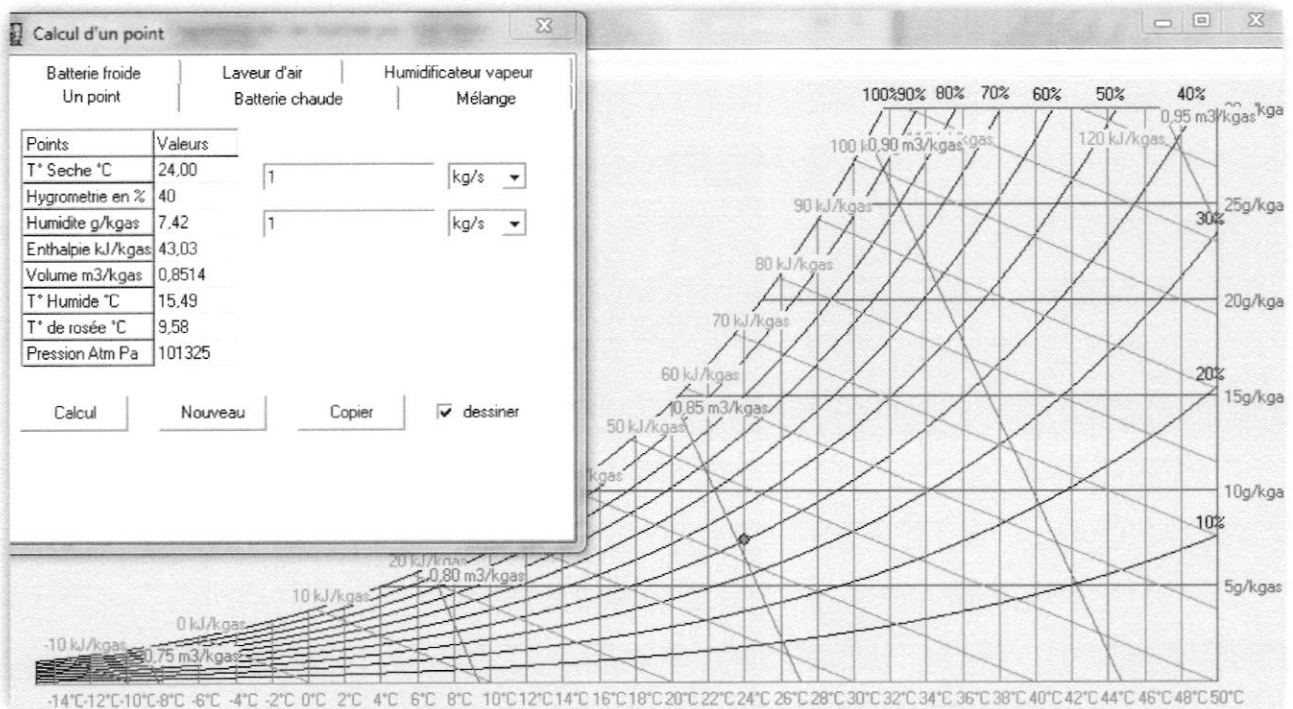


Figure (III.52) : Point considéré sur le diagramme psychrométrique « estivale » condition de base intérieur .

Les conditions de base intérieures :

Température sèche de l'air intérieure : $T_{ext} = 24 \text{ °C}$.

L'humidité relative = 40%

L'humidité absolue : $r = 7.42 \text{ g/kg}_{as}$

Volume spécifique : $V = 0.851 \text{ m}^3/\text{kg}_{as}$

$R_{ext} = r/V = 8.71 \text{ m}^3/\text{kg}_{as}$

$$\text{Débit nécessaire} = \frac{72 \text{ g/h}}{(r_{int} - r_{ext}) \text{ g/kg}}$$

$$\text{Débit nécessaire en Eté} = \frac{72 \text{ g/h}}{(19.53 - 8.71) \text{ g/kg}}$$

$$Q_m = 6.65 \text{ kg/h} \quad \Longrightarrow \quad Q_v = Q_m/p$$

$$p = 1/v \quad \Longrightarrow \quad p = 1.175 \text{ kg/m}^3 \quad \Longrightarrow \quad Q_v = 5.66 \text{ m}^3/\text{h}$$

On a sept personnes donc le débit total sera égale à $39.62 \text{ m}^3/\text{h}$

Si le volume de la zone de confort est égal à 238.42 m^3 le débit va être égal à

En volume total le débit va être égal à $0,17 \text{ vol/h}$

2-Période hivernal :

Les conditions de base extérieures :

Température sèche de l'air extérieure : $T_{ext} = 6 \text{ °C}$.

L'humidité relative = 72%

Volume : $V = 0.795 \text{ m}^3/\text{kg}_{as}$

L'humidité absolue : $r = 4.16 \text{ g/kg}_{as}$

$R_{ext} = r/V = 5.22 \text{ m}^3/\text{kg}_{as}$

Chapitre III

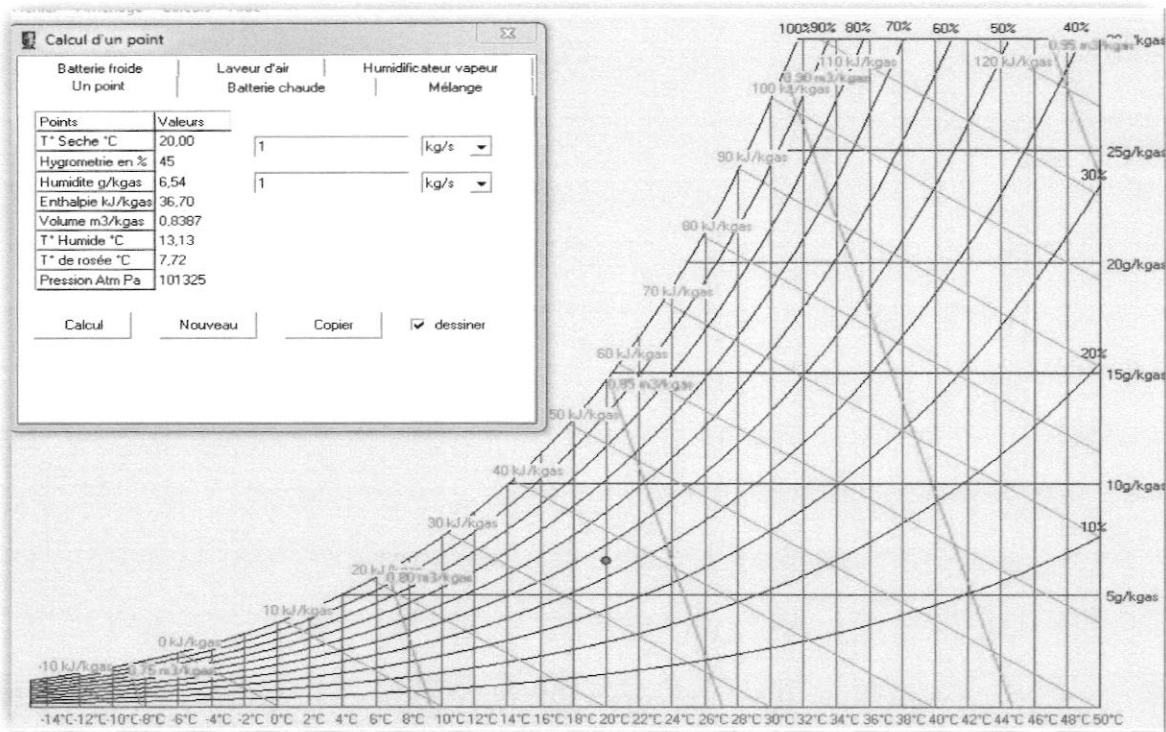


Figure (III.53): Point considéré sur le diagramme psychrométrique « hivernal » condition de base extérieur.

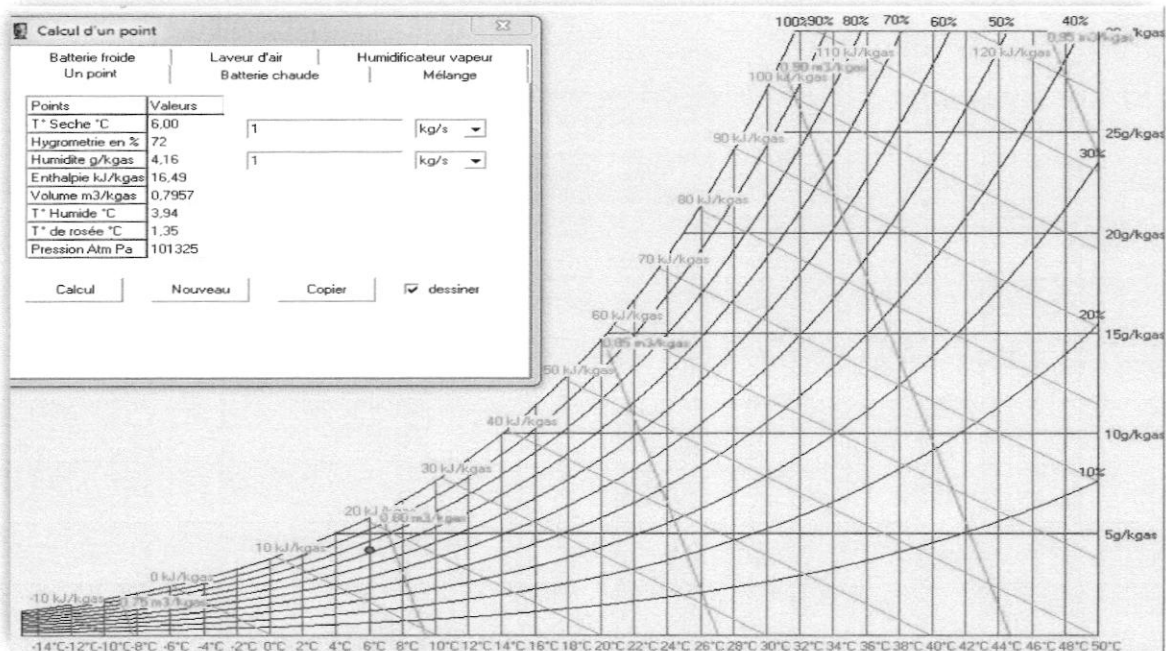


Figure (III.54): Point considéré sur le diagramme psychrométrique « estivale » condition de base intérieur .

Les conditions de base intérieures :

Température sèche de l'air extérieure : $T_{ext} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$.

L'humidité relative = 45%

Volume : $V=0.838 \text{ m}^3/\text{kg}_{as}$

L'humidité absolue : $r= 6.54 \text{ g}/\text{kg}_{as}$

$R_{ext}= r/V=7.80 \text{ m}^3/\text{kg}_{as}$

$$\text{Débit nécessaire en Eté} = \frac{72 \text{ g/h}}{(7.80-5.22) \text{ g/kg}}$$

$$Q_m=27.90 \text{ kg/h} \quad \Longrightarrow \quad Q_v= Q_m/p \quad \Longrightarrow \quad Q_v =23.38 \text{ m}^3/\text{h}$$

On a sept personnes donc le débit total sera égale à $163.66 \text{ m}^3/\text{h}$

Si le volume de la zone de confort est égal à 238.42 m^3 le débit va être égal à

En volume total le débit va être égal à 0.68 vol/h

Pour les autres zones la même chose :

	période	Volume m^3	$Q_v \text{ m}^3/\text{h}$	Nombre des occupants	Q vol/h	Q m^3/h
Zone de confort	estivale	238.42	5.66	7	0.17	40.53
	hivernale		23.38		0.68	162.12
Cuisines	estivale	42.21	5.66	7	0.93	39.25
	hivernale		23.38		3.87	163.35
WC+SDB	estivale	33.74	5.66	1	0.17	5.73
	hivernale		23.38		0.69	23.28
Hall	estivale	55.56	5.66	1	0.10	5.55
	hivernale		23.38		0.42	23.33
Commerce	estivale	2086.45	5.66	50	0.13	271.23
	hivernale		23.38		0.56	1168.41

Tableau (III.7): débit minimale de ventilation.

