

République algérienne démocratique et populaire
Université de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
Université Mentouri de Constantine
Faculté des sciences de la terre, de la géographie et de l'aménagement du territoire
Département d'architecture et d'urbanisme

MEMOIRE

Pour l'obtention du diplôme de magister
Option : architecture bioclimatique

THEME

Impact de la loggia vitrée sur le confort thermique Dans la région de Constantine

Présenté par : Melle BADECHE MOUNIRA

Sous la direction de : DR BOUCHAHM YASMINA

Jury d'examen :

<i>Prof Bourbia Fatiha</i>	Université de Constantine	Président
<i>Dr Abdou Saliha</i>	Université de Constantine	Examinatrice
<i>DR Bouchahm Yasmina</i>	Université de Constantine	Rapporteur
<i>DR Foura Yasmina</i>	Université de Constantine	Examinatrice

2007 - 2008

Table des matières

TABLE DES MATIERES	II
LISTE DES FIGURES	VI
LISTE DES TABLES	XI
INTRODUCTION GENERALE	1
INTRODUCTION	1
PROBLEMATIQUE.....	4
OBJECTIFS	6
HYPOTHESES	7
METHODOLOGIE	8
1.1 INTRODUCTION.....	9
1.2 SITUATION DU SECTEUR DE L'HABITAT	9
1.2.1 <i>Evaluation de l'habitat sur le plan quantitatif</i>	10
1.2.2 <i>Evaluation de l'habitat sur le plan qualitatif</i>	11
1.3 L' APPROPRIATION ET LE MARQUAGE DES ESPACES DANS L' HABITAT COLLECTIF	12
1.4 TRANSFORMATIONS DU CADRE BATI DU LOGEMENT.....	14
1.4.1 <i>Transformations informelles de logements</i>	14
1.4.1.1 Extension verticale	15
1.4.1.2 Extension horizontale	16
1.4.1.3 Exemple de modifications de balcons et loggias	19
1.4.1.4 Interventions des habitants sur les balcons	20
1.4.1.5 Matériaux utilisés pour les modifications	22
1.4.1.6 Evaluation du phénomène de modifications	23
1.4.2 <i>Interventions programmées et assistées par l'état</i>	25
1.4.2.1 Intégration des serres aux logements existants	26
1.5 DEVELOPPEMENT DURABLE	30
1.5.1 <i>Définition</i>	30
1.5.2 <i>L'habitat durable</i>	31
1.5.2.1 Le développement durable est-il considéré en Algérie ?	32
1.5.2.2 Expérience Algérienne dans le domaine du solaire	35
1.6 CONCLUSION	36
2.1 INTRODUCTION.....	38
2.2 RADIATION SOLAIRE ET SES COMPOSANTES	38
2.2.1 <i>Définition de la radiation solaire</i>	38
2.2.2 <i>Composantes du rayonnement solaire</i>	40
2.3 GEOMETRIE SOLAIRE.....	40
2.3.1 <i>La course de la terre autour du soleil</i>	41
2.3.2 <i>Les projections solaires</i>	42
2.4 RADIATION ET SURFACES	43
2.4.1 <i>L'intensité du rayonnement sur une surface</i>	43
2.4.2 <i>Orientation</i>	44
2.4.3 <i>Conduite des surfaces éclairées envers le flux solaire</i>	44
2.5 MECANISMES D' ECHANGES THERMIQUES.....	45
2.5.1 <i>Conduction</i>	45
2.5.2 <i>Convection</i>	45
2.5.2.1 <i>Convection naturelle</i>	45
2.5.2.2 <i>Convection forcée</i>	45
2.5.3 <i>Rayonnement</i>	46
2.5.4 <i>Évaporation ou condensation</i>	46
2.6 PROCEDES SOLAIRES PASSIFS	47
2.6.1 <i>Système à gain direct</i>	47

2.6.2	Système à gain indirect.....	48
2.6.2.1	Le mur capteur accumulateur (mur Trombe).....	48
2.6.2.2	La toiture bassin.....	49
2.6.2.3	La véranda.....	50
2.6.3	Système à gain isolé.....	51
2.7	LE ROLE DU VITRAGE DANS LE BILAN THERMIQUE.....	52
2.7.1	Effet de serre.....	52
2.7.2	Déperditions thermiques à travers les vitrages.....	53
2.7.3	Vitrage et matériaux translucides.....	53
2.7.3.1	Verres réfléchissants.....	55
2.7.3.2	Les verres absorbants.....	55
2.7.3.3	Les verres peu émissifs.....	55
2.7.3.4	Les verres sélectifs.....	55
2.7.3.5	Le matériau transparent isolant (TIM).....	55
2.7.3.6	Vitrage à haut rendement (HR).....	56
2.7.4	Influence du type de verre sur le bilan thermique d'une véranda.....	56
2.8	PROTECTIONS SOLAIRES.....	57
2.8.1	Rôle des protections solaires.....	57
2.8.1.1	Dispositifs de protection fixes.....	58
2.8.1.2	Protections mobiles.....	59
2.8.1.3	Les protections extérieures.....	60
2.8.1.4	Protections intérieures.....	60
2.8.2	Calcul des occultations.....	62
2.8.2.1	Les angles d'ombre horizontaux et verticaux.....	62
2.8.3	Évaluation de la performance de la loggia comme moyen d'occultation dans l'échantillon étudié.....	63
2.8.3.1	Calcul des occultations (cas d'étude).....	64
2.8.3.2	Etude comparative.....	66
2.9	CONCLUSION.....	67
3.1	HISTORIQUE.....	68
3.2	DEFINITIONS.....	69
3.3	TYPES ET CONFIGURATIONS DE VERANDAS.....	71
3.3.1	Classification selon le type de toit.....	71
3.3.1.1	Vérandas modifiées.....	71
3.3.1.2	Les sunporches.....	72
3.3.2	Classification selon le rapport véranda/bâtiment.....	73
3.3.2.1	Véranda en verrière.....	73
3.3.2.2	Semi encastrée.....	74
3.3.2.3	Encastrée (loggia).....	74
3.3.2.4	Serres complètement closes (patios).....	75
3.3.2.5	Conclusion.....	75
3.3.3	Classification selon l'isolation.....	76
3.3.3.1	Véranda froide.....	76
3.3.3.2	Véranda chaude.....	77
3.4	ROLE DE LA VERANDA DANS L'ECONOMIE DE L'ENERGIE DE CHAUFFAGE.....	77
3.5	PERFORMANCE THERMIQUE D'UNE VERANDA.....	79
3.5.1	Effet de l'orientation.....	80
3.5.1.1	Orientation Nord.....	80
3.5.1.2	Orientation Ouest.....	80
3.5.1.3	Orientation Est.....	80
3.5.1.4	Orientation Sud.....	81
3.5.1.5	Conclusion sur l'orientation.....	82
3.5.2	Effet de la couleur des murs.....	82
3.5.2.1	Rôle des Ouvertures dans les échanges thermiques.....	82
3.5.2.2	La masse de stockage thermique.....	83
3.5.2.3	Mur de stockage et de liaison véranda- habitation.....	83
3.5.2.4	Conduite des masses de stockage thermique.....	86
3.6	FONCTIONNEMENT D'UNE VERANDA.....	88
3.6.1	Rôles principaux de la véranda.....	88
3.6.1.1	Le rôle tampon.....	88
3.6.1.2	Le renouvellement d'air.....	90
3.6.1.3	Le rôle de captage.....	90
3.6.2	Modes de transfert de la chaleur dans une véranda.....	91
3.6.2.1	Echanges de chaleur entre la surface extérieure de la véranda et l'air extérieur.....	91
3.6.2.2	Echanges de chaleur dans le volume de la véranda.....	91