Chapitre III

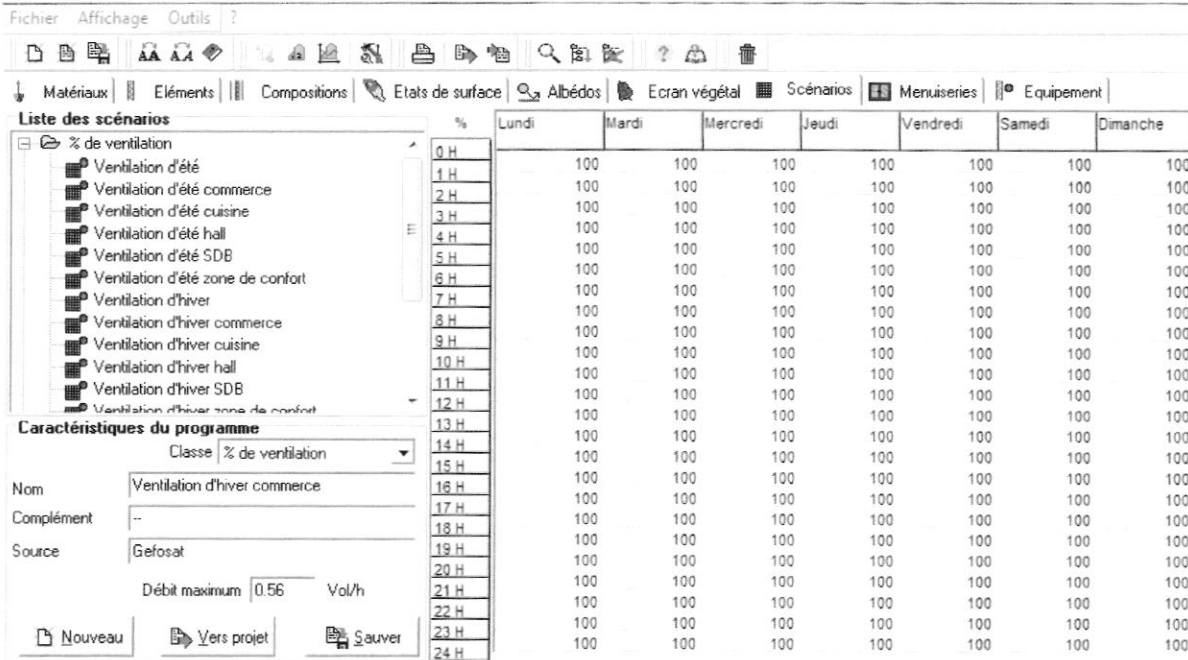


Figure (III.55): Ventilation d'hiver "commerce".

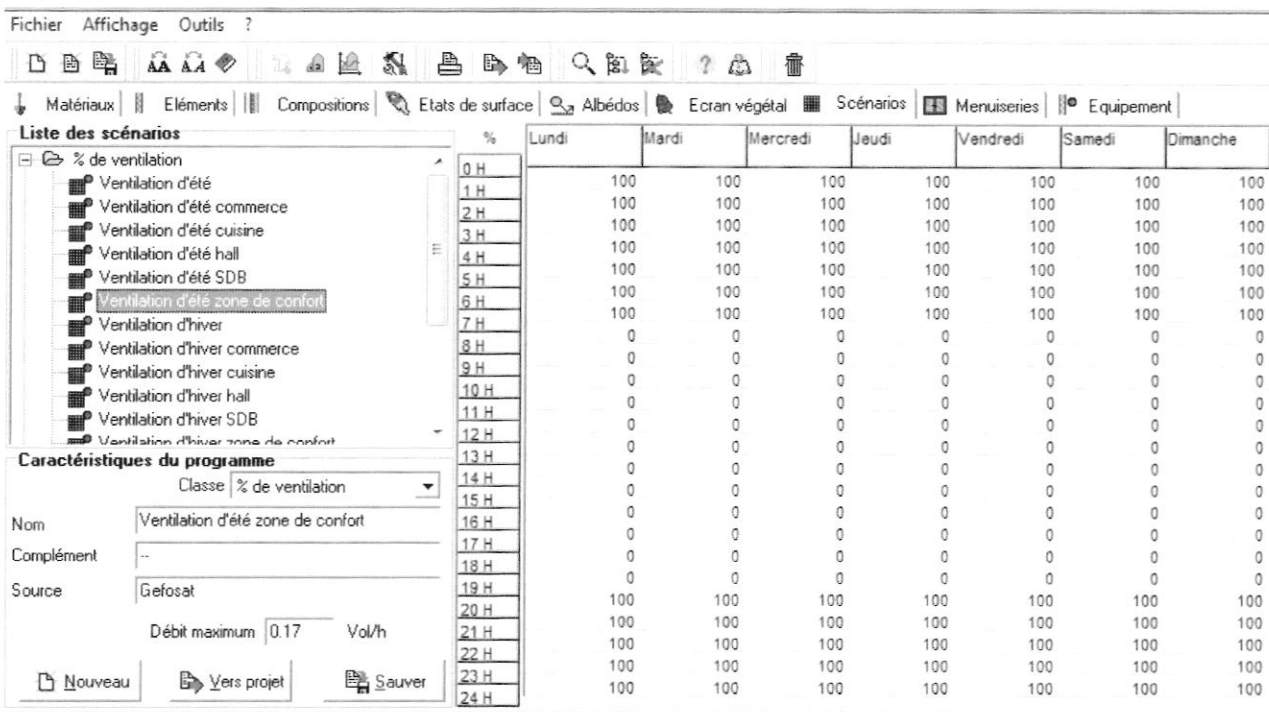


Figure (III.56): Ventilation d'été zone de confort "séjours+chambres".

Ventilation interne :

Une ventilation interne est une ventilation d'une zone à l'autre .

On a appliqué cette aération entre le hall et les chambres et le séjour et la salle d'eau.

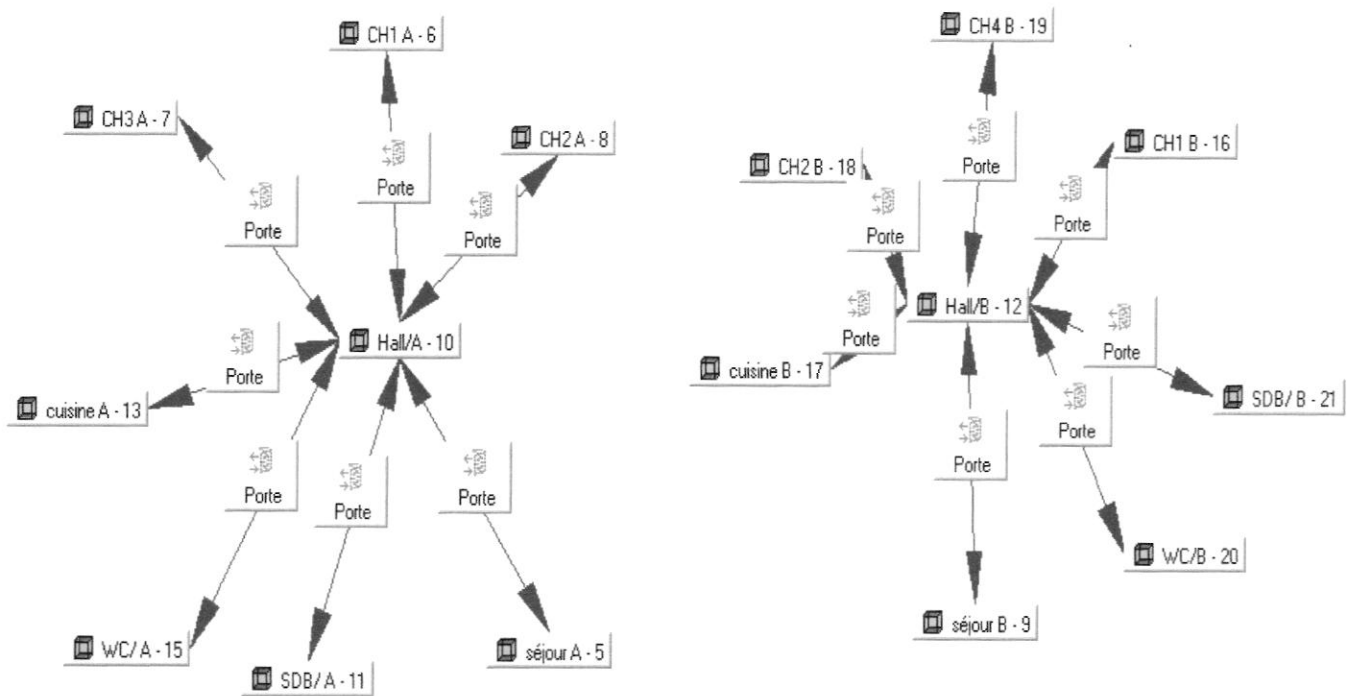


Figure (III.57): Ventilation interne pour les deux appartement

Conclusion :

Un bâtiment est en permanence soumis à des sollicitations variables (météorologie, comportement des occupants, des équipements..) ce qui fait que son comportement n'est jamais assimilable à un régime établi (équilibre). Pour simuler ce comportement, l'usage d'un modèle dynamique est indispensable afin de calculer avec précision l'accumulation de chaleur par les différents éléments du bâtiment . Dans ce chapitre nous nous sommes intéressés à présenter les logiciels utilisés dans notre étude et les étapes à suivre pour réaliser une simulation dynamique afin d'avoir une approche réaliste du fonctionnement thermique de bâtiment à l'aide de calculs énergétiques détaillés .

Chapitre IV

Résultats et discussion

IV Chapitre 4 : Résultats et discussions

Introduction :

L'étude des besoins énergétiques du projet passe par la réalisation de séries de simulations thermiques dynamiques :

Une simulation du cas de base, qui repose sur un modèle de base et de laquelle on déduit la consommation du cas de base.

Des simulations du cas optimisé qui repose sur un modèle du projet exploitant les mesures d'efficacité énergétique et de laquelle on déduit la consommation du cas optimisé.

Ce chapitre se focalisera sur la simulation de l'impact des mesures d'efficacité énergétique passives sur les besoins énergétiques du bâtiment de base, afin d'évaluer l'évolution des besoins énergétiques en fonction des mesures d'efficacité énergétique choisies, sur un bâtiment conçu sur la base des habitudes constructives et de données géographiques et météorologiques locales. Cet objectif passe par la comparaison de l'influence de quatre mesures passives

- L'occultation
- L'orientation
- Matériaux d'isolation
- Ecran végétal ou l'utilisation des plantes grimpantes
- Ventilation

IV.1. Démarche de la simulation:

Pour lancer une simulation il faut introduire des scénarii qui peut influencer le comportement thermique de bâtiment tel que : le scénario d'occupation , de ventilation, d'occultation de consigne de thermostatciter dans le chapitre précédent

Nous allons lancer les simulations chacune dans un contexte saisonnier différent : estival et hivernal

Ces simulation seront déclinées comme suit :

IV-1.1 Simulation de cas de base :

Variante	Simulation sans consigne de thermostat	Simulation avec consigne de thermostat
Scénarios intégrés	la ventilation (hiver/été) l'occupation l'occultation (hiver/été) puissance dissipées	la ventilation (hiver/été) l'occupation l'occultation (hiver/été) puissance dissipées les consignes de thermostats

Tableau (IV.1): Les différentes simulations de cas de base avec les scénarios intégrés

Chapitre IV

La simulation sans consigne nous permet de simuler sans chauffage en hiver, et sans climatisation en été, donc on intègre pas les scénarios de consigne de thermostat au niveau de fonctionnement des zones thermique sous l'interface du logiciel de simulation PLEIADE COMFIE .

Cette simulation nous permet de voir clairement les extrêmes de température à l'intérieur de notre logement d'étude, sans chauffage ni climatisation, et mesuré le taux d'inconfort qui peut le concept de notre logement nous assurer sans aucune consommation d'énergie.

IV-1.1.1 Résultat de simulation sans consigne de thermostat chauffage (période hivernale) :

La période hivernale est bornée entre la 42^{ème} à 11^{ème} semaine de l'année.