3.6.2.3 Echanges de chaleur avec les espaces contigus	92
3.6.3 Comportement de la véranda vis-à-vis de l'espace adjacent.....	93
3.7 PERFORMANCE ESTIVALE	94
3.7.1 La gestion estivale d'une véranda	95
3.7.1.1 Réduction de la pénétration du rayonnement.....	95
3.7.1.2 Stratégie de refroidissement et de dissipation de la chaleur.....	96
3.8 ROLE DE L'OCCUPANT DANS LA GESTION DE L'ESPACE VERANDA.....	98
3.9 CONCLUSION	99
4.1 INTRODUCTION.....	100
4.2 PARAMETRES ANALYSES PAR LES TRAVAUX DE RECHERCHE.....	100
4.2.1 Conservation énergétique de la serre et paramètres l'affectant.....	100
4.2.1.1 Dépendance du rendement de la véranda des conditions climatiques.....	100
4.2.1.2 Inertie thermique de la véranda	106
4.2.1.3 Orientation de la véranda.....	108
4.2.1.4 Type de vitrage de la véranda.....	110
4.2.1.5 Type du vitrage de séparation (véranda / espace habitable).....	110
4.2.1.6 Taille du vitrage de séparation (véranda / espace habitable).....	111
4.2.1.7 Le type de véranda.....	112
4.2.1.8 Les tailles de la véranda.....	113
4.2.1.9 Influence des débits de ventilation.....	113
4.2.1.10 Contribution solaire et performance de la véranda	114
4.3 PROBLEMES LIES A L'UTILISATION DE LA VERANDA.....	118
4.3.1 Risque de surchauffe.....	118
4.3.2 Rôle de l'usager.....	123
4.3.3 Combinaison de procédés passifs.....	128
4.4 CONCLUSION	129
5.1 INTRODUCTION.....	130
5.2 ANALYSE CLIMATIQUE DE LA VILLE DE CONSTANTINE	130
5.2.1 Définition du climat	130
5.2.2 Analyse des paramètres climatiques de la ville de Constantine	132
5.2.2.1 La température de l'air.....	132
5.2.2.2 L'humidité relative	133
5.2.2.3 Le vent.....	135
5.2.2.4 Les précipitations.....	136
5.2.2.5 Le rayonnement solaire.....	137
5.2.3 Classification du climat pour la conception bioclimatique	139
5.2.3.1 Méthode de Koenigsberger.....	140
5.2.3.2 Indice de MARTONNE.....	141
5.3 CONFORT THERMIQUE ET ANALYSE BIOCLIMATIQUE	142
5.3.1 Définition du confort thermique	142
5.3.1.1 Paramètres propres à l'individu	143
5.3.1.2 Paramètres propres au bâtiment.....	143
5.3.1.3 Indices de confort thermique	144
5.3.2 Les outils graphiques.....	144
5.3.3 Détermination des zones de confort thermique	146
5.3.3.1 Détermination de la zone de confort et des zones de contrôle potentiel pour la ville de Constantine.....	146
5.3.4 Les tables de Mahoney	148
5.3.4.1 Recommandations générales.....	148
5.3.4.2 Recommandations sur les détails.....	149
5.3.5 Conclusion sur l'analyse climatique et bioclimatique.....	149
5.4 DESCRIPTIF DU CAS D'ETUDE ET METHODOLOGIE	149
5.4.1 Critère du choix du collectif.....	149
5.4.1.1 Typologie de l'habitat.....	149
5.4.1.2 Pourquoi une loggia.....	151
5.4.1.3 Critères de choix des cellules.....	151
5.4.1.4 Le choix de l'organisation du plan.....	152
5.4.2 Description de l'échantillon	153
5.4.3 Scénario d'occupation et d'utilisation des espaces.....	155
5.4.3.1 En période froide	155
5.4.3.2 En période chaude	156
5.4.4 Appareillage	163
5.4.5 Périodes de l'investigation	163
5.4.6 Méthodologie de l'investigation	164

5.5 CONCLUSION	165
6.1 INTRODUCTION.....	166
6.2 INTERPRETATION DES RESULTATS DU SUIVI EXPERIMENTAL	167
6.2.1 <i>Investigation représentative de la saison froide</i>	167
6.2.1.1 Interprétation des résultats pour l'orientation Sud	167
6.2.1.2 Interprétation des résultats pour l'orientation Ouest.....	179
6.2.1.3 Comparaison entre les orientations Sud et Ouest.....	185
6.2.1.4 Interprétation des résultats pour l'orientation Est	187
6.2.1.5 Conclusion sur l'investigation de la période froide	192
6.2.2 <i>Investigation représentative de la saison chaude</i>	193
6.2.2.1 Interprétation des résultats pour l'orientation Sud	193
6.2.2.2 Interprétation des résultats pour l'orientation Ouest.....	200
6.2.2.3 Comparaison entre les orientations Sud et Ouest.....	205
6.2.2.4 Interprétation des résultats pour l'orientation Est	206
6.2.2.5 Conclusion sur l'investigation de la période chaude.....	210
6.3 CONCLUSION GENERALE	211
7.1 INTRODUCTION.....	214
7.2 CHOIX ET DESCRIPTIF DE L'OUTIL DE SIMULATION.....	215
7.3 STRUCTURE DU PROGRAMME DEROB-LTH	216
7.4 CALCUL DE LA DISTRIBUTION DU RAYONNEMENT SOLAIRE.....	218
7.5 LES ENTREES DU PROGRAMME	218
7.5.1 <i>Spécification du bâtiment</i>	218
7.5.2 <i>Le scénario d'occupation</i>	219
7.5.3 <i>La ventilation</i>	220
7.5.4 <i>Emplacement, période de simulation et climat</i>	220
7.6 LES SORTIES	221
7.7 EXEMPLES D'ETUDES DE COMPORTEMENT THERMIQUE REALISE PAR DEROB6LTH	222
7.7.1 <i>Distribution du rayonnement solaire dans les espaces adjacents aux espaces vitrés</i>	222
7.7.2 <i>L'évaluation de la contribution solaire dans un climat méditerranéen</i>	224
7.7.3 <i>Etude des systèmes de fenêtres à efficacité énergétique</i>	224
7.8 OBJECTIFS DE LA SIMULATION ET CONFIGURATIONS DE VERANDAS	225
7.9 MODELE D'ETUDE	225
7.10 HYPOTHESES	226
7.11 DEMARCHE DE LA SIMULATION.....	226
7.12 ETAPES DE LA SIMULATION	227
7.13 RESULTATS ET ANALYSES	228
7.13.1 <i>Validation du programme de simulation</i>	228
7.13.2 <i>Détermination de la portion transparente, et la masse thermique</i>	230
7.14 AMELIORATION DU RENDEMENT THERMIQUE DE LA LOGGIA VITREE MODELE 80/40	234
7.14.1 <i>Surface ouvrante du vitrage</i>	234
7.14.2 <i>Ventilation transversale</i>	236
7.14.3 <i>Occultation horizontale fixe</i>	237
7.14.4 <i>Occultation intérieure de la paroi vitrée</i>	238
7.14.5 <i>Isolation du mur de liaison séjour-loggia vitrée</i>	239
7.15 EVALUATION DE LA PERFORMANCE DE LA LOGGIA VITREE	240
7.15.1 <i>Etude du confort thermique</i>	242
7.16 CONCLUSION	248
CONCLUSION GENERALE ET RECOMMANDATIONS	250
ANNEXES	268
RESUMES	300

Liste des figures

Figure1.1	<i>Appropriation de l'espace public Santa Anita. Mexico. (R.P.Lopez,2007)</i>	13
Figure1.2	<i>La voie publique sert de cadre virtuel à un commerce informel à Constantine. Source Lilia Makhloufi.</i>	14
Figure1.3	<i>Transformations de terrasses inaccessibles en lieu d'agrément et d'étalage du linge.</i>	15
Figure1.4	<i>Edification de volumes sur les terrasses des immeubles. Khroub. Constantine. Source auteur.</i>	16
Figure1.5	<i>Aménagement de terrains entourant les immeubles en jardins à Constantine. (auteur).</i>	17
Figure1.6	<i>Greffes de volumes sur les toitures des niveaux inférieurs. A et B</i>	18
Figure 1.7	<i>Fermeture de balcons en réponse à une recherche d'intimité par les locataires du rez-de-chaussée. Constantine. (auteur).</i>	20
Figure1.8	<i>Différents types de fermetures de balcons dictées par le besoin de sécurité, d'intimité et d'agrandissement de l'espace. Constantine. Source auteur.</i>	21
Figure1.9	<i>Réduction de la relation avec l'extérieur à son strict minimum . A gauche vue sur un bâtiment social (Constantine. Auteur), à droite.vue sur un grand ensemble(Oran, Aissaoui)</i>	22
Figure1.10	<i>Difficulté d'identification de l'aspect initial de la façade dissimulé par la diversité de transformations. (Constantine. Auteur).</i>	23
Figure1.11	<i>Fermeture de balcons, faite avec une action collective des locataires, préservant l'harmonie de la façade.(situation Constantine. Auteur).</i>	25
Figure1.12	<i>Intervention étatique. Couverture des balcons d'un bâtiment du 20^{ème} siècle par vitrage. Genève (R.Camponovo,2006)</i>	26
Figure1.13	<i>Amélioration du confort thermique dans les logements. La municipalité de Montreuil.</i>	27
Figure 1.14	<i>Vues d'une façade avant (à gauche) et après rénovation (à droite).</i>	28
Figure 1.15	<i>Irradiation globale journalière reçue sur un plan horizontal en haut au mois de juillet, en bas au mois de décembre.(basc,2008)</i>	34
Figure1.16	<i>irradiation globale journalière reçue sur un plan vertical en haut au mois de juillet, en bas au mois de décembre. (Basc, 2008).</i>	35
Figure 2.1	<i>Rayonnement solaire dans le spectre électromagnétique u.v. = ultra-violet, vis = lumière visible, i.r = infrarouge R. (R.H. B. Exell,2000)</i>	39
Figure 2.2	<i>hauteur et azimut du soleil à Uccle, en fonction du temps universel, pour les mois de décembre et de juin. (UCL, 2000)</i>	41
Figure 2.3	<i>Hauteur et azimut du soleil. (D. Horton, 2000).</i>	42
Figure 2.4	<i>Diagramme solaire pour une latitude de 36° nord.</i>	43
Figure 2.5	<i>Densité du faisceau solaire variant en fonction de l'angle d'incidence. (: Mazria,1978).</i>	43
Figure 2.6	<i>Echange de chaleur entre le bâtiment et son environnement (Mémento, 2003.</i>	46
Figure 2.7	<i>Maison à gains direct façade sud largement vitrée, façade nord abritée. (le manuel, 2007).</i>	47
Figure 2.8	<i>Stockage d'un Système à gain direct. (Le manuel, 2007).</i>	48
Figure 2.9	<i>Principe de fonctionnement d'un Mur trombe. (J. D. Balcomb, 2007).</i>	49
Figure 2.10	<i>Toiture bassin. (Le manuel, 2007)</i>	50
Figure 2.11	<i>Procédés de chauffage solaire passif. (J. D. Balcomb,2007).</i>	51
Figure2.12	<i>système à gain isolé. (Le manuel, 2007)</i>	51
Figure 2.13	<i>Effet de serre, (G .P.A.).</i>	53