Zones	Besoins Ch.	Besoins Clim.	Puiss. Chauff.	Puiss. Clim.	T° Min	T° Moyenne	T° Max
cage d'escalier+cage d'escalier	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	9.71 °C	16.37 °C	26.32
commerce+commerce	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	9.14 °C	17.40 °C	28.77
cuisine B	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	9.00 °C	16.38 °C	27.81
Hall/B	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	10.32 °C	16.84 °C	26.87
Hall/A	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	10.37 °C	16.86 °C	26.85
cuisine A	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	9.19 °C	16.41 °C	27.43
séjour A+CH1 A+CH3 A+CH2 A	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	10.47 °C	17.41 °C	27.93
séjour B+CH1 B+CH2 B+CH4 B	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	10.38 °C	17.41 °C	27.70
SDB/ A+WC/ A	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	9.56 °C	16.25 °C	26.54
WC/B+SDB/ B	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	9.47 °C	16.20 °C	26.51
Total	0 kWh	0 kWh	0 W	0 W			

Zones	Besoins Chaud+Froid	Moyenne Surchauff	Amplification de T°E	Taux d'inconfort	Part de besoin nets
cage d'escalier+cage d'escalier+cage d	0.00 kWh/m3	0.00 (1/10°C)	20.34 %	0.00 %	0.00 %
commerce+commerce	0.00 kWh/m3	14.76 (1/10°C)	54.28 %	35.86 %	0.00 %
cuisine B	0.00 kWh/m3	8.10 (1/10°C)	44.59 %	58.93 %	0.00 %
Hall/B	0.00 kWh/m3	0.00 (1/10°C)	15.43 %	58.98 %	0.00 %
Hall/A	0.00 kWh/m3	0.00 (1/10°C)	15.06 %	58.87 %	0.00 %
cuisine A	0.00 kWh/m3	4.30 (1/10°C)	37.71 %	59.01 %	0.00 %
séjour A+CH1 A+CH3 A+CH2 A	0.00 kWh/m3	3.85 (1/10°C)	18.03 %	55.21 %	0.00 %
séjour B+CH1 B+CH2 B+CH4 B	0.00 kWh/m3	3.17 (1/10°C)	18.02 %	55.31 %	0.00 %
SDB/ A+WC/ A	0.00 kWh/m3	0.00 (1/10°C)	19.93 %	64.39 %	0.00 %
WC/B+SDB/ B	0.00 kWh/m3	0.00 (1/10°C)	20.62 %	64.72 %	0.00 %

Tableau (IV.2): Récapitulatif des besoins en hiver sans consigne

Les besoins en chauffage /climatisation sont nuls, car on n'a pas défini le scénario de consigne.

- Pour la zone commercial quasiment vitrée la température est limitée entre 9.14 °C minimum et 28.77°C maximum , avec un moyenne de 17.40°C , ce qui fait augmenter ; le taux d'amplification de température extérieure à 54.28 % , le taux d'inconfort à 35.86 % et la moyenne de surchauffe à 14.76(1/10 °c).
- Pour l'appartement A orienté Est la température dans la zone de confort est limitée entre 10.45 °C minimum et 27.93°C maximum , avec un moyenne de 17.41°C , ce qui fait augmenter ; le taux d'amplification de température extérieure à 18.03 % , le taux d'inconfort à 55.21% et la moyenne de surchauffe à 3.85(1/10 °c).

Chapitre IV

- Pour l'appartement B orienté Sud-ouest la température dans la zone de confort est limitée entre 10.38 °C minimum et 27.70°C maximum , avec un moyenne de 17.41°C , ce qui fait augmenter ; le taux d'amplification de température extérieure à 18.02 % , le taux d'inconfort à 55.31% et la moyenne de surchauffe à 3.85(1/10 °c).

➤ Visualisation graphique :

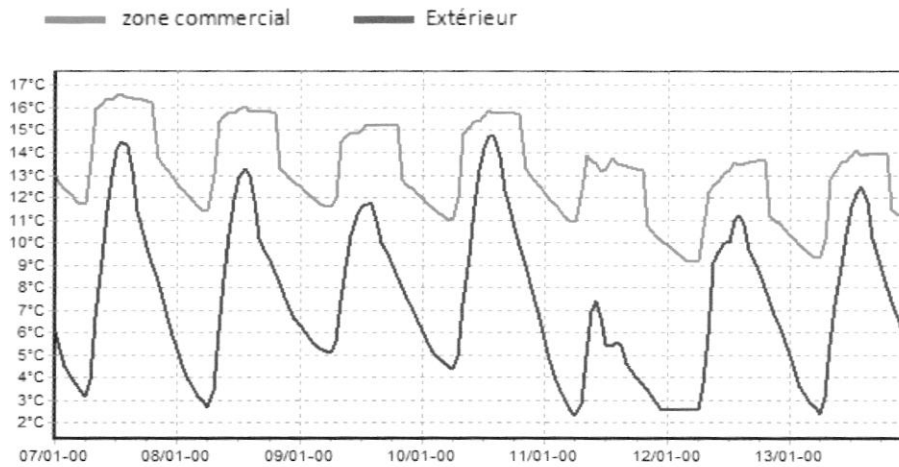


Figure (IV.1): Evaluation de température en hiver zone commercial (la semaine la plus froide)

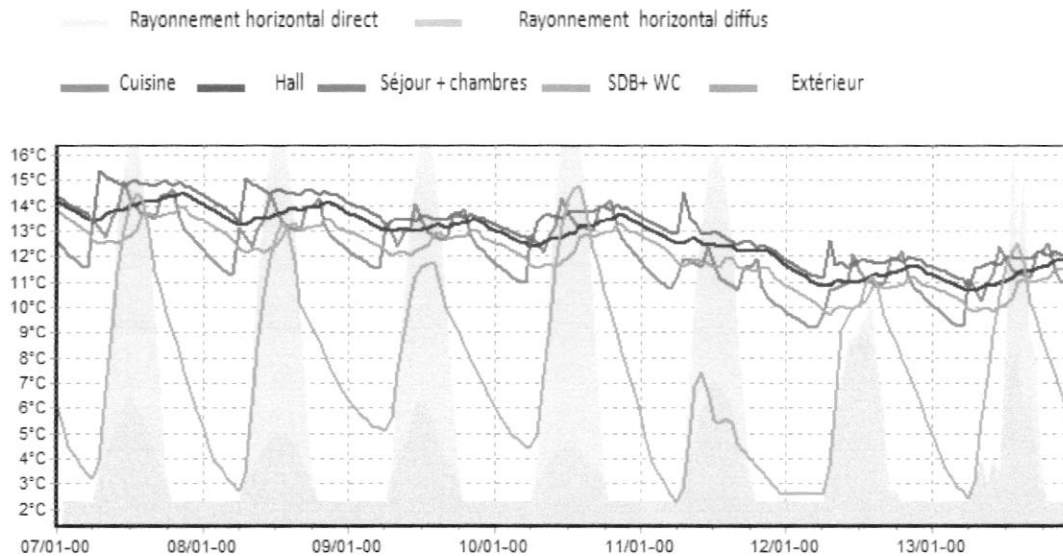


Figure (IV.2): Evaluation de température en hiver appartement Est (la semaine la plus froide)

Chapitre IV

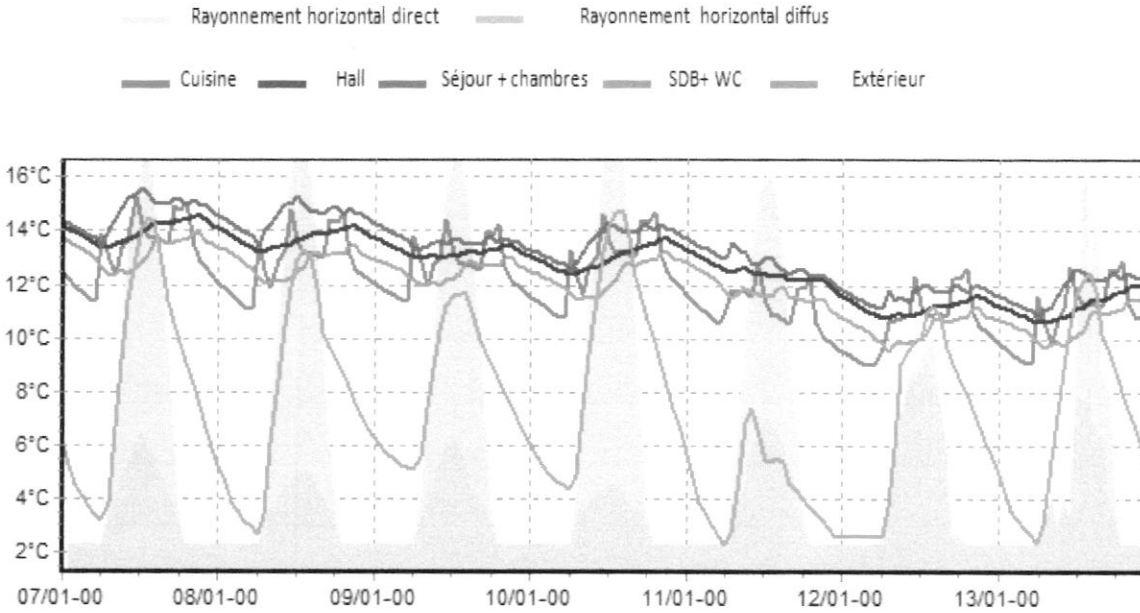


Figure (IV.3): Evaluation de température en hiver appartement Sud-ouest (la semaine la plus froide)

IV.1.1.2 Résultat de simulation sans consigne de thermostat climatisation (période estivale) :

La période estivale est bornée entre la 11^{ème} à 42^{ème} semaine de l'année.

Zones	Besoins Ch.	Besoins Clim.	Puiss. Chauff.	Puiss. Clim.	T° Min	T° Moyenne	T° Max
commerce+commerce	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	8.02 °C	28.66 °C	40.10 °C
cuisine B	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	8.58 °C	29.04 °C	40.80 °C
Hall/B	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	8.60 °C	28.53 °C	38.65 °C
Hall/A	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	8.59 °C	28.59 °C	38.71 °C
cuisine A	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	8.62 °C	29.06 °C	39.96 °C
séjour A+CH1 A+CH3 A+CH2 A	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	8.77 °C	28.53 °C	38.74 °C
séjour B+CH1 B+CH2 B+CH4 E	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	8.68 °C	28.37 °C	38.35 °C
SDB/ A+WC/ A	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	8.14 °C	28.03 °C	38.48 °C
WC/B+SDB/ B	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	8.07 °C	28.03 °C	38.58 °C

Zones	Besoins Chaud+Froid	Moyenne Surchauffe	Amplification de T°E	Taux d'inconfort	Part de besoin nets
cage d'escalier+cage d'escalier+cage d'e	0.00 kWh/m3	61.70 (1/10°C)	18.60 %	0.00 %	0.00 %
commerce+commerce	0.00 kWh/m3	71.25 (1/10°C)	45.91 %	72.37 %	0.00 %
cuisine B	0.00 kWh/m3	74.72 (1/10°C)	38.78 %	69.31 %	0.00 %
Hall/B	0.00 kWh/m3	60.61 (1/10°C)	12.66 %	66.07 %	0.00 %
Hall/A	0.00 kWh/m3	61.38 (1/10°C)	12.19 %	66.44 %	0.00 %
cuisine A	0.00 kWh/m3	73.67 (1/10°C)	27.66 %	70.31 %	0.00 %
séjour A+CH1 A+CH3 A+CH2 A	0.00 kWh/m3	61.07 (1/10°C)	12.77 %	65.63 %	0.00 %
séjour B+CH1 B+CH2 B+CH4 B	0.00 kWh/m3	67.13 (1/10°C)	12.65 %	64.99 %	0.00 %
SDB/ A+WC/ A	0.00 kWh/m3	65.43 (1/10°C)	20.00 %	62.87 %	0.00 %
WC/B+SDB/ B	0.00 kWh/m3	65.96 (1/10°C)	21.34 %	62.50 %	0.00 %

Tableau (IV.3): Récapitulatif des besoins en été sans consigne

Les besoins en chauffage /climatisation sont nuls, car on n'a pas défini le scenario de consigne.

- Pour la zone de commerce quasiment vitrée la température est limitée entre 8.02 °C minimum et 40.10°C maximum , avec un moyenne de 28.66°C , ce qui fait augmenter ; le taux d'amplification de température extérieure à 45.91 % , le taux d'inconfort à 72.37 % et la moyenne de surchauffe à 71.25(1/10 °c).
- Pour l'appartement A orienté Est la température de la zone de confort est limitée entre 8.77 °C minimum et 38.74°C maximum , avec un moyenne de 28.53°C , ce qui fait augmenter ; le taux d'amplification de température extérieure à 12.77 % , le taux d'inconfort à 65.63 % et la moyenne de surchauffe à 61.07(1/10 °c).
- Pour l'appartement B orienté Sud-ouest la température de la zone de confort est limitée entre 8.68 °C minimum et 38.35°C maximum , avec un moyenne de 28.37°C , ce qui fait augmenter ; le taux d'amplification de température extérieure à 12.65 % , le taux d'inconfort à 64.99 % et la moyenne de surchauffe à 67.13(1/10 °c).