Figure 2.14	<i>Transmission et réflexion de l'énergie solaire à travers le vitrage. (R.B.P.G, 2004).</i>	54
Figure 2.15	<i>Protections solaires fixes. (Berkeley, 2006).</i>	59
Figure 2.16	<i>Protections solaires fixes. (Berkeley, 2006).</i>	60
Figure 2.17	<i>Régimes de températures intérieures pour différents systèmes d'occultation.</i>	61
Figure 2.18	<i>Angles d'ombre Horizontal et vertical. (S. Sockolay, 1980, modifié par auteur).</i>	63
Figure 2.19	<i>Protection la plus favorable pour une ouverture orientée au Sud à Constantine.</i>	65
Figure 3.1	<i>Solarium, espace d'agrément ouvert sur la nature.</i>	69
Figure3.2	<i>Véranda modifiée. (J. D. Balcomb, 2007)</i>	72
Figure 3.3	<i>Performance de la toiture opaque du sunporche. (Source</i>	73
Figure 3.4	<i>Typologie simplifiée des vérandas selon son rapport à la construction. (source modifiée par auteur)</i>	74
Figure 3.5	<i>ventilation naturelle par l'atrium. Source</i>	75
Figure3.6	<i>Vue en plan d'une véranda froide (à gauche), chaude à droite. (O. Sidler, 2000)</i>	76
Figure3.7	<i>Préchauffage de l'air de ventilation par la serre. (source Tareb)</i>	77
Figure 3.8	<i>la portion d'énergie selon le type de verre utilisé. (Q. Babcock and S.Irving, 2006)</i>	78
Figure3.9	<i>Le soleil bas d'hiver pénètre pour chauffer la maison. Pendant l'été, le soleil haut frappe le toit des maisons, réduisant le gain de la chaleur</i>	81
Figure3.10	<i>Mur trombe interne. Source auteur.</i>	86
Figure 3.11	<i>effet tampon (tareb, 2007)</i>	88
Figure 3.12	<i>conductance d'un édifice avec espace tampon, (schéma basé sur explication de P. Lavigne.</i>	90
Figure 3.13	<i>Flux de chaleur dans une maison liée à une véranda. (Q. Babcock, 2007).</i>	91
Figure 3.14	<i>fonctions de la véranda, selon l'alternance jour et nuit.</i>	92
Figure 3.15	<i>Choix du type de protection en fonction de l'orientation. Source</i>	96
Figure 3.16	<i>Ventilation par effet thermosiphon (Martin Andra,)</i>	98
Figure4.2	<i>Consommation annuelle de l'énergie électrique avant et après utilisation du système solaire passif. (UU, SLR, Proposed method : sont des méthodes d'analyses thermiques. (G. C. Bakos, 2003)</i>	101
Figure 4.1	<i>Le bâtiment simulé lié à la véranda. (G. Mihalakakou, 2002).</i>	103
Figure 4.3	<i>Gain de température par la serre, espace réducteur de besoin chauffant.(Martin Liddament.2006).</i>	104
Figure4.4	<i>Le bloc de "Libellules" dans son état réel [à gauche], transformé [à droite] (Reto Camponovo, et coll, 2006).</i>	105
Figure 4.5	<i>Economie en énergie réalisée par fermeture de balcons et utilisation de vitrage à faible émissivité.(Boonstra, 2006).</i>	106
Figure 4.6	<i>Forte inertie - Fréquences cumulées des températures au cours du mois de juillet 1999. source cabinet sidler.</i>	107
Figure 4.7	<i>Proportion de 100% du vitrage de séparation.</i>	112
Figure 4.8	<i>Configurations du volume vitré considéré, avec rapport surface vitrée sur opaque. (Oliveti et coll, 2005).</i>	115
Figure 4.9	<i>Les cinq formes de toitures étudiées. (R. Gupta et N.Tiwari, 2004. adapté par auteur).</i>	117
Figure 4.10	<i>. Valeur de la fraction solaire pondérée pour un jour typique pour les cinq formes prédéfinies. (R. Gupta et N.Tiwari, 2004).</i>	118
Figure 4.11	<i>Températures dans une serre sans occultation pendant un jour chaud de juillet.(M. Janak, consulté en 2007).</i>	119

Figure 4.12	<i>Température dans une serre avec moyens de contrôle solaire appliqués pendant jour chaud de juillet.</i>	120
Figure 4.13	<i>La distribution ambiante de la température de l'air dans le bâtiment, pendant un jour représentatif de juillet (G. Mihalakakou, 2002).</i>	121
Figure 4.14	<i>A gauche : vue générale du Village "3 solaire Pefki", à droite vue des serres sur la façade sud des logements. (B. Croxford, et coll, 200).</i>	124
Figure 4.15	<i>Véranda : utilisation des ouvertures sur l'extérieur. source Enertech, 2004.</i>	125
Figure 4.16	<i>Séjour : utilisation de la porte-fenêtre sur la véranda. (enertech,2006).</i>	126
Figure 4.17	<i>Températures du séjour pour différents comportements des usagers. (ENERTECH,2006).</i>	127
Figure 4.18	<i>Opération hivernale des serres opposées. (J. Owen Lewis , 1997).</i>	128
Figure 5.1	<i>Situation de la ville de Constantine. (Encarta, 2005).</i>	131
Figure 5.2	<i>Courbes de température moyenne mensuelle –Période 1995-2005. (O.N.M, 2007)</i>	133
Figure 5.3	<i>Courbes d'humidité moyenne mensuelle –Période 1995-2005. (O.N.M, 2007).</i>	134
Figure 5.4	<i>Courbe d'Humidité relative moyenne (%) en bleu, courbe de Température moyenne mensuelle en rouge –Période 1995-2005. (O.N.M, 2007).</i>	134
Figure 5.5	<i>évolution de l'humidité relative moyenne entre les périodes : 1990-2000 et 1995-2005. (O.N.M, 2007).</i>	135
Figure 5.6	<i>Direction et intensité moyenne du vent. Période 1995-2005. (O.N.M, 2007).</i>	136
Figure 5.7	<i>Précipitations (mm), période 1995-2005. (ONM, 2007).</i>	137
Figure 5.8	<i>Position du soleil (de bas en haut) au solstice d'hiver, aux équinoxes et au solstice d'été dans la région de Constantine. (Léonardo, réadapté par auteur).</i>	137
Figure 5.9	<i>Insolation moyenne pour la région de Constantine. 1995-2005, (O.N.M, 2007).</i>	139
Figure 5.10	<i>Barrage Béni-Haroun. (coyne-et-bellier, 2008)</i>	142
Figure 5.11	<i>Carte Bioclimatique d'Olgays. (J. M. Evans, 2007).</i>	145
Figure 5.12	<i>Carte psychométrique de S. SZokolay. Les nombres de 1 à 12 représentent les douze mois de l'année.</i>	147
Figure 5.13	<i>Situation du site d'investigation. Vue aérienne. (google maps, 2007).</i>	150
Figure 5.14	<i>Organisation générale à caractère éclaté du site d'investigation. (service technique. CNEP. réadapté par auteur).</i>	152
Figure 5.15	<i>Organisation spatiale de la cellule d'investigation à loggia vitrée.</i>	153
Figure 5.16	<i>Vues sur les liaisons loggia- espaces adjacents (A et B), loggia-extérieur (C).</i>	154
Figure 5.17	<i>Fermeture de la loggia par du verre monté sur une structure métallique.</i>	155
Figure 5.18	<i>Appareillage utilisé dans le prélèvement des valeurs de températures et de l'humidité de l'air.</i>	163
Figure 6.1	<i>Variation horaire de la température dans une cellule témoin (CTs) orientée au sud.</i>	168
Figure 6.2	<i>Pourcentage de temps ou la température du séjour lié à la loggia témoin se situe dans les limites du confort, vis-à-vis de la durée totale du suivi expérimental.</i>	169
Figure 6.3	<i>Variation horaire de la température dans une cellule à loggia vitrée (CVs) orientée au sud.</i>	169
Figure 6.4	<i>Pourcentage de temps ou la température du séjour lié à la loggia vitrée se situe dans les limites du confort, vis-à-vis de la durée totale du suivi expérimental.</i>	171
Figure 6.5	<i>Variation horaire de la température entre loggia témoin et loggia vitrée orientées au sud.</i>	172
Figure 6.6	<i>Variation horaire de la température entre les deux séjours orientés au sud.</i>	173
Figure 6.7	<i>Pourcentage de temps ou la température du séjour CVs est supérieure à celle du séjour CTs, vis-à-vis de la durée totale du suivi expérimental.</i>	173

Figure 6.8	<i>Variation horaire de la température dans une cellule témoin (CTo) orientée à l'Ouest.</i>	180
Figure 6.9	<i>Variation horaire de la température dans une cellule à loggia vitrée (CVo) orientée à l'ouest.</i>	181
Figure 6.10	<i>Variation horaire de la température entre les deux séjours orientés à l'Ouest.</i>	182
Figure 6.11	<i>Variation horaire de la température entre loggia témoin et loggia vitrée orientées à l'Ouest.</i>	183
Figure 6.12	<i>Correction des ponts thermiques au niveau des liaisons entre panneaux par les usagers des logements du site d'investigation.</i>	186
Figure 6.13	<i>Variation horaire de la température dans une cellule témoin (CTs) orientée à l'Est.</i>	188
Figure 6.14	<i>Variation horaire de la température dans une cellule à loggia vitrée (CVe) orientée à l'est.</i>	189
Figure 6.15	<i>Variation horaire de la température entre loggia témoin et loggia vitrée orientées à l'Est.</i>	190
Figure 6.16	<i>Comparaison entre la température du séjour lié à la loggia témoin (CTe) et celui lié à la loggia vitrée (CVe), pour la durée totale du suivi expérimental.</i>	190
Figure 6.17	<i>Variation horaire de la température entre le séjour liée à la loggia vitrée et le séjour témoin, orientés à l'Est.</i>	191
Figure 6.18	<i>Variation horaire de la température dans une cellule témoin (CTs) orientée au Sud.</i>	194
Figure 6.19	<i>Variation horaire de la température dans une cellule à loggia vitrée (CVs) orientée au sud.</i>	195
Figure 6.20	<i>Variation horaire de la température entre loggia témoin et loggia vitrée orientées au sud.</i>	196
Figure 6.21	<i>Pourcentage de temps où la température du séjour de la CVs est supérieure à celle du séjour témoin, à gauche vis-à-vis de la durée totale du suivi expérimental, à droite vis-à-vis de la période diurne.</i>	198
Figure 6.22	<i>Variation horaire de la température entre les deux séjours orientés au sud.</i>	199
Figure 6.23	<i>Variation horaire de la température dans une cellule témoin (CTo) orientée à l'Ouest.</i>	200
Figure 6.24	<i>Variation horaire de la température dans une cellule à loggia vitrée (CVo) orientée à l'ouest.</i>	202
Figure 6.25	<i>Variation horaire de la température entre loggia témoin et loggia vitrée orientées à l'Ouest.</i>	203
Figure 6.26	<i>Variation horaire de la température entre le séjour lié à la loggia vitrée et le séjour témoin orientés à l'Ouest.</i>	205
Figure 6.27	<i>Variation horaire de la température dans une cellule témoin (CTs) orientée à l'Est.</i>	207
Figure 6.28	<i>Variation horaire de la température dans une cellule à loggia vitrée (CVe) orientée à l'Est.</i>	208
Figure 6.29	<i>Variation horaire de la température entre loggia témoin et loggia vitrée orientées à l'Est.</i>	209
Figure 6.30	<i>Variation horaire de la température entre le séjour lié à la loggia vitrée et le séjour témoin, orientés à l'Est.</i>	210
Figure 7.1	<i>L'indice de formes des éléments constructifs.</i>	217
Figure 7.2	<i>Composition d'une paroi du bâtiment simulé.</i>	219
Figure 7.3	<i>Définition d'un composant élémentaire formant le système.</i>	219
Figure 7.4	<i>Relations fonctionnelles entre différents paramètres (auteur).</i>	221
Figure 7.5	<i>Modèle d'une maison dont la demande annuelle de chauffage est simulée par Derob-LTH. Source Helena Bülow-Hübe. 2001</i>	225
Figure 7.6	<i>vues sur les volumes de la cellule, position de la cellule objet d'étude dans l'ensemble.</i>	228
Figure 7.7	<i>fichier climatique, relatif au jour type du 06 février de l'année 2007.</i>	229
Figure 7.8	<i>Fichier climatique, relatif au jour type du 05 de l'année 2007.</i>	229
Figure 7.9	<i>Validation du programme Derob-LTH faite pour une orientation Ouest, pour le jour type du 05/07/2007.</i>	230
Figure 7.10	<i>Variation de la température de l'air dans le séjour lié à la loggia vitrée, pour le jour type chaud du 05/07/2007.</i>	231

Figure 7.11	Variation de la température de l'air dans le séjour lié à la loggia vitrée, pour le jour type froid du 06/02/2007.....	232
Figure 7.12	Variation de la température de l'air dans le séjour lié à la loggia vitrée, pour le jour type chaud du 05/07/2007.....	233
Figure 7.13	Variation de la température de l'air dans le séjour lié à la loggia vitrée, pour le jour type froid du 06/02/2007.....	233
Figure 7.14	Température de l'air dans le séjour, pour les deux cas. À gauche pour un jour type chaud, à droite pour un jour type froid.....	234
Figure 7.15	effet de l'augmentation de la surface ouvrante du vitrage sur la température de l'air de l'espace adjacent.....	235
Figure 7.16	Effet de la ventilation constante sur la température de l'air de l'espace adjacent.....	236
Figure 7.17	Effet de la ventilation transversale conjuguée à une ventilation nocturne sur la température de l'air de l'espace adjacent.....	236
Figure 7.18	Effet de la variation de la profondeur de l'auvent sur la température de l'air de l'espace lié à la loggia vitrée. Pour un jour type chaud.....	237
Figure 7.19	Effet de la variation de la profondeur de l'auvent sur la température de l'air de l'espace lié à la loggia vitrée. Pour un jour type froid.....	237
Figure 7.20	Effet de l'occultation diurne de la paroi vitrée sur la variation de la température de l'air en période chaude.....	238
Figure 7.21	Effet de l'occultation nocturne de la paroi vitrée sur la variation de la température de l'air en période froide.....	239
Figure 7.22	Effet de l'isolation de la paroi de liaison sur la variation de la température de l'air en période froide.....	239
Figure 7.23	Effet de l'isolation de la paroi de liaison sur la variation de la température de l'air en période chaude.....	240
Figure 7.24	Effet de la présence de la loggia vitrée sur la température de l'espace contigu en période chaude.....	241
Figure 7.25	Effet de la présence de la loggia vitrée sur la température de l'espace contigu en période froide.....	241
Figure 7.26	Ecart de la température entre la loggia vitrée et l'air extérieur en période chaude.....	242
Figure 7.27	Ecart de la température entre la loggia vitrée et l'air extérieur en période froide.....	242

Liste des tables

Table 1.1	<i>Consommation d'énergie dans les locaux et pour l'eau chaude sanitaire avant la rénovation.</i>	28
Table 1.2	<i>Bénéfices attendus par le projet de réhabilitation de Vorselaar en Belgique.(synpack,2007).</i>	29
Table 1.3	<i>demande d'énergie primaire et économies d'énergie des différents ensembles de mesures de synergies.</i>	29
Table 1.4	<i>Energie moyenne reçue dans les différentes régions du pays. (M. E M, 2008).</i>	33
Table 2.1	<i>gains de chaleur par différents types de verre. (B.Givoni, 1978)</i>	54
Table 2.3	<i>Caractéristiques relatives aux différents types de vitrage. (Guide P. C.R.R, 2007).</i>	56
Table 2.4	<i>Dimensionnement des auvents et flancs pour les trois orientations principales.</i>	65
Table 2.5	<i>l'évaluation de la performance de la loggia (cas d'étude), comme moyen d'occultation de l'espace séjour.</i>	66
Table 3.1	<i>Efficacité énergétique réalisée selon le type de vérandas.</i>	76
Table 3.2	<i>consommation énergétique par ajout d'une véranda pour Nice et Carpentras.</i>	79
Table 3.3	<i>Epaisseur du mur de stockage selon le matériau de construction</i>	85
Table 4.1	<i>Amélioration de la performance thermique du bâtiment employant la véranda. (G. Mihalakakou, 2002).</i>	104
Table 4.2	<i>Réduction de la demande annuelle de chauffage de et de refroidissement, selon différentes orientations (T. Kesik et M. Simpson, 2004. Adapté par auteur).</i>	109
Table 4.3	<i>Orientation sud. Moyennes mensuelles des valeurs du coefficient d'absorption fonction des variations de f et w pour toutes les configurations. (G. Oliveti et coll, 2005).</i>	116
Table 4.4	<i>valeurs de températures intérieures pour un jour représentatif de la période chaude. (G. Mihalakakou, 2002. résumé par auteur)</i>	120
Table 4.5	<i>différence maximale entre la température à l'intérieur d'un bâtiment associé à une serre, et d'un autre similaire pour. (résumé auteur)</i>	122
Table 5.1	<i>Caractéristiques physiques de la position solaire et durée du jour dans la région de Constantine (Léonardo, 2007).</i>	138
Table 5.2	<i>Classification climatique. La note (x) indique des saisons courtes aux conditions définies, ou les variations possibles de climat. (J. M. Evans,2007).</i>	140
Table 5.3	<i>Séquences de temps du suivi expérimental de la période de chauffe.</i>	164
Table 5.4	<i>Séquences de temps du suivi expérimental de la période de refroidissement.</i>	165
Table 6.1	<i>Caractéristiques principales des parois de la loggia.</i>	177
Table 6.2	<i>Résultats du suivi expérimental relatifs à la saison froide pour une orientation Sud.</i>	179
Table 6.3	<i>Résultats du suivi expérimental relatifs à la saison chaude.</i>	211
Table 7.1	<i>Modules du programme Derob-Lth.</i>	216
Table 7.2	<i>Résultats des simulations des quatre programmes pour un facteur d'absorption $\alpha=20\%$ (résumés par auteur).</i>	223
Table 7.3	<i>Différents cas d'étude.</i>	231
Table 7.4	<i>Détermination du cas de la loggia vitrée favorisant un rendement thermique optimal.</i>	232
Table 7.5	<i>Détermination du cas de la loggia vitrée favorisant un rendement thermique optimal.</i>	233
Table 7.6	<i>Récapitulation de l'étude de confort thermique dans les deux loggias en période froide</i>	244

Table 7.7	Récapitulation de l'étude de confort thermique dans les deux séjours en période froide.....	245
Table 7.8	Récapitulation de l'étude de confort thermique dans les deux loggias en période chaude.....	246
Table 7.9	Récapitulation de l'étude de confort thermique dans les deux séjours en période chaude.....	247
Table 7.10	Caractéristiques du modèle de la loggia vitrée retenu.	248
Table 7.11	L'apport thermique du modèle de la loggia vitrée retenu.	249

Introduction générale

Introduction

Appliqué au logement, à l'architecture et à l'urbanisme, le concept de développement durable remet en cause les pratiques usuelles de construction, gaspilleuses en énergie et en espaces. Il répond aux défis de notre société confrontée à la pénurie annoncée des énergies fossiles.