➤ Visualisation graphique :

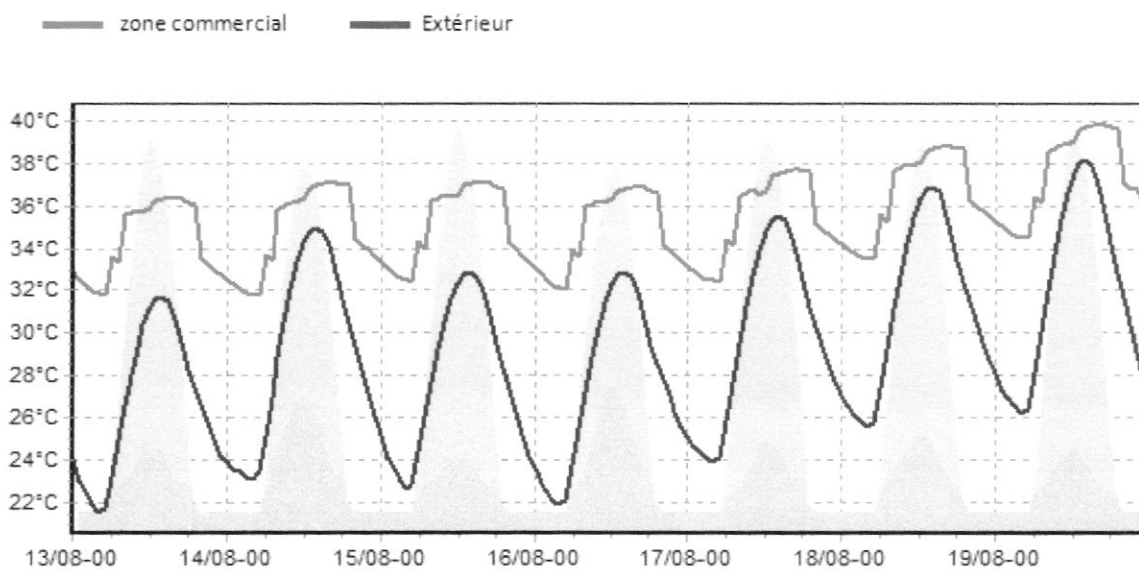


Figure (IV.4): Evaluation de température en été zone de commerce (la semaine la plus chaude)

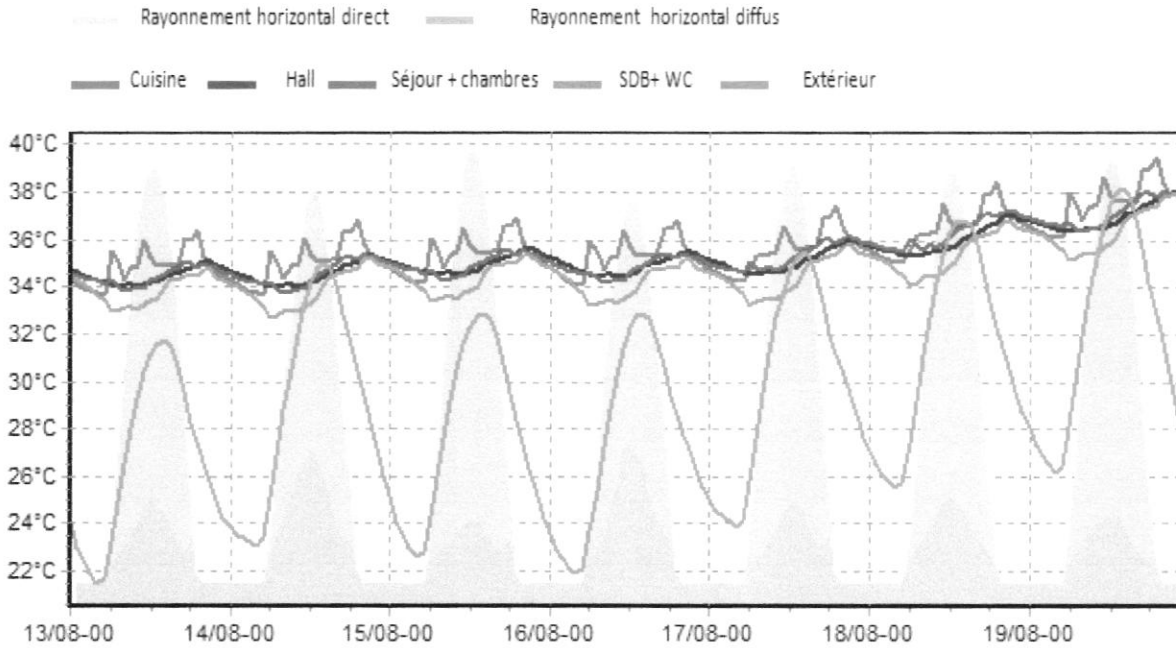


Figure (IV.5): Evaluation de température en été appartement Est (la semaine la plus chaude)

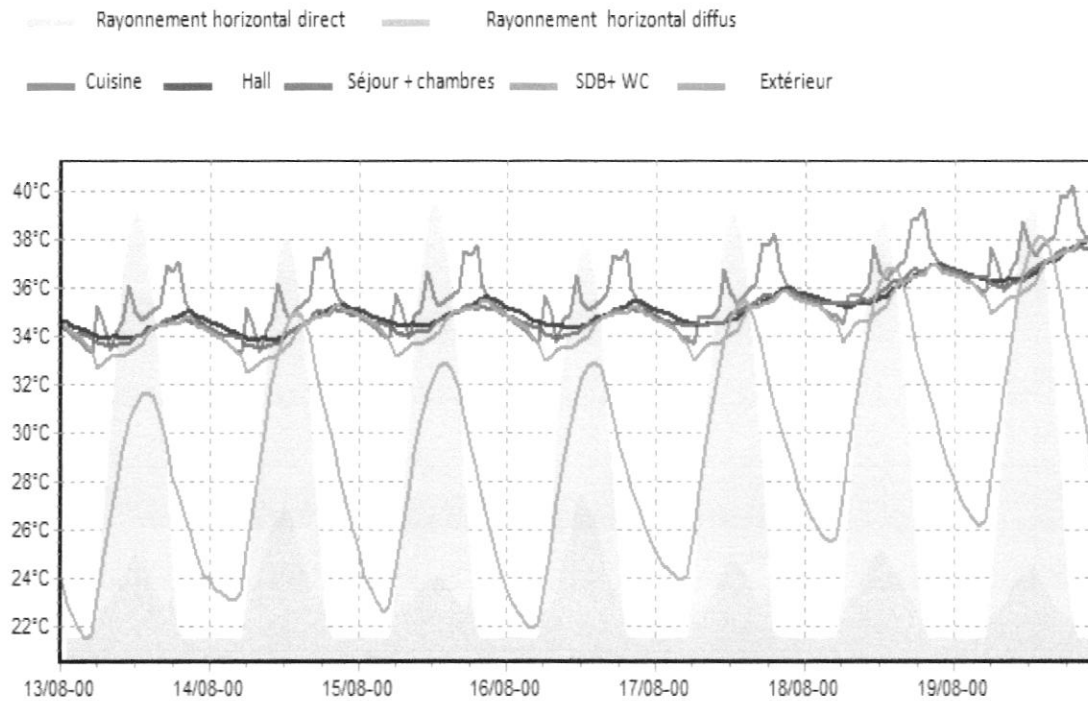


Figure (IV.6): Evaluation de température en été appartement Sud-ouest (la semaine la plus chaude)

IV.1.1.3 Simulation Avec Consigne De Thermostat :

La simulation avec consigne de thermostat nous permet de simuler avec chauffage en hiver, et climatisation en été, ce qui nécessite l'intégration des scénarios de consigne de thermostat, cela nous permet de quantifier les besoins énergétique nécessaires pour assurer le confort intérieur

qu'il faut pour notre bâtiment avec un intervalle de température qui se limite entre 20 °C et 24 °C. Donc connaître l'énergie consommée pour assurer un taux d'inconfort égale à zéro et aussi pour diminuer le maximum la moyenne de surchauffe max et l'amplification de température extérieure.

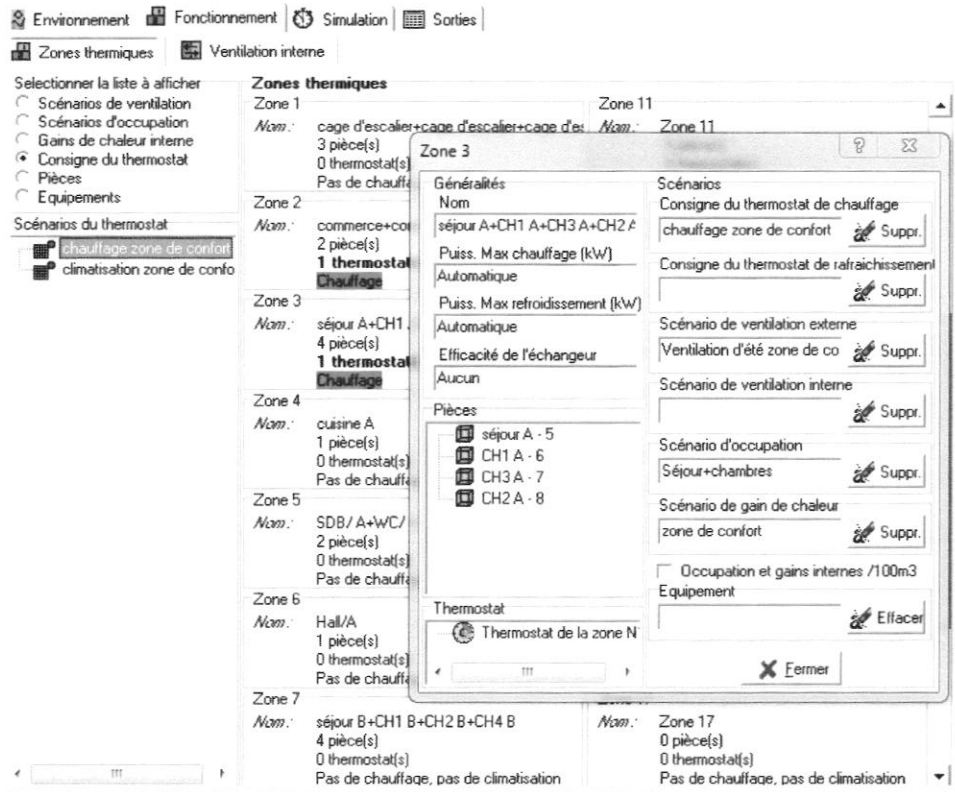


Figure (IV.7): Fonctionnement avec consigne de thermostat.

IV.1.1.4 Résultat de simulation avec consigne de thermostat chauffage 20 °C (période hivernale):

Zones	Besoins Ch.	Besoins Clim.	Puiss. Chauff.	Puiss. Clim.	T* Min	T* Moyenne	T* Max
commerce+commerce	32010 kWh	0 kWh	38632 W	-0 W	20.00 °C	21.01 °C	28.85 °C
cuisine B	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	12.18 °C	17.89 °C	27.86 °C
Hall/B	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	16.35 °C	19.27 °C	26.93 °C
Hall/A	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	16.43 °C	19.31 °C	26.91 °C
cuisine A	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	12.34 °C	17.92 °C	27.48 °C
séjour A+CH1 A+CH3 A+CH2 A	3470 kWh	0 kWh	4176 W	-0 W	20.00 °C	20.76 °C	28.00 °C
séjour B+CH1 B+CH2 B+CH4 E	3425 kWh	0 kWh	4161 W	-0 W	20.00 °C	20.74 °C	27.76 °C
SDB/ A+WC/ A	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	13.55 °C	18.02 °C	26.60 °C
WC/B+SDB/ B	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	13.39 °C	17.95 °C	26.56 °C
Total	38905 kWh	0 kWh	46968 W	0 W			

Tableau (IV.3): Récapitulatif des besoins en hiver avec consigne de thermostat.

Après l'estimation des besoins en chauffage / climatisation en période hivernale on remarque que le besoin en chauffage est de 3470 kwh/an pour l'appartement Est , 3425 kwh pour l'appartement Sud- ouest une réduction de 45 kwh/an des besoin .

la zone de commerce consomme environ de 32010 kwh/an équivalent à 63.64 kwh/an/m²

Chapitre IV

La température minimale, et optimale de la zone de confort restera fixe durant toute la période hivernale .

➤ Visualisation graphique :

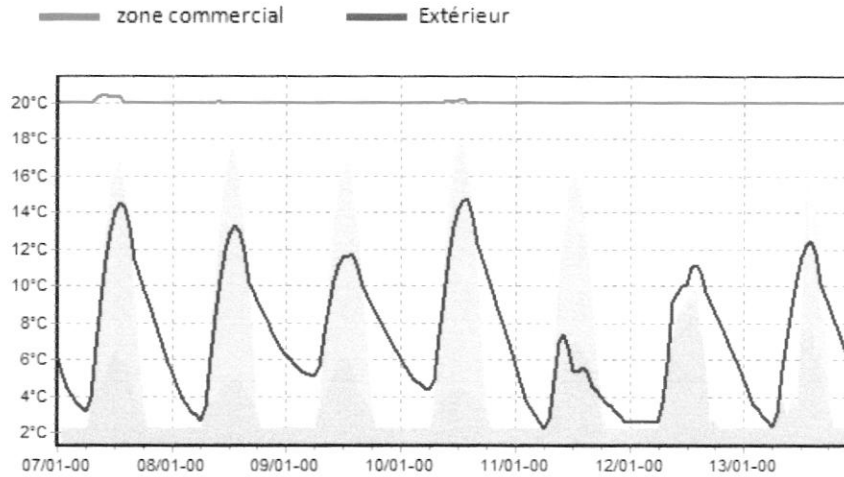


Figure (IV.8): Evaluation de température en hiver zone de commerce (la semaine la plus froide).

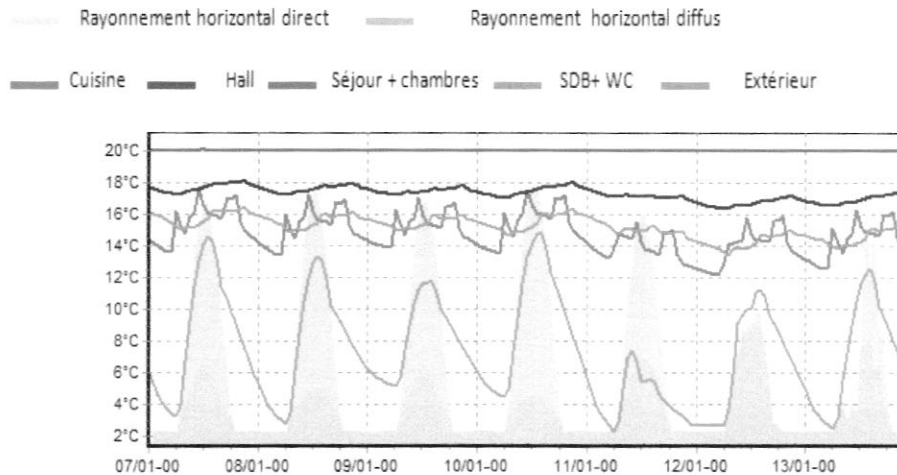


Figure (IV.9): Evaluation de température en hiver appartement Est (la semaine la plus froide).

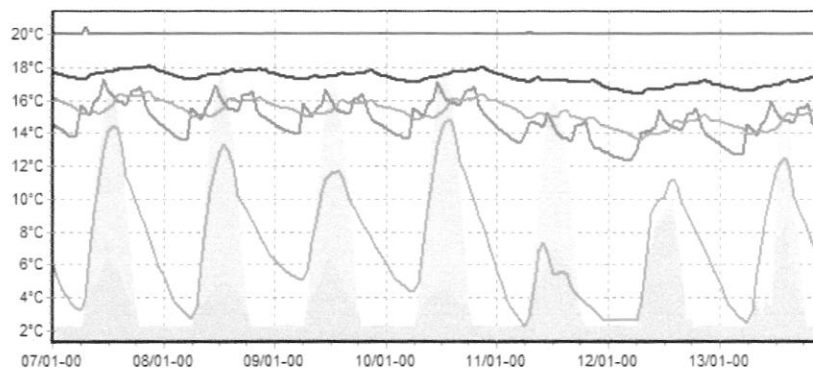


Figure (IV.10): Evaluation de température en hiver appartement Sud-ouest (la semaine la plus froide).

Chapitre IV

IV.1.1.5 Résultat de simulation avec consigne de thermostat climatisation 24 °C (période estivale)

Zones	Besoins Ch.	Besoins Clim.	Puiss. Chauff.	Puiss. Clim.	T° Min	T° Moyenne	T° Max
commerce+commerce	0 kWh	59089 kWh	0 W	47806 W	-24.37 °C	22.56 °C	24.04 °C
cuisine B	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	-8.99 °C	25.43 °C	33.35 °C
Hall/B	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	-16.82 °C	23.96 °C	28.34 °C
Hall/A	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	-16.79 °C	23.94 °C	28.21 °C
cuisine A	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	-7.04 °C	25.44 °C	32.38 °C
séjour A+CH1 A+CH3 A+CH2 A	0 kWh	6827 kWh	0 W	4928 W	-30.18 °C	22.65 °C	24.03 °C
séjour B+CH1 B+CH2 B+CH4 E	0 kWh	6398 kWh	0 W	4714 W	-30.23 °C	22.62 °C	24.04 °C
SDB/ A+WC/ A	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	-10.29 °C	24.52 °C	30.98 °C
WC/B+SDB/ B	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	-9.93 °C	24.59 °C	31.26 °C
Total	0 kWh	72315 kWh	0 W	57448 W			

Tableau (IV.4): Récapitulatif des besoins en été avec consigne.

Après l'estimation des besoins en chauffage / climatisation en période estivale on remarque que le besoin en climatisation est important 115.63 kwh/an/m² pour la zone de commerce , 87.52 kwh/an/m² pour l'appartement Est et de 82 kwh/an/m² pour l'appartement Sud-ouest

La température minimale, et optimale de la zone de confort restera fixe durant toute la saison d'été

La moyenne de surchauffe dans la zone de commerce est importante ce qui justifier le besoin en rafraichissement élevé.

Le taux d'inconfort est réduit à environ 2.58% dans la zone de confort pour les deux appartements ce qui indique une assurance de confort durant toute la saison d'été

➤ Visualisation graphique :

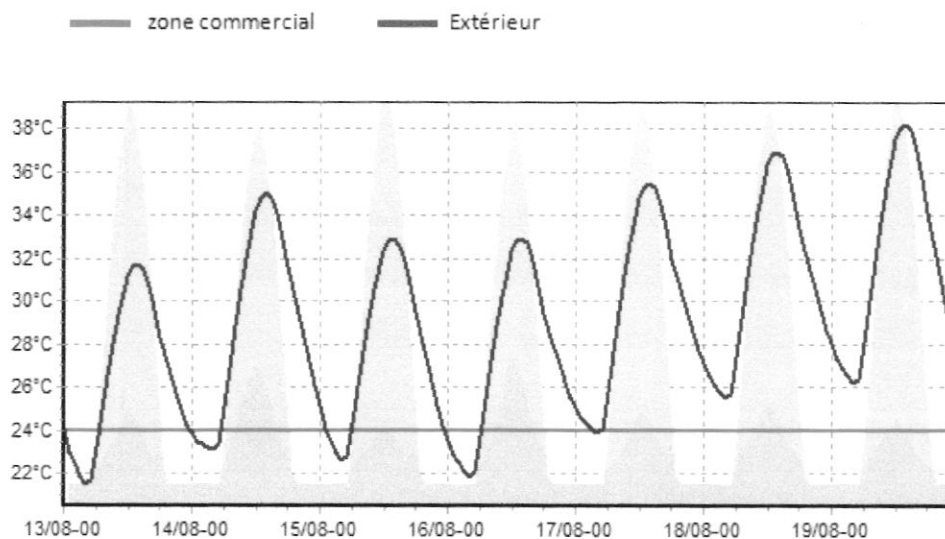


Figure (IV.11): Evaluation de température en été avec consigne "commerce" .

Chapitre IV

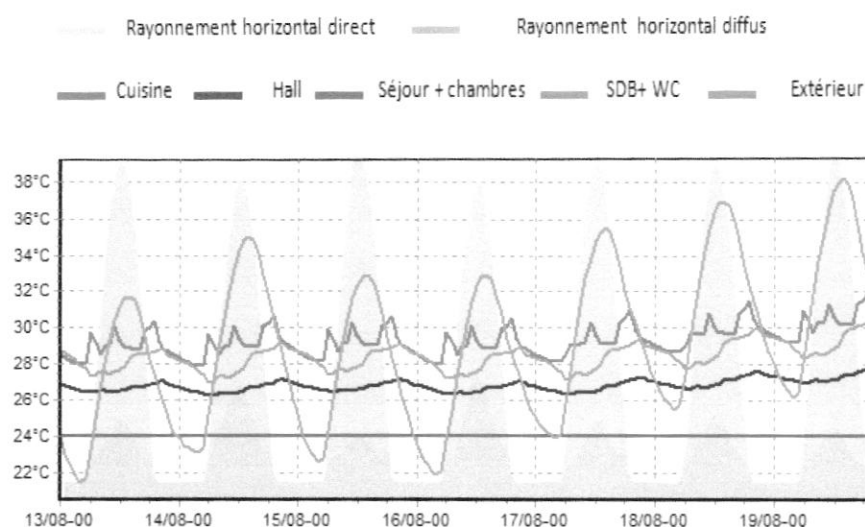


Figure (IV.12): Evaluation de température en été appartement Est (la semaine la plus chaude).

IV-1.2 Optimisation et impact des mesures d'efficacité énergétiques passives :

IV-1.2.1 L'occultation :

IV-1.2.1.1 Résultat de simulation sans occultation (période hivernal) :

Zones	Besoins Ch.	Besoins Clim.	Puiss. Chauff.	Puiss. Clim.	T° Min	T° Moyenne	T° Max
commerce+commerce	34777 kWh	0 kWh	41217 W	-0 W	20.00 °C	20.97 °C	28.72 °C
cuisine B	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	12.18 °C	17.87 °C	27.77 °C
Hall/B	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	16.35 °C	19.22 °C	26.76 °C
Hall/A	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	16.43 °C	19.26 °C	26.74 °C
cuisine A	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	12.34 °C	17.90 °C	27.39 °C
séjour A+CH1 A+CH3 A+CH2 A	4022 kWh	0 kWh	4176 W	-0 W	20.00 °C	20.69 °C	27.65 °C
séjour B+CH1 B+CH2 B+CH4 E	3974 kWh	0 kWh	4161 W	-0 W	20.00 °C	20.67 °C	27.49 °C
SDB/ A+WC/ A	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	13.55 °C	17.99 °C	26.48 °C
WC/B+SDB/ B	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	13.39 °C	17.92 °C	26.45 °C
Total	42773 kWh	0 kWh	49554 W	0 W			

Tableau (IV.5): Récapitulatif des besoins en hiver sans occultation.

IV-1.2.1.2 Résultat de simulation sans occultation (période estival) :

Zones	Besoins Ch.	Besoins Clim.	Puiss. Chauff.	Puiss. Clim.	T° Min	T° Moyenne	T° Max
commerce+commerce	0 kWh	70400 kWh	0 W	50490 W	-24.37 °C	22.77 °C	24.06 °C
cuisine B	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	-8.96 °C	25.68 °C	33.49 °C
Hall/B	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	-16.77 °C	24.30 °C	28.47 °C
Hall/A	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	-16.72 °C	24.34 °C	28.37 °C
cuisine A	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	-6.81 °C	25.70 °C	32.54 °C
séjour A+CH1 A+CH3 A+CH2 A	0 kWh	10889 kWh	0 W	7153 W	-30.18 °C	23.06 °C	25.44 °C
séjour B+CH1 B+CH2 B+CH4 E	0 kWh	8668 kWh	0 W	5090 W	-30.23 °C	22.98 °C	24.03 °C
SDB/ A+WC/ A	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	-10.14 °C	24.81 °C	31.14 °C
WC/B+SDB/ B	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	-9.88 °C	24.84 °C	31.38 °C
Total	0 kWh	89958 kWh	0 W	62733 W			

Tableau (IV.6): Récapitulatif des besoins en été sans occultation.

Chapitre IV

Besoin énergétique	Sans occultation	Avec occultation
Chauffage (KWh)	34 777	32 010
Climatisation (KWh)	70 400	59 089
Besoin total (KWh)	105 177	91 099
Performance énergétique (KWh/m ² /an)	205.66	178.13
Energie économisée (%)		13.18

Tableau (IV.7): Besoin énergétique annuel zone de commerce (occultation).

Besoin énergétique	Sans occultation	Avec occultation
Chauffage (KWh)	4022	3470
Climatisation (KWh)	10 889	6827
Besoin total (KWh)	14 911	10 297
Performance énergétique (KWh/m ² /an)	124.25	85.80
Energie économisée (%)		30.94

Tableau (IV.8): Besoin énergétique annuel de l'Appartement (occultation).