La construction durable commence très en amont par une réflexion préalable s'inscrivant dans un souci d'aménagement du territoire. Les matériaux comme les techniques utilisées dans la construction d'un logement doivent répondre à cette préoccupation environnementale¹. L'énergie solaire, qui est devenue de plus en plus significative attrayante et rentable², est l'une des meilleures applications de la construction durable.

Les aspirations à une meilleure qualité de vie évoluent à mesure que s'élève le niveau de vie d'un pays et que de nouvelles technologies ou de nouveaux matériaux apparaissent sur le marché. Il apparaît légitime en ce début de troisième millénaire de vouloir vivre dans des

¹ Rapport Conseil économique et social. France. Le logement de demain pour une meilleure qualité de vie. 2005. [en ligne] www.ces.fr

² M.K. Deshmukha, S.S. Deshmukhb. *Modeling of hybrid renewable energy systems*. Renewable and Sustainable Energy Reviews. Volume 12. p 235–249. 2008

logements plus spacieux, et plus sains¹. Ces nouvelles exigences doivent s'inscrire dans une démarche de développement durable, tant par sa consommation énergétique que par les matériaux de construction.

La situation actuelle du logement dans notre pays exige qu'il faut construire pour loger dans l'immédiat la tranche de population défavorisée, mais l'urgence ne doit pas conduire à reproduire les habitations qui ont fait preuve d'échec en matière de réponse aux exigences des habitants.

Dans le cadre de ces projets, les espaces sont conçus selon les perspectives des professionnels plutôt que sur la base d'une vraie compréhension des modes de vie des habitants², qui se sont de leur propre initiative, lancés dans des modifications et des extensions visant à mieux adapter leurs logements à leurs besoins. Ces changements ont totalement transformé certains développements résidentiels aussi bien en Algérie que dans d'autres pays, tels que l'Égypte³, et le Maroc.⁴

Le phénomène de la transformation du logement social par les usagers a été observé dans nombre de pays au cours de la dernière décennie. Il illustre la façon par laquelle les habitants ont réagi face à un environnement qui leur a été imposé par les gouvernements.

Les observations ont porté sur la participation des habitants après acquisition de logements à personnaliser leurs demeures, et l'usage de solutions qui répondent à leurs aspirations parmi lesquelles, l'aménagement de terrains entourant les immeubles en cour polyvalente en rangement, en jardin, ou en garage, l'édification de volumes sur les terrasses, l'aménagement des sous-sol, la conversion des chambres de rez de chaussée en locaux de commerce, et l'agrandissement de la surface habitable, à travers la fermeture des balcons par un vitrage.

¹ Rapport Conseil économique et social. France. Le logement de demain pour une meilleure qualité de vie. 2005. [en ligne] www.ces.fr

² *L'architecture des pauvres au pays des pharaons*. [En ligne] www.acfas.ca/congres/congres68/C2617.HTM. Année 2000.

³ J.C Depaule et S. Noweir. *Nouveau Balcons au Caire. Les relations de l'intérieur et de l'extérieur dans l'habitat populaire*. Ecole d'architecture et d'urbanisme de Versailles. Paris.

⁴ Letizia Capannini. *Habitat collectif méditerranéen et dynamique des espaces ouverts*.

Cas d'étude en Europe et en Afrique du Nord (1945-1970). Laboratoire ACS-Université de Paris VIII. [en ligne] www.argonautes.fr

Ainsi en examinant de plus près les modifications établies par les habitants, à partir d'une étude de cas approfondie (cité ci-dessus), on pourra évaluer l'impact des transformations sur le confort thermique dans les logements.

Problématique

Notre pays vit une véritable crise du logement. C'est ainsi que, chaque année, on assiste à une demande additionnelle de 120.000 logements avec un taux d'occupation qui dépasse la norme, des logements étroits et surpeuplés¹. Toutefois l'ampleur du déficit en matière de logement ne doit pas aboutir à consentir les efforts sur l'aspect quantitatif de la question uniquement, mais sur l'aspect qualitatif également, en effet il est très important de se poser la question pour qui on construit ?

Haumont² avance qu'on ne peut pas demander à l'habitant de s'adapter à un logement qui lui est attribué sans tenir compte de ce que signifie pour lui le fait d'habiter.

Le logement social en Algérie subit des transformations par les habitants, qui ont un objectif selon J Depaule et S Noweir³, de satisfaction des besoins sociaux, culturels, économiques ou une recherche de sécurité. C'est ainsi que le logement qui initialement était un objet livré fini, est devenu par ces pratiques un objet hiérarchisable.

La façon d'agir quant à elle et le matériau utilisé dépendent de la situation financière du ménage. Ainsi, le parapet du balcon, construit à l'origine en barres d'acier, est remplacé par un mur en brique, une tôle ou un tissu opaque⁴.

La modification du logement social par ses occupants est loin d'être négligeable, en effet, de l'extérieur, on remarque que plusieurs balcons ont été modifiés. Incités par une économie d'espace les habitants ferment totalement ces balcons, qui deviennent partie intégrante de l'espace intérieur des logements, faisant agrandir le volume habitable ou remplacer des pièces qui faisaient défaut. L'usage que chaque famille en fait, dépend de ses besoins.

¹ Conseil National Economique et Social. *Rapport sur le logement social*. [en ligne] www.cnes.com

² *Habitat et modèles culturels, revue française de sociologie IX Paris*. Du mémoire de magister. Farida Zarour 2002 la dimension sociale et les tendances architecturales de l'habitat entre texte législation et réalités sociales, cas de grands ensembles à Constantine.

³ J.C Depaule et S. Noweir. *Nouveau Balcons au Caire. Les relations de l'intérieur et de l'extérieur dans l'habitat populaire*. Ecole d'architecture et d'urbanisme de Versailles. Paris.

⁴ *User Transformation of Public Housing Projects in Egypt*. www.acfas.ca/concours/eureka98/architecture.html. published. 1995

Une visite à l'intérieur des logements permet de mieux saisir la diversité des activités qui existent, extension du séjour, balcon converti en cuisine...

Les usagers des logements sociaux, recourent à la fermeture des balcons avec du vitrage sans aucune réflexion sur l'impact de ces modifications sur les situations de confort qu'ils ressentiront plutard, ni pour autant sur la consommation de l'énergie et la facture qu'ils devraient payer suite à ces pratiques. Sachant qu'une bonne conception initiale permet de réduire de 70% les besoins d'énergie, les impacts environnementaux et les coûts de chauffage.¹ Peu d'entre eux savent qu'un balcon participe à établir le confort, il sert de zone tampon entre l'intérieur et l'extérieur évite les courants d'air et économise de l'énergie. Il se comporte comme une isolation thermique complémentaire, diminue les pertes de chaleur en hiver et protège l'intérieur du rayonnement solaire en été, mais que devient le confort thermique après fermeture de cet espace tampon par du vitrage ?

Malgré les progrès techniques réalisés depuis une vingtaine d'années sur les propriétés thermiques et optiques des vitrages. On constate souvent des défauts dans les espaces vitrés qui nuisent au confort des occupants et entraînent un gaspillage d'énergie, en particulier le phénomène de surchauffes fréquentes en été².

En se referant à l'étude bioclimatique de la ville de Constantine, et aux tables de Mahonne, qui recommandent une taille moyenne des ouvertures, on pourra déduire la nécessité d'une étude approfondie pour pouvoir adapter ce système (loggia vitrée) à un climat caractérisant une région comme celle de Constantine, où les contraintes climatiques sont les plus fortes ;et par conséquent la négligence d'un seul facteur climatique suffit alors à détériorer les conditions de confort à l'intérieur de l'espace.

La qualité de l'ambiance intérieure et la nécessité d'assurer un confort aux occupants, ainsi que l'économie de l'énergie nous ont poussé à nous interroger sur les paramètres qui interviennent dans la conception de la loggia vitrée. Il s'agit ici de qualifier ce dispositif en termes d'ambiances et de déterminer les influences qu'il exerce sur l'espace intérieur, afin de légitimer son rôle dans la recherche du confort thermique, et de l'adapter aux conditions climatiques de la région étudiée.

¹ *Définition de cibles de conception pour les logements sociaux dans le contexte du développement durable en Turquie.* Étude de cas à Konya. CANAN %20 F. [En ligne] CANAN %20 F.

² Myriam Humbert. *Impact des paramètres de conception sur le confort d'été.* Thèse de doctorat. 2002.

OBJECTIFS

L'objectif principal visé dans le cadre de ce travail, est de trouver pour la loggia vitrée les caractéristiques thermiques les plus adéquates dans le but d'une amélioration des conditions de confort des locaux adjacents, et de faire de son volume vitré un élément architectural de valeur pour l'année entière, et l'obtention également d'un niveau de confort thermique convenable, en ayant une économie énergétique optimale.

Par rapport aux économies d'énergie, les préoccupations sont liées à la protection solaire maximale en été pour éviter les surchauffes; et au profit maximal du soleil en hiver. Nombre de fins sont visées par cette étude :

- 1- Réduire l'effet de serre et l'îlot de chaleur qui menace notre planète, en concevant une véranda sur la base des principes de la bioclimatique, et des caractéristiques climatiques de la région.
- 2- Etant bien conçue, la véranda est une solution du développement durable. Ouverte à l'extérieur, elle approvisionne la maison en air et en lumière solaire, favorise un certain bien être de se trouver à proximité de la nature, économise l'énergie pour le pays et réduit les dépenses pour l'habitant.
- 3- La réponse aux exigences sociales et culturelles des familles qui habitent ces logements par une amélioration des performances de cet espace vitré.
- 4- Porter une solution pour de nouveaux projets, et définir les paramètres de base pour une conception optimale de vérandas dans la région étudiée.
- 5- Porter une solution de réhabilitation durable des habitations déjà existantes par intégration de vérandas qui répondent aux exigences contradictoires des deux saisons froide et chaude.

HYPOTHESES

L'hypothèse de la recherche est que la grande baie vitrée de la loggia est à l'origine d'un confort diurne en hiver, de grandes déperditions nocturnes et d'un inconfort thermique en été, mais avec des mesures de contrôle: en jouant sur l'orientation de la paroi vitrée ; la proportion du vitrage, et la masse de stockage, l'architecture peut trouver la réponse dans une perspective de développement durable. Trois hypothèses sont à vérifier :

- 1- la loggia vitrée est un espace tampon favorisant le confort en période hivernale.
- 2- la loggia vitrée peut être source de surchauffe et d'inconfort en été.
- 3- Une orientation Sud est la meilleure pour un gain de chaleur en hiver et une protection solaire en été.

METHODOLOGIE

La méthodologie suivie pour vérifier les hypothèses émises, et atteindre les objectifs tracés repose sur deux outils de recherche ; « l'investigation » à travers les mesures in situ, et « la simulation » par un programme informatique.

L'investigation va se tenir sur deux périodes représentatives de la saison froide et chaude, afin de vérifier l'impact de la loggia vitrée et de son orientation sur le confort thermique des espaces adjacents. Pour ce faire nous avons choisi deux orientations:

- Orientation ouest. (Orientation critique)
- Orientation sud.
- Une approche comparative sera adoptée afin d'analyser les résultats des mesures enregistrés dans les logements modifiés et ceux qui ont gardé leur état initial.

Un thermographe et un hygrographe permettront à cette campagne de mesures, de se tenir sur trois jours de la période estivale et une durée similaire de la période hivernale.

La simulation aura pour rôle de choisir les solutions permettant d'obtenir le confort pendant les deux saisons, hivernale et estivale. À travers :

La détermination de la portion transparente de la paroi extérieure de la loggia vitrée.

La détermination de la masse de stockage thermique.

La détermination de la surface ouvrante du vitrage.

Augmentation de la ventilation.

Placement d'occultations fixes et mobiles.

STRUCTURE DU MEMOIRE

Ce mémoire est présenté dans 7 chapitres, précédés par une introduction et suivis d'une conclusion.

Le premier chapitre expose les modifications du cadre bâti entreprises par les habitants même sur le logement. Une partie théorique constituée de trois chapitres synthétise les connaissances des recherches dans le domaine. La partie pratique : englobe l'étude climatique, la campagne de mesures et la simulation (organigramme)

Chapitre 1 : De l'habitat d'hier vers l'habitat de demain

1.1 Introduction

La carence quantitative en logements, que vivent plusieurs pays en voie de développement est à l'origine d'une évolution d'un type d'habitat venant au secours d'une classe moyenne ou démunie de la population qui doit être vite hébergée. Il s'agit de l'habitat social à matériaux bon marché, de mauvaise isolation thermique et phonique, à plans et procédés de construction économiques, à disposition mal étudiée, et dont les conséquences se répercutent directement sur les besoins de chauffage de climatisation, de ventilation, d'éclairage, de protection solaire ou de protection acoustique.

L'habitant, après acquisition de son nouveau logement se trouve dans une situation d'embarras, comment l'adapter à ses besoins. Ce logement reçu achevé, devient alors un terrain de modifications et de transformations.

L'étude de ces transformations indique une pratique courante qui est la fermeture des balcons faite par les habitants, sans considération de sa répercussion sur l'environnement et la consommation énergétique ; au moment ou une approche de rénovation et d'amélioration de l'enveloppe de bâtiment, encouragée par les experts de chauffage et de la bioclimatique, devient une pratique très répandue dans le monde.

1.2 Situation du secteur de l'habitat

Pendant que l'habitat évolue sur le plan de confort interne et externe, dans les pays industrialisés, la problématique de l'habitat en Algérie s'aggrave et reste qualifiée par la dégradation du cadre de vie, et l'insatisfaction grandissante des besoins primaires¹. L'accroissement rapide de la population, accompagné d'un exode massif des zones rurales vers les villes, est à l'origine des carences et des dysfonctionnements dans plusieurs secteurs y compris l'habitat.

¹ Louisa Amireche, 2001. Problématique d'habitat dans les grandes villes entre colonisation d'hier et la mondialisation: le cas d'Alger. Université Houari Boumediene, Algérie. Conférence in Malta. Géographies of

1.2.1 Evaluation de l’habitat sur le plan quantitatif

Diverses observations et diagnostics mettent le doigt sur une production de logements nettement inférieure à la demande; en effet la présence d’habitat insalubre, l’édification sur des terrains à propriété mal définie et une dégradation accélérée du parc existant font que chaque année, un nombre difficilement chiffrable de personnes à loger est pointé.

La carence en logements et l’ampleur des défis qu’il y a lieu de relever ont été signalés par le ministère de l’habitat et de l’urbanisme : " Un déficit de 600.000 logements pour parvenir à un taux d'occupation de cinq personnes par logement, auquel s'ajoutent 500.000 logements précaires à démolir, soit un total de 1,1 million de logements¹".

Selon les données avancées par la même source,² l’occupation des logements est excessive. La surface habitable est de 8m² par occupant, elle est inférieure à la norme minimale de 10m² par personne.

Quant au taux d'occupation moyen par logement (TOL) qui reflète la structure familiale typique de la société algérienne, il est estimé à 10 pour un nombre de population de 20 Millions, et dépasse la norme admise fixée à 5 personnes par logement. Pendant que seulement 6 à 7 millions d’habitants occupent des logements avec un TOL de 3,9³.

L’état conscient de l’ampleur de cette crise, s’est engagé à créer des conditions acceptables d’accès au logement, pour les ménages dont les revenus ne permettent pas l’accès à la propriété, pour les populations touchées par les catastrophes, et les habitants des bidonvilles et des logements vétustes.

Trois objectifs concernant ce domaine sont fixés: la solution à l’accroissement de besoin en logement, la résorption des bidonvilles et la décongestion des médinas.

¹ *Journée Parlementaire sur L'habitat*. 22 juin 2004. [En ligne] www.apn-dz.org/apn/french/activ_com/com

² [En ligne] Ministère de l’habitat et de l’urbanisme. *Rapport sur le Projet de Stratégie Nationale de l'Habitat*.

³ Commission Population et Besoins Sociaux. 1995. *Rapport sur le logement social*. IVème session plénière.

1.2.2 Evaluation de l’habitat sur le plan qualitatif

Le logement social est le résultat direct de l’engagement étatique à résoudre le problème de pénurie en logements. Il a connu une évolution et un passage par plusieurs formes, le logement social promotionnel, le logement évolutif, le logement participatif pour arriver à sa dernière formule qui est la location vente.

Les contraintes financières ont fait que les mêmes plans standard soient répondus dans les régions très diversifiées du pays. Conçu sur la base de préoccupations techniques, constructives et économiques, le logement social est souvent inadapté au mode de vie des occupants et aux caractéristiques climatiques locales. Selon Farida Naceur¹, Il est marqué par la présence d’un urbanisme fonctionnaliste européen, ignorant les réalités concrètes et les pratiques des occupants.

L’accentuation des efforts sur le coté quantitatif, a occulté le côté qualitatif de la question. Les dégagements, et les pièces de vie ont subi une diminution de surface qui, accompagnée d’un TOL élevé est loin de répondre aux attentes des locataires. L’ambiguïté des espaces est devenue par suite un facteur commun dans le logement collectif. La chambre est mutée en espace polyvalent. La cuisine, n’a plus un rôle dans les préparations culinaires uniquement, elle vient d’accueillir en plus de ses équipements habituels, une table à manger, parfois une machine à laver, et ou dans certains cas un matelas pour dormir la nuit. Un nouveau problème surjet, c’est celui de l’adaptation que les acquéreurs vont chercher à réaliser par une appropriation la plus adéquate de l’espace.