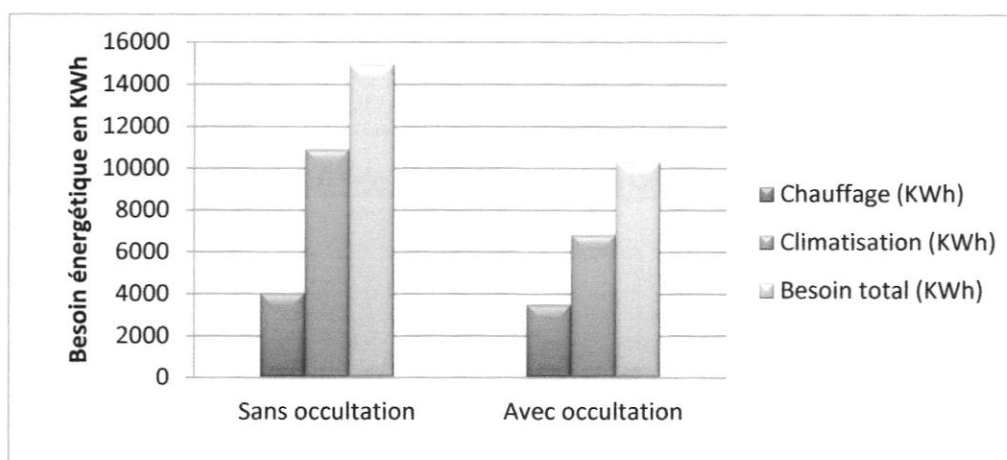


Figure (IV.13): Besoin énergétique annuel de l' Appartement (occultation).

IV-1.2.2 L'isolation :

IV-1.2.2.1 Résultat de simulation avec isolation (période hivernal) :

Zones	Besoins Ch.	Besoins Clim.	Puiss. Chauff.	Puiss. Clim.	T° Min	T° Moyenne	T° Max
commerce+commerce	7761 kWh	0 kWh	20707 W	-0 W	20.00 °C	22.52 °C	32.01 °C
cuisine B	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	13.15 °C	18.66 °C	28.41 °C
Hall/B	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	17.32 °C	20.26 °C	27.68 °C
Hall/A	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	17.40 °C	20.33 °C	27.83 °C
cuisine A	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	13.20 °C	18.73 °C	28.52 °C
séjour A+CH1 A+CH3 A+CH2 A	874 kWh	0 kWh	2063 W	-0 W	20.00 °C	21.47 °C	29.62 °C
séjour B+CH1 B+CH2 B+CH4 E	862 kWh	0 kWh	2063 W	-0 W	20.00 °C	21.43 °C	29.05 °C
SDB/ A+WC/ A	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	15.60 °C	19.43 °C	27.05 °C
WC/B+SDB/ B	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	15.54 °C	19.37 °C	26.94 °C
Total	9496 kWh	0 kWh	24833 W	0 W			

Tableau (IV.9): Récapitulatif des besoins en chauffage(avec isolation)

Chapitre IV

IV.1.2.2.2 Résultat de simulation avec isolation (période estival) :

Zones	Besoins Ch.	Besoins Clim.	Puiss. Chauff.	Puiss. Clim.	T° Min	T° Moyenne	T° Max
commerce+commerce	0 kWh	52035 kWh	0 W	33184 W	-30.79 °C	22.94 °C	24.11 °C
cuisine B	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	-6.51 °C	25.67 °C	31.66 °C
Hall/B	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	-18.16 °C	23.80 °C	27.21 °C
Hall/A	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	-18.64 °C	23.76 °C	27.12 °C
cuisine A	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	-6.72 °C	25.67 °C	31.67 °C
séjour A+CH1 A+CH3 A+CH2 A	0 kWh	4371 kWh	0 W	2587 W	-34.34 °C	22.43 °C	24.10 °C
séjour B+CH1 B+CH2 B+CH4 E	0 kWh	4185 kWh	0 W	2529 W	-34.35 °C	22.42 °C	24.07 °C
SDB/ A+W/C/ A	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	-10.19 °C	24.62 °C	29.37 °C
WC/B+SDB/ B	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	-9.85 °C	24.65 °C	29.53 °C
Total	0 kWh	60591 kWh	0 W	38300 W			

Tableau (IV.10): Récapitulatif des besoins en climatisation (avec isolation)

Besoin énergétique	Sans isolation	Avec isolation
Chauffage (KWh)	32 010	7761
Climatisation (KWh)	59 089	52 035
Besoin total (KWh)	91 099	59 796
Performance énergétique (KWh/m²/an)	178.13	117
Energie économisée (%)		34.31

Tableau (IV.11): Besoin énergétique annuel zone de commerce (avec isolation).

Besoin énergétique	Sans isolation	Avec isolation
Chauffage (KWh)	3470	874
Climatisation (KWh)	6827	4371
Besoin total (KWh)	10 297	5 245
Performance énergétique (KWh/m²/an)	85.80	43.70
Energie économisée (%)		49.06

Tableau (IV.12): Besoin énergétique annuel de l' Appartement (avec isolation).

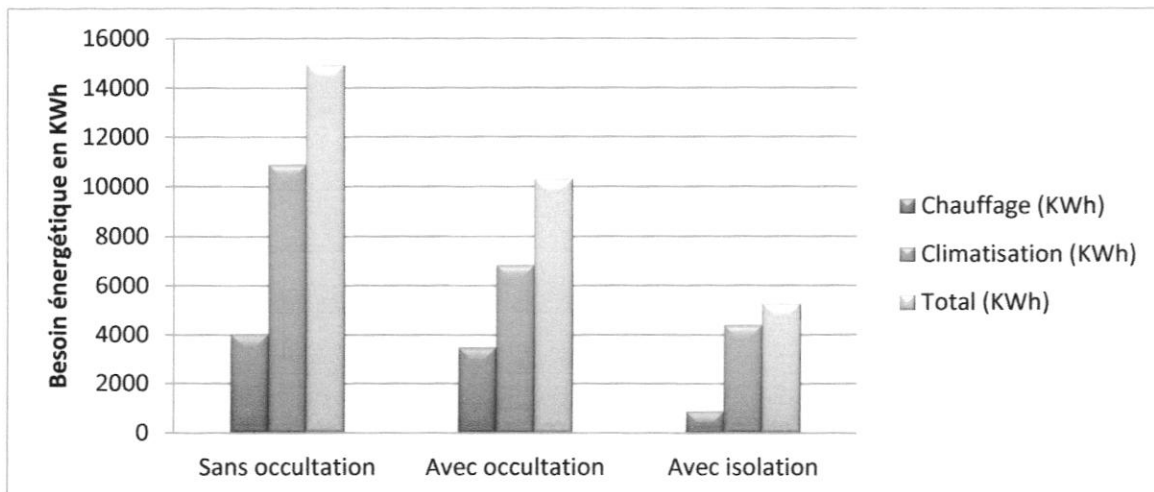


Figure (IV.14): Besoin énergétique annuel de l' Appartement (occultation+isolation).

Chapitre IV

IV-1.2.3 L'intégration de la Végétation :

IV-1.2.3.1 Résultat de simulation après l'intégration de la végétation (période hivernal) :

Zones	Besoins Ch.	Besoins Clim.	Puiss. Chauff.	Puiss. Clim.	T* Min	T* Moyenne	T* Max
commerce+commerce	9839 kWh	0 kWh	22258 W	-0 W	20.00 °C	22.22 °C	31.22 °C
cuisine B	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	13.12 °C	18.51 °C	28.00 °C
Hall/B	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	17.29 °C	20.00 °C	26.58 °C
Hall/A	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	17.37 °C	20.06 °C	26.64 °C
cuisine A	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	13.17 °C	18.58 °C	28.09 °C
séjour A+CH1 A+CH3 A+CH2 A	977 kWh	0 kWh	2084 W	-0 W	20.00 °C	21.10 °C	26.81 °C
séjour B+CH1 B+CH2 B+CH4 E	970 kWh	0 kWh	2084 W	-0 W	20.00 °C	21.08 °C	26.77 °C
SDB/ A+WC/ A	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	15.56 °C	19.20 °C	26.25 °C
WC/B+SDB/ B	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	15.51 °C	19.16 °C	26.18 °C
Total	11786 kWh	0 kWh	26427 W	0 W			

Tableau (IV.13): Récapitulatif des besoins en chauffage(avec végétation).

IV-1.2.3.2 Résultat de simulation après l'intégration de la végétation (période estival) :

Zones	Besoins Ch.	Besoins Clim.	Puiss. Chauff.	Puiss. Clim.	T* Min	T* Moyenne	T* Max
commerce+commerce	0 kWh	51581 kWh	0 W	33125 W	-30.79 °C	22.93 °C	24.09 °C
cuisine B	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	-6.51 °C	25.64 °C	31.62 °C
Hall/B	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	-18.16 °C	23.77 °C	27.17 °C
Hall/A	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	-18.65 °C	23.73 °C	27.09 °C
cuisine A	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	-6.73 °C	25.64 °C	31.64 °C
séjour A+CH1 A+CH3 A+CH2 A	0 kWh	4173 kWh	0 W	2562 W	-34.34 °C	22.42 °C	24.08 °C
séjour B+CH1 B+CH2 B+CH4 E	0 kWh	4056 kWh	0 W	2511 W	-34.35 °C	22.41 °C	24.09 °C
SDB/ A+WC/ A	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	-10.21 °C	24.51 °C	29.25 °C
WC/B+SDB/ B	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	-9.87 °C	24.51 °C	29.34 °C
Total	0 kWh	59809 kWh	0 W	38198 W			

Tableau (IV.14): Récapitulatif des besoins en climatisation(avec végétation).

Besoin énergétique	Sans végétation	Avec végétation
Chauffage (KWh)	7761	9839
Climatisation (KWh)	52 035	51581
Besoin total (KWh)	59 796	61 420
Performance énergétique (KWh/m ² /an)	117	120.19
Energie économisée (%)		-2.72

Tableau (IV.15): Besoin énergétique annuel zone de commerce (avec végétation).

Besoin énergétique	Sans végétation	Avec végétation
Chauffage (KWh)	874	977
Climatisation (KWh)	4371	4173
Besoin total (KWh)	5 245	5150
Performance énergétique (KWh/m ² /an)	43.70	42.91
Energie économisée (%)		1.8

Tableau (IV.16): Besoin énergétique annuel Appartement (avec végétation).

Chapitre IV

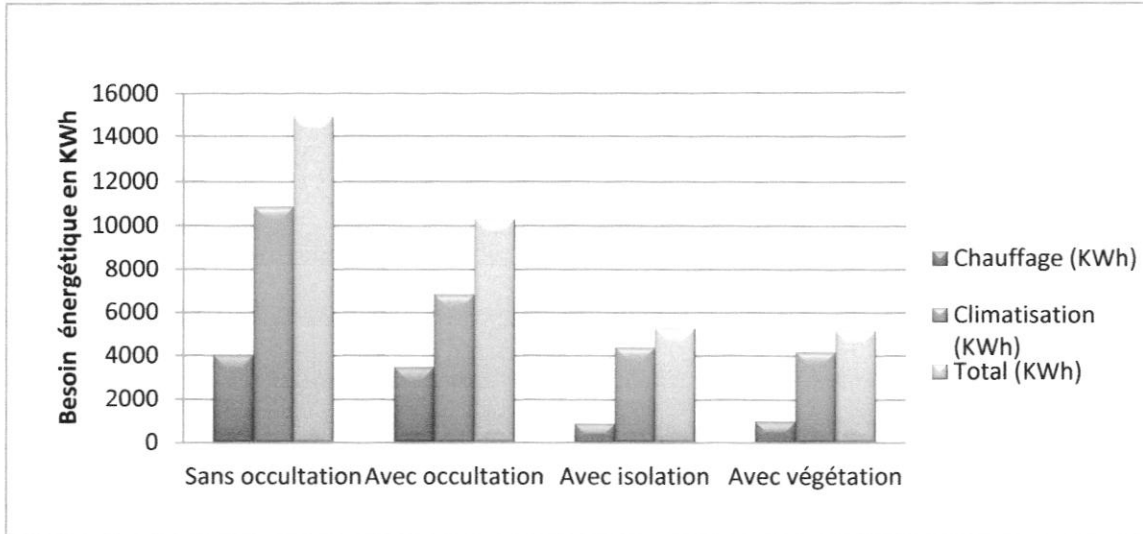


Figure (IV.15): Besoin énergétique annuel de l'Appartement (avec végétation).