¹Farida Naceur, 2001. *L’impact de la conception architecturale sur la dégradation des cités d’habitat* : **Z.H.U.N.** Université de Biskra, Batna, Algérie. Conférence in Malta. Geographies of the Euro-Arab Encounter: Past, Present, and Future. . [En ligne] http://users.fmg.uva.nl/vmamadouh/awg/malta_report

1.3 L'appropriation et le marquage des espaces dans l'habitat collectif

V. Veschambre¹ reporte la définition de Brunet et Alii du marquage : « le marquage Symbolique de l'espace est destiné à signaler une appropriation », c'est une attitude connue chez tous les habitants du collectif et de l'individuel.

Le marquage est la réaction de l'individu à cette uniformité imposée par les plans standard, les façades, l'organisation spatiale, et l'architecture. Selon F. Zarour², « l'habitat collectif des grands ensembles à Constantine se révèle incohérent et inadapté à toutes les catégories sociales composant la société algérienne : l'habitant ne trouve guère dans les logements proposés, les espaces répondant à son mode de vie. »

En effet les techniques et les modèles architecturaux et urbains importés, ou établis selon une grille fonctionnelle similaire à celle utilisée en Europe, sont à l'origine de la situation d'embarras et d'inconfort, qui pousse les usagers du logement social à agir pour l'adapter ou s'y adapter par les moyens dont ils disposent.

L'appropriation de l'espace dépend d'un certain nombre de paramètres associés au mode de vie propre à chaque famille, à sa taille, à son évolution dans le temps, aux conditions socio-économiques, et aux contraintes architecturales (dimensions des pièces, disposition et relation entre différents espaces, rapport avec l'extérieur).

Les espaces communs font aussi l'objet de l'appropriation individuelle et collective de l'espace ; les jeunes habitants s'approprient un nombre illimité d'espaces et les aménagent en des lieux de vie ou de commerce informel, les détournant ainsi de leur fonction d'origine : de repos, de jeu, de passage, etc. (Figure 1.1).

¹ Vincent Veschambre. Appropriation et marquage symbolique de l'espace : quelques éléments de réflexion. Carta - université d'Angers.

² Farida Zarour. 2002. *la dimension sociale et les tendances architecturales de l'habitat entre texte législation et réalités sociales, cas de grands ensembles à Constantine*. Mémoire de magister. Université de Constantine



Figure 1.1 *Appropriation de l'espace public Santa Anita. Mexico. (R.P.Lopez, 2007)*¹

Jn-C. Depaule et S. Noweir² ont relevé une similarité dans l'appropriation de l'espace dans plusieurs pays, ils ont évoqué quelques pratiques féminines dans l'usage des espaces en commun et en donnent un exemple que partagent l'Algérie et le Caire: le matin, les balcons, les cages d'escaliers et les seuils des immeubles, se transforment en lieux de rencontre et d'activités communes. Les femmes tout en discutant procèdent à des activités de lavage de nettoyage et de préparation culinaires. Pour de raisons d'intimité, cette appropriation collective est interrompue au retour des hommes à leurs domiciles, les cages d'escaliers deviennent le territoire de jeu des enfants, les balcons regagnent leur fonction d'étalage de linge et de relation entre extérieur et intérieur réduite à son strict minimum.

Entre adaptation aux besoins et appropriation du « chez-soi » à caractère souple et passager se situe un phénomène de transformations et d'extension rigide et permanent. C'est là qu'on assiste à une architecture sans architectes, et parfois à un bon savoir faire. En effet, les citoyens ont appris à habiter dans ce que l'état ou les promoteurs privés leur proposent : cités, cages à lapins, tours de plusieurs dizaines d'étages, où anonymat et grisaille règnent en maître.³

¹ Ruth .Perez .Lopez. *S'approprier la ville : pratiques spatiales des jeunes de la rue à Mexico* in "C'est ma ville!", l'Harmattan. Consommations & Sociétés n°7. 2005. [en ligne] www.argonautes.fr

² J.C Depaule et S. Noweir. *Nouveau Balcons au Caire. Les relations de l'intérieur et de l'extérieur dans l'habitat populaire*. Ecole d'architecture et d'urbanisme de Versailles. Paris.

³ Reflex. Magazine antifasciste radical. oct./nov. 1995. N°47. [En ligne] www.Reflexes.samisdat.net/index.php3

1.4 Transformations du cadre bâti du logement

Il existe deux formes d'interventions sur les logements déjà construits, celle qui s'intègre dans un cadre légal, le plus souvent programmée et assistée par l'état, c'est le cas d'opérations de rénovation des grands ensembles et de réhabilitations des anciens quartiers que l'on peut juger de timides dans notre pays ; et celles faites par les habitants de façon informelle, sans aucune assistance de l'administration, afin de modifier le cadre bâti du logement et la gestion de leur environnement.

1.4.1 Transformations informelles de logements

Les habitants parviennent à gérer et à financer des travaux de construction sans l'aide d'aucun organisme étatique ou non étatique ; l'ampleur de leur initiative est importante. L'exemple est donné par Nadia kerdoud¹ sur l'emparement des espaces attenants aux immeubles, et le détournement des espaces publics au gré de l'activité informelle et des espaces communs dans les immeubles : tels que buanderies, terrasses et sous-sols qui deviennent une extension de l'appartement, ou des locaux commerciaux. (Figure 1.2)



Figure1.2 *La voie publique sert de cadre virtuel à un commerce informel à Constantine.*
Source Lilia Makhloufi².

¹N. Kerdoud. *Ville vénérée ou ville mal aimée? Exemple de Constantine (Algérie)*. Université de Constantine, Algérie. [En ligne] E-mail : nadia_kerdoud@hotmail.com

² Lilia Makhloufi. 2005. *espaces publics et commerce informel. Entre appropriation et détournement dans "C'est ma ville!"*, l'Harmattan, *Consommations & Sociétés* n°7. [En ligne] www.argonautes.fr

Les modifications et transformations les plus communes visent prioritairement une extension spatiale, l'agrandissement de l'espace habitable, les équipements sanitaires : pour le lavage de tapis et literie, et les fermetures pour un besoin de sécurité et d'intimité.

Des éléments porteurs tels que les refonds n'ont pas échappé aux transformations dans des logements collectifs de Constantine, ou certains ont été démolis complètement par ignorance des conséquences qui en résultent.

Selon Rafik Salama¹, il existe deux types d'extensions faites par les locataires de l'habitat social : verticale et horizontale.

1.4.1.1 Extension verticale

Les immeubles ont connu des extensions verticales allant de l'exploitation du toit pour l'étalage du linge, à l'édification d'un volume sur les terrasses accessibles pour le rangement, ou pour mettre un lit. Cette greffe de volumes sur les terrasses, bien qu'elle constitue une solution pour certains, a participé à la détérioration du parc existant.

Au Caire, les habitants du rez-de-chaussée, ont procédé à une extension vers le bas, en excavant le sol jusqu'au niveau des fondations, pour aménager au sous-sol un espace de rangement ou pour l'élevage des animaux. (Voir figure 1.3 et 1.4)



Figure 1.3 *Transformations de terrasses inaccessibles en lieu d'agrément et d'étalage du linge.*

¹ Rafik. Salama. *L'architecture des pauvres au pays des pharaons*. [En ligne] www.acfas.ca



Figure1.4 *Edification de volumes sur les terrasses des immeubles. Khroub. Constantine.*
Source auteur.

1.4.1.2 Extension horizontale

Les évolutions démographiques, l'apparition et l'utilisation de nouveaux équipements, n'a pas été suivie par une révision et une modification des dimensions des espaces dans le logement, affectant directement le confort des usagers. Le recourt à l'agrandissement de l'espace s'impose sous forme d'un large champ de transformations, et de substitutions ; le séchoir est converti en cuisine, on y installe un levier, et une cuisinière. La cuisine est alors plus dégagée, la polyvalence lui permet de devenir après le repas un espace d'étude pour les enfants.

C'est par nécessité de réserve en literie et en nourriture que les espaces de coins ou encastrés reçoivent des placards muraux. Dans les espaces sanitaires, le siège anglais est remplacé par un turque, la baignoire, par irrégularité d'approvisionnement en eau est devenue un réservoir, un receveur de douche est installé si la surface le permet. Toujours dans le cadre de l'initiative des voisins du même palier, une partie du palier est fermée par une clôture laissant juste un petit passage aux locataires.

Dans certains quartiers de l'Egypte¹, l'économie d'espace a incité des habitants à fixer des cages en bois en saillie sur les façades, pour servir de poulailler, de clapier ou d'espace de rangement.

Letizia Capannini¹ trouve que la question de l'appropriation des espaces marocains est très complexe, et les nombreuses transformations opérées par les habitants dans la majorité de cas, a rendu presque impossible d'identifier et de reconnaître les projets d'origine.

¹ J.C Depaule et S. Noweir. *Nouveau Balcons au Caire. Les relations de l'intérieur et de l'extérieur dans l'habitat populaire.* Ecole d'architecture et d'urbanisme de Versailles. Paris.

D'audacieuses œuvres des locataires du rez de chaussée, sont observées dans nos quartiers, ils s'emparent de terrains entourant les immeubles pour les aménager, en cour polyvalente pour le lavage et l'étalage du linge, en rangement, en espace de jeu, ou en jardin, en garage, à une hauteur de la rue, qui devient parfois un lieu où on pratique l'élevage du bétail ou de moutons au sein d'un milieu urbain. (figure 1.5)



Figure1.5 Aménagement de terrains entourant les immeubles en jardins à Constantine. (auteur).

La relation entre l'intérieur et l'extérieur pour les habitants du rez de chaussée est critique, ils renforcent la sécurité des ouvertures par des barreaux, placent des tissus épais ou des claustras en bois, ferment les balcons tout en perçant une petite ouverture pour le passage de l'air et de la lumière.

Un exemple de modifications de logement est celui de la ville de Bechar, où l'étude de D.bakhti², a montré que sur trois cités étudiées, le taux d'exécution de travaux de transformations varie entre 70 à 86%. Les transformations apparentes de l'extérieur sont : la conversion des chambres de rez de chaussée en locaux de commerce et le placement de barreaux aux fenêtres. La transformation de la loggia en pièce indépendante a enregistré le taux le plus élevé parmi les diverses transformations, ce taux a atteint 80% dans l'une des trois cités étudiées.

1 Letizia Capannini. *Habitat collectif méditerranéen et dynamique des espaces ouverts.*

Cas d'étude en Europe et en Afrique du Nord (1945-1970). Laboratoire ACS-Université de Paris VIII. [en ligne] www.argonautes.fr

² D. Bakhti. *Les transformations dans l'habitat collectif : appropriations informelles entre besoins et infractions.* Cas d'étude : ville de Bechar. Mémoire de Magister. Université de Bechar. 2005

Les habitants de la cité des amandiers à Oran, confrontés à un problème d'exiguïté des appartements, ont procédé à des transformations similaires au cas précédent. Les autorités conscientes de la situation dégradée de la cité, ont ouvert le champ à la participation des habitants par discussion de leurs problèmes et de leurs attentes. Les habitants ont également participé par achat de matériaux, dans un projet pilote de réhabilitation de la cité avec la coopération Allemande. Cette opération réalisée en l'an 2000 a solutionné nombre de problèmes.

Les rajouts de terrain et de volumes deviennent de plus en plus audacieux au fur et à mesure que l'on s'introduit au cœur du quartier (voir figure 1.6) et permettent aux locataires de gagner des mètres carrés de terrains, en modifiant de façon surprenante, les entrées d'immeubles, et en rétrécissant les ruelles, certains passages ont été carrément fermés quitte par une clôture délimitant et marquant l'espace. Des ajouts sur les façades reposent sur une structure greffée partant du sol, ont été observés dans certains pays.

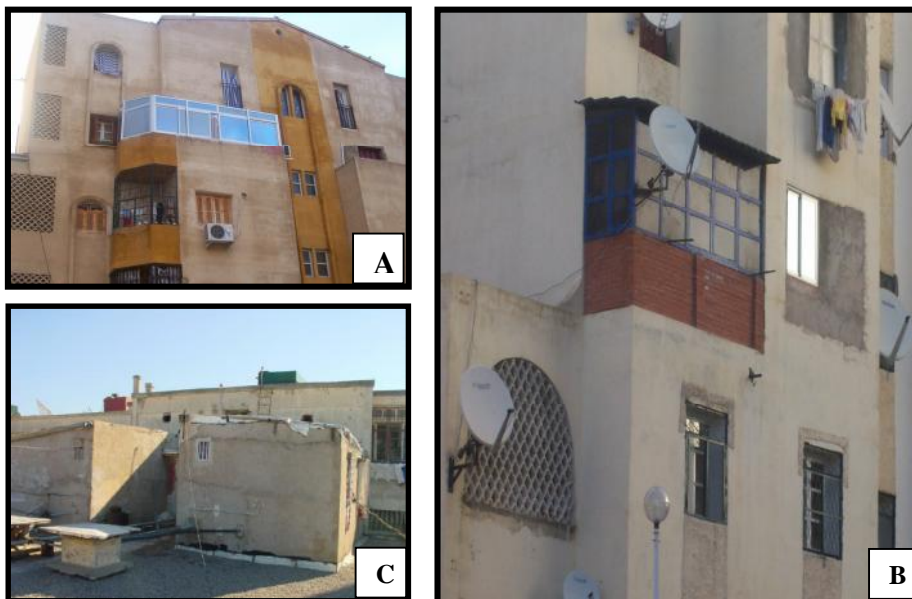


Figure 1.6 Greffes de volumes sur les toitures des niveaux inférieurs. A et B (Constantine. Auteur), C.(Oran. Aissaoui)¹

Ces modifications sont dans la plupart du temps individuelles, mais parfois relèvent d'une initiative collective de la part des voisins, surtout lorsqu'il s'agit de la sécurité, une clôture qui contourne plusieurs immeubles est construite, est dotée d'un grand portail afin de limiter le passage des étrangers.

¹ Mme Aissaoui. *La réhabilitation des grands ensembles coloniaux à Oran cas de la cité Perret*. Journée d'étude consacrée au Patrimoine du 20^{ème} Siècle. Tlemcen. 27/02/2008. [en ligne] www.ianrichiearchitects.co.uk

En résumé c'est un éventail d'extensions et de modifications, qui varient sur plusieurs plans : Matériaux, localisation, et formes, mais attestent toutes d'un souci d'adaptation aux besoins des occupants.

1.4.1.3 Exemple de modifications de balcons et loggias

Avant de discuter les interventions sur les balcons, il est d'une importance de connaître ces espaces, leur valeur et leur rôle.

Définition

Dans le collectif, le balcon vient remplacer un espace en plein air dont jouît la maison individuelle, et répond au désir de chaque individu d'avoir un espace d'agrément. C'est un espace de transition qui favorise le rapport visuel avec l'extérieur et fonctionne selon une notion d'intimité ; de pouvoir voir sans être vu, ou tout simplement une surface supplémentaire qui vient agrandir l'espace intérieur ou constituer carrément une nouvelle pièce aérée et baignée de lumière solaire.

F. Zarour¹ décrit le balcon comme un espace dont l'affectation permet des transformations étroitement liées au désir d'en faire un lieu d'intimité.

« Le point de vue des hygiénistes du logement était que le balcon devrait être une île de récréation, de lumière d'air et de soleil, que chaque appartement doit avoir un balcon aussi bien qu'une salle de bains et des toilettes². »

La loggia, est un espace qui jouît des mêmes caractéristiques du balcon qu'on vient de décrire, mais ayant une forme qui lui fait contraste; elle suit la ligne extérieure du bâtiment. C'est un espace aéré, prolongeant l'appartement tout en étant protégé et invisible de l'extérieur. Sa clôture est plus économique, le mur arrière peut être facilement supprimé afin de donner une surface supplémentaire à la pièce.

Selon A. Elmroth et E. Kjellsson, les balcons complètement encastrés (loggias) ou partiellement alignés à la façade, offrent la plus grande occasion pour les économies d'énergie par leur clôture.¹

1 Farida Zarour. 2002. la dimension sociale et les tendances architecturales de l'habitat entre texte législation et réalités sociales, cas de grands ensembles à Constantine. Mémoire de magister. p98

² I. Ritchie. 1997. RFAC housing seminar.page8. [en ligne] www.ianrichiearchitects.co.uk

1.4.1.4 Interventions des habitants sur les balcons

J.C. Depaule et S. Noweir², à partir d'une étude concernant les modifications de balcons confirment qu'il est très rare que les habitants n'aménagent pas balcons et loggias par des interventions allant de simples marquages à des modifications importantes.

Diverses raisons sociales ont incité les habitants à effectuer des modifications sur l'espace balcon. En les étudiant, les relations qu'ils établissent entre l'extérieur et l'intérieur de leurs logements se définissent: La tendance à la clôture des balcons résulte d'une recherche d'intimité (figure 1.7) et de liberté dans l'exploit de cet espace ; les femmes cachées des regards indiscrets peuvent exploiter cet espace dans la détente, le lavage, l'étalage, les préparatifs culinaires, et d'autres activités domestiques qui doivent se passer à l'extérieur.



Figure 1.7 *Fermeture de balcons en réponse à une recherche d'intimité par les locataires du rez-de-chaussée. Constantine. (auteur).*

De l'extérieur, un vaste éventail de modifications de balcons se manifeste (figure 1.8). Mais une visite de l'intérieur montre la diversité de l'usage que chaque famille fait du balcon fermé, qui est fonction de ses besoins, de sa culture, de sa perception de la relation avec le voisinage, de la superficie attribuée au balcon, de la surface du logement, et du taux d'occupation par logement (TOL).

¹ Arne Elmroth and EKjellsson, Solar Energy in Building Renovation. Overview of the Work in IEA SH&CP Task 20. Lund University, Sweden. EuroSun'96

²J.C Depaule et S. Noweir. *Nouveau Balcons au Caire. Les relations de l'intérieur et de l'extérieur dans l'habitat populaire.* Ecole d'architecture et d'urbanisme de Versailles. Paris.



Figure 1.8 Différents types de fermetures de balcons dictées par le besoin de sécurité, d'intimité et d'agrandissement de l'espace. Constantine. Source auteur.

Toutefois, le plus grand objectif des modifications de balcons rencontrées est l'agrandissement de l'espace habitable. L'exemple de transformations