IV-1.2.4 L'amélioration de la ventilation :

IV-1.2.3.1 Résultat de simulation après l'amélioration de la ventilation (période hivernal) :

Zones	Besoins Ch.	Besoins Clim.	Puiss. Chauff.	Puiss. Clim.	T° Min	T° Moyenne	T° Max
commerce+commerce	9577 kWh	0 kWh	21988 W	-0 W	20.00 °C	22.17 °C	30.79 °C
cuisine B	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	17.10 °C	21.11 °C	29.19 °C
Hall/B	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	17.89 °C	20.46 °C	26.73 °C
Hall/A	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	17.92 °C	20.49 °C	26.77 °C
cuisine A	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	17.11 °C	21.15 °C	29.30 °C
séjour A+CH1 A+CH3 A+CH2 A	857 kWh	0 kWh	2015 W	-0 W	20.00 °C	21.16 °C	26.77 °C
séjour B+CH1 B+CH2 B+CH4 B	844 kWh	0 kWh	2011 W	-0 W	20.00 °C	21.15 °C	26.74 °C
SDB/ A+WC/ A	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	16.31 °C	19.77 °C	26.51 °C
WC/B+SDB/ B	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	16.19 °C	19.69 °C	26.41 °C
Total	11278 kWh	0 kWh	26014 W	0 W			

Tableau (IV.17): Récapitulatif des besoins en chauffage(après l'amélioration de la ventilation).

IV-1.2.3.2 Résultat de simulation après l'intégration de la végétation (période estival) :

Zones	Besoins Ch.	Besoins Clim.	Puiss. Chauff.	Puiss. Clim.	T° Min	T° Moyenne	T° Max
commerce+commerce	0 kWh	48190 kWh	0 W	36841 W	-28.40 °C	22.77 °C	24.54 °C
cuisine B	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	-5.72 °C	25.51 °C	31.62 °C
Hall/B	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	-17.26 °C	23.48 °C	27.15 °C
Hall/A	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	-17.72 °C	23.45 °C	27.08 °C
cuisine A	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	-5.92 °C	25.51 °C	31.65 °C
séjour A+CH1 A+CH3 A+CH2 A	0 kWh	3775 kWh	0 W	2957 W	-33.20 °C	22.28 °C	24.17 °C
séjour B+CH1 B+CH2 B+CH4 B	0 kWh	3662 kWh	0 W	2896 W	-33.21 °C	22.27 °C	24.16 °C
SDB/ A+WC/ A	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	-9.09 °C	24.10 °C	29.17 °C
WC/B+SDB/ B	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	-8.60 °C	24.09 °C	29.24 °C
Total	0 kWh	55628 kWh	0 W	42694 W			

Tableau (IV.18): Récapitulatif des besoins en climatisation(après l'amélioration de la ventilation).

Chapitre IV

Besoin énergétique	Sans amélioration de ventilation	Avec amélioration de ventilation
Chauffage (KWh)	9839	9577
Climatisation (KWh)	51581	48 190
Besoin total (KWh)	61 420	57 767
Performance énergétique (KWh/m ² /an)	120.19	113.04
Energie économisée (%)		5.94

Tableau (IV.19): Besoin énergétique annuel zone de commerce (ventilation).

Besoin énergétique	Sans amélioration de ventilation	Avec amélioration de ventilation
Chauffage (KWh)	977	857
Climatisation (KWh)	4173	3775
Besoin total (KWh)	5150	4632
Performance énergétique (KWh/m ² /an)	42.91	38.6
Energie économisée (%)		10.04

Tableau (IV.20): Besoin énergétique annuel de l'Appartement (ventilation).

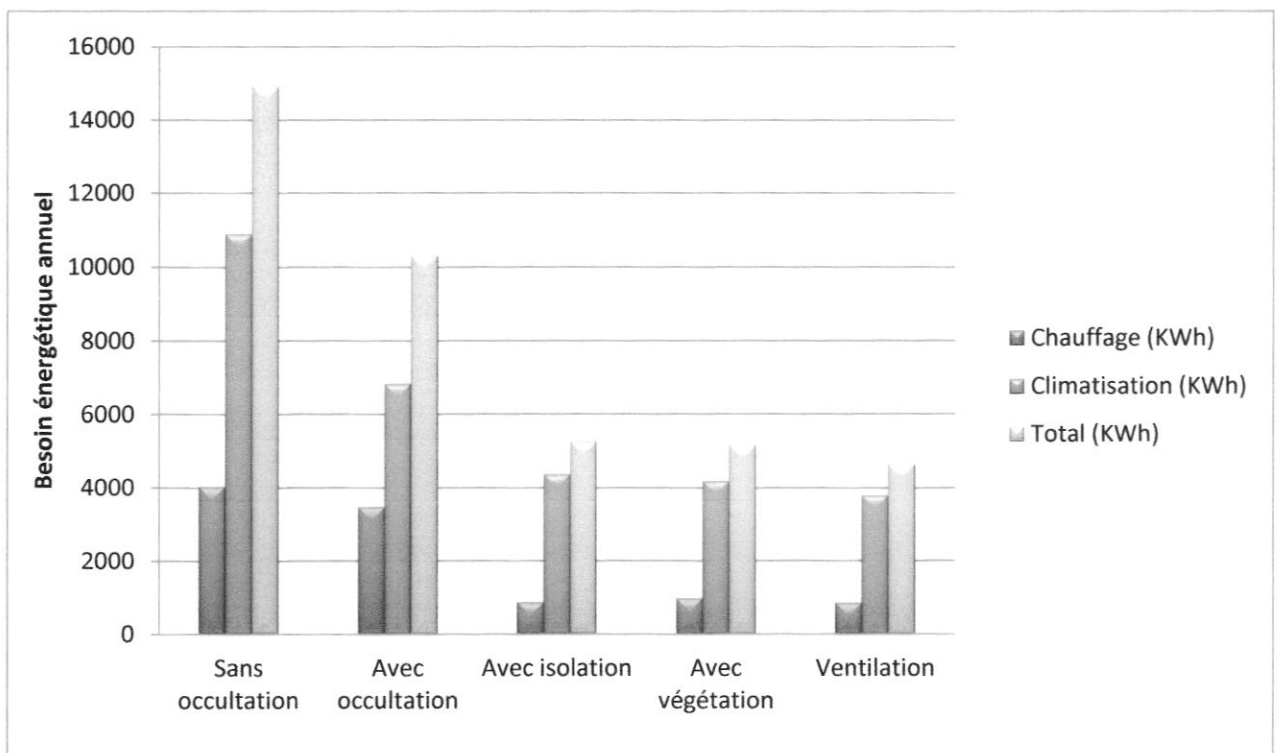


Figure (IV.16): Besoin énergétique annuel de l' Appartement (Ventilation).

Chapitre IV

IV-1.2.5 L'orientation :

Besoin énergétique	EST	NORD	SUD	OUEST
Chauffage (KWh)	9577	11 432	10015	10015
Climatisation (KWh)	48 190	46 677	46 463	46 463
Besoin total (KWh)	57 767	58 109	56 478	56 478
Performance énergétique (KWh/m ² /an)	113.04	113.71	110.52	110.52
Energie économisée (%)		-0.59	2.22	2.22

Tableau (IV.21): Besoin énergétique annuel zone de commerce (orientation).

Besoin énergétique	EST	SUD-OUEST	OUEST	SUD	SUD-EST	NORD	NORD-OUEST	NORD-EST
Chauffage (KWh)	857	844	811	811	1398	1350	1289	1289
Climatisation (KWh)	3775	3662	3716	3716	3722	3645	3650	3650
Besoin total (KWh)	4632	4506	4527	4527	5120	4995	4939	4939
Performance énergétique (KWh/m ² /an)	38.6	37.55	37.72	37.72	42.66	41.62	41.15	41.15
Energie économisée (%)		2.72	2.27	2.27	-10.51	-7.82	-6.60	-6.60

Tableau (IV.22): Besoin énergétique annuel de l'Appartement (orientation).

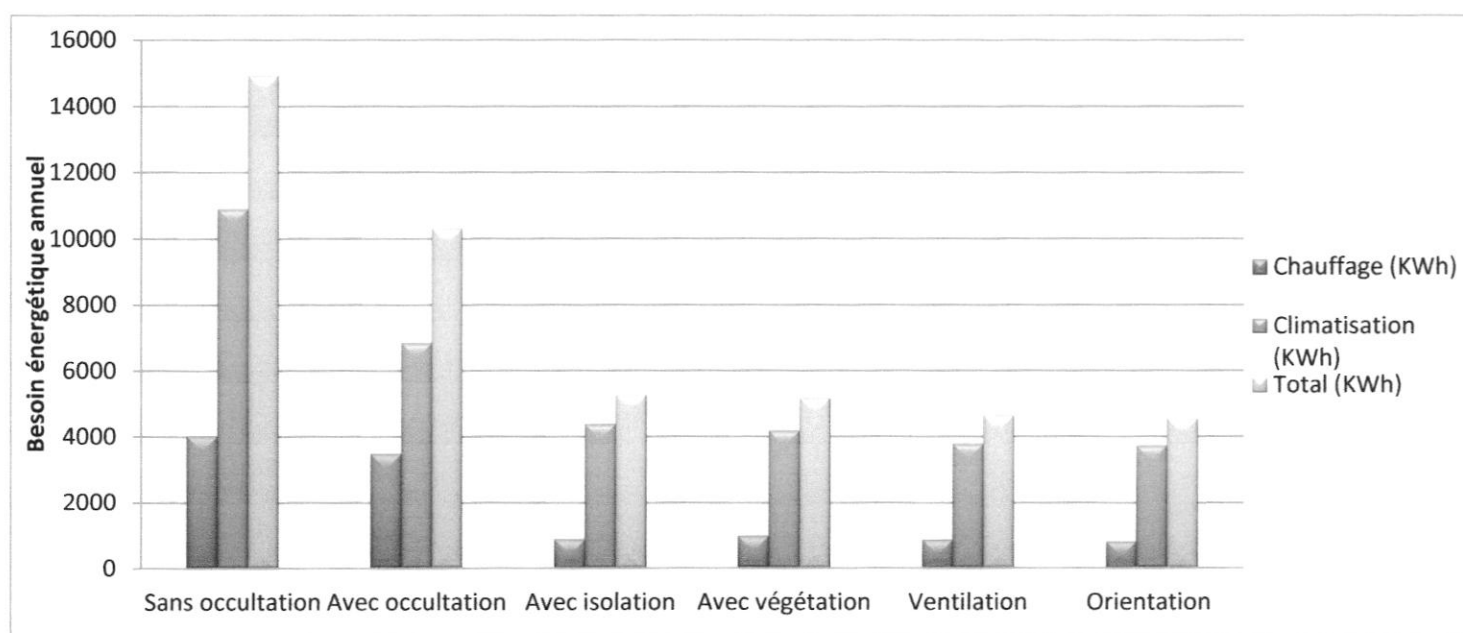


Figure (IV.17): Besoin énergétique annuel de l'Appartement (orientation).

Chapitre IV

IV-1.2.6 Les surfaces vitrées : Ratio de vitrage :

L'RT 2012 recommande un ratio minimum de 13% d'aire vitrée par rapport à la surface totale de plancher. La surface vitrée au sud (soit 60% de toutes les fenêtres) peut atteindre jusqu'à 25% de la surface au sol, sans compter les fenêtres au nord et les portes.

Pour les appartement le ration égal à 13% de surface vitrée par rapport à la surface totale soit 15.6 m² de surface vitrée.

Pour les locaux de commerce le ratio est beaucoup plus élevés environ 70 % ,on a simulé les ocaux avec des différents ratios afin d'étudier l'influence de ce dernier .

Projet sélectionné :

Zones	Besoins Ch.	Besoins Clim.	Puiss. Chauff.	Puiss. Clim.	T* Min	T* Moyenne	T* Max
cage d'escalier+cage d'escalier+cage	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	17.90 °C	20.98 °C	28.33 °C
commerce+commerce	8518 kWh	0 kWh	20575 W	-0 W	20.00 °C	22.16 °C	30.73 °C

Tableau (IV.23): Récapitulatif des besoins en chauffage. commerce ratio 50%.

Projet sélectionné :

Zones	Besoins Ch.	Besoins Clim.	Puiss. Chauff.	Puiss. Clim.	T* Min	T* Moyenne	T* Max
cage d'escalier+cage d'escalier+cage	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	-22.33 °C	23.18 °C	26.95 °C
commerce+commerce	0 kWh	44450 kWh	0 W	35210 W	-29.17 °C	22.74 °C	24.51 °C

Tableau (IV.24): Récapitulatif des besoins en climatisation commerce ratio 50%.

Besoin énergétique	Cas de base	Ratio de70% "Sud"	Ratio de 50%	Ratio de 25%
Chauffage (KWh)	9577	10015	8518	5226
Climatisation (KWh)	48 190	46 463	44 450	43 480
Besoin total (KWh)	57 767	56 478	52 968	48 706
Performance énergétique (KWh/m ² /an)	113.04	110.52	103.65	95.31
Energie économisée (%)		2.22	8.30	15.68

Tableau (IV.25): Besoin énergétique annuel de l'Appartement (orientation).

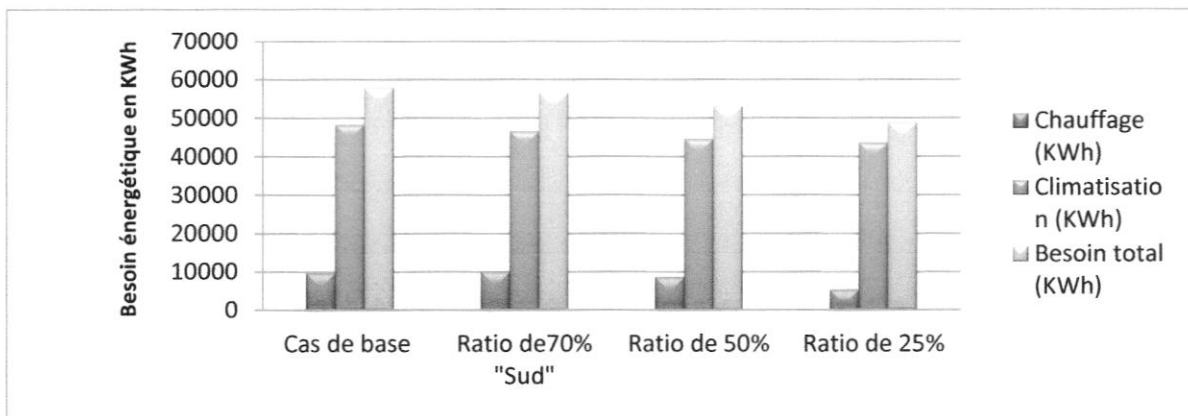


Figure (IV.18): Besoin énergétique annuel des locaux de commerce selon les différents ratios.

IV-2 Discussion et Analyse des résultats :

La simulation de cas de base a donné un besoin énergétique total annuel de 14 911 kwh soit 4022 KWh pour environ sept mois de fonctionnement de chauffage alors que pour la climatisation le résultat obtenu est de 10 889 KWh , ce qui donne une performance énergétique pour l'appartement d'une valeur de 124.25 KWh/m²/an .

Le niveau de performance exigé par le label BBC (bâtiment basse consommation énergétique) reprend les valeurs définies par le référentiel de l'association **EFFINERGIE®**, à savoir un objectif de consommation maximale pour les constructions résidentielles neuves fixé à **50 kWh/m²/an**,

Afin d'atténuer les besoins énergétiques du cas de base nous avons proposé une série de mesure suivie de la simulation de leur impact sur le besoin énergétique du bâtiment .

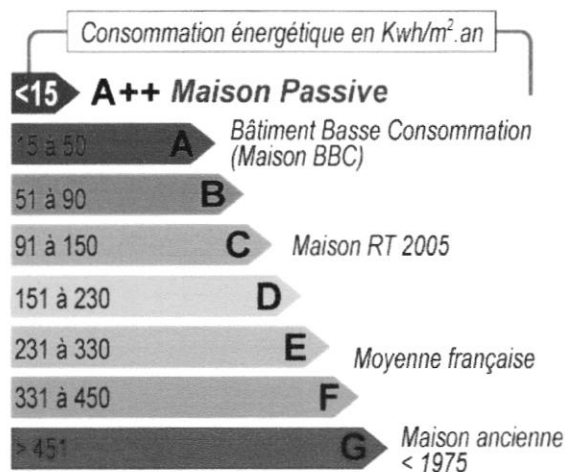


Figure (IV.19): Performance énergétique des logements en France .

IV-2.1 L'occultation :

Les résultats ont montré que l'occultation a un impact important sur le confort d'été et la consommation d'énergie , les occultation apporte un gain de l'ordre de 30.94 %

Les déperdition par les fenêtres sont importantes car la résistance thermique d'une fenêtre est beaucoup plus faible que celle d'un mur dans notre cas $R_{mur} = 0.79 \text{ m}^2.k/W$ et $R_{fenêtre} = 0.20 \text{ m}^2.k/W$.

L'occultation joue un rôle prédominant dans le contrôle des période de surchauffe lorsque que le rayonnement solaire est élevé dans le but d'améliorer le confort thermique de l'espace et réduire la consommation d'énergie .

IV-2.2 L'isolation :

Les résultats ont montré que l'isolation nous a apporté un gain de 49.06 %

les besoins en chauffage sont diminués de 74.84 % de besoin initial soit deux fois plus de la réduction en matière de climatisation 35% d'optimisation

L'isolation contribue fortement à limiter le volume de l'énergie consommée .

IV-2.3 Végétation :

La protection solaire par les plantes à feuillage caduc (dans notre cas vigne vierge) a montré que le besoin énergétique pour le chauffage a augmenté inversement à la climatisation qui a enregistré une baisse de plus 4 % , pour au final arrivé à un gain énergétique total de 1.8 %

Les plantes grimpantes jouent un rôle d'isolant thermique indéniable.

Leur efficacité est encore supérieure si elles sont accrochées sur un support désolidarisé du mur d'environ 10 cm, permettant une ventilation naturelle entre le mur et le feuillage, évitant donc que la trop forte chaleur réverbérée par le mur ne les dessèche. Les plantes grimpantes vont ainsi créer une zone tampon, protectrice des murs, avec moins de chaleur accumulée et un confort supérieur autant dans l'habitat qu'à proximité d'une terrasse.

IV-2.4 Orientation :

D'après les simulations qui ont été faite selon toutes les orientations et qui contient l'appartement nous avons conclu les suivants :

- La consommation maximale de l'énergie en chauffage et climatisation est marquée dans L'orientation Sud-est et puis l'orientation Nord.
- L'orientation Nord possède le minimum taux de consommation utilisée pour la climatisation .
- L'orientation Sud et Ouest possède le minimum taux de consommation de l'énergie utilisée pour le chauffage et climatisation.

IV-2.5 Ventilation :

Les résultats de simulation montrent que la ventilation

La ventilation naturelle ne permet pas de maîtriser les débits. En fonction des conditions climatiques extérieures, les débits d'air sont :

- soit trop élevés (déperditions importantes),
- soit trop faibles (défaut de ventilation).

La ventilation mécanique permet d'assurer en permanence de débits de ventilation constants dans le logement, indépendamment des conditions climatiques .

Après l'amélioration de la ventilation les résultats de simulation montrent que les besoins en matière de chauffage ont diminué de 12.28 % et les besoins en matière de climatisation ont réduit de 9.53 % pour un total d'environ 10 %

La ventilation a contribué de réduire la température intérieur d'environ 2°C

IV-2.6 Les surfaces vitrées :

On constate que la consommation en matière de chauffage et climatisation augmente respectivement avec la variation du ratio (lors que la surface vitrée augmente la consommation en climatisation augmente)

L'augmentation de la surface vitrée égale plus de surface exposée à l'extérieur et donc plus des déperditions thermiques.

Conclusion :

Après une série de simulations dans ce chapitre nous avons vu que :

Les occultations participent efficacement à réduire la consommation d'énergie .

L'isolation et l'utilisation de double vitrage et triple vitrage avec un système performant de ventilation offre une réduction importante de la consommation et les déperditions thermique vers l'extérieur.

L'orientation a un impact primordial sur la consommation énergétique.

Après l'application des paramètres d'efficacité énergétique passive on a obtenue une optimisation total de 69.77% d'énergie .

Conclusion général :

Dans un contexte de tension sur l'approvisionnement énergétique et l'objectif de réduction des rejets de CO₂, le secteur bâtiment avec 40% de la consommation énergétique mondiale représente un défi en matière d'économie d'énergie. Pour réduire ce besoin, des choix de paramètres sont effectués tant pour l'enveloppe (surface vitrée, isolation...) que pour les systèmes (type d'éclairage, rendement de chaudière...) dès la conception d'un bâtiment cette amélioration constitue l'efficacité énergétique passive et active .

L'objectif principal de ce travail était de réaliser des séries de simulation thermique dynamique sur un bâtiment résidentiel mixte " Appartement +commerce " cette approche permet de modéliser le bâtiment à l'aide d'un logiciel "Pléiade+comfie" en y intégrant les caractéristiques de son enveloppe ainsi que ses conditions de fonctionnement théorique afin d'assurer les besoins fonctionnels du bâtiment en minimisant leur besoins énergétique .

Pour conclure on peut citer les paramètres qui ont influencé la consommation énergétique dans notre cas :

- Les occultation
- L'isolation
- Protection solaire (par les plantes à feuilles caduques)
- Ventilation
- Orientation et surface vitrée

Les recommandation :

- Des occultation doivent être prévus pour éviter un maximum des rayonnement diffus et réfléchi dans les surface pendant l'été .
- L'isolation efficace "des parois, plancher, toit terrasse et double vitrage pour les fenêtres" coupler d'un système d'aération efficace: ventilation mécanique contrôlée VMC .
- Les protection solaire (par les plantes à feuilles caduques) participe à réduire la la consommation d'énergie en matière de climatisation et augmenter les besoins d'énergie en matière de chauffage .
- L'orientation optimal pour notre cas c'est' orientation Sud-ouest et Sud .
- Les orientations les plus défavorables sont les orientations Sud-est et Nord .
- Réduire le ratio de surface vitrée pour minimiser les déperdition thermique .

Dans cette recherche, on n'a pas étudié toutes les paramètres agissant sur la consommation énergétique de bâtiment vue la complexité du thème, de ce fait nous proposons quelques futures axes de recherche. Il est intéressant de coupler la consommation énergétiques avec le confort thermique Il aussi intéressant d'étudier l'impact d'autres paramètres sur la consommation de l'énergie et le confort thermique tels que l'influence de la couleur des parois d'épaisseur de l'isolation , type de vitrage

Tout ce travail est pour l'objectif de concevoir un bâtiment a faible consommation énergétiques et confortable pour les occupants.

Références :

- [1] Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique, observatoire des énergies. renouvelables Paris 2005
- [2] L'éco-conception dans le bâtiment ,Jean-Luc Menet et Ion Cosmin Gruescu.
- [3] ENERGETIQUE DU BATIMENT; Nicolas Morel et Edgard Gnaudounou(nouvelles édition du cours donne par Claude-Alain Roulet et Arnaud Dauriat-Edition 2009).
- [4] Etude de l'efficacité énergétique d'un bâtiment d'habitation à l'aide d'un logiciel de simulation par Mr. boursas abderrahmane .
- [5] Bioclimatisme et performances énergétique des bâtiments Auteur :Dutreix Armand ,Editeur:Eyrolle .
- [6] Anonyme : 2007, Redéfinir la notion de confort thermique, guide pratique pour la construction et la rénovation durables de petits bâtiments, Recommandation pratique .
- [7] ENERGETIQUE DU BATIMENT; Nicolas Morel et Edgard .
- [8] LIEBARD A., DE HERDE A., 2005, Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques : Concevoir, édifier et aménager avec le développement durable, Le moniteur, Bruxelles.
- [9] IZARD J.L.KACALA O. 2008 le diagramme bioclimatique Envirobat- Méditerranée laboratoire abe,, Ensa-Marseille.
- [10] GUIDE : Confort thermique à l'intérieur d'un établissement (Commission de la santé et de la sécurité du travail du Québec).
- [11] Bioclimatisme et performances énergétique des bâtiments Auteur:Dutreix Armand.
- [12] MAZARI M., 2012, Mémoire magistère architecture, Etude et évaluation du confort thermique des bâtiments a caractère public : Cas du département d'architecture de Tamada, Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou, Département d'architecture.
- [13] Bioclimatisme et performances énergétique des bâtiments Auteur:Dutreix Armand.,Editeur:Eyrolles.
- [14] JEAN HETZEL, Bâtiments HQE^R et développement durable ,Dans la perspective du Grenelle de l'environnement 3^e édition .
- [15] JEAN HETZEL, Bâtiments et aménagement durable ,Bien-être Vie urbaine et écoquartier 3^e édition
- [16] PIERRE-GILLES BELLIN, L'habitat bio-économique , Isolation Chauffage, Electricité et Eau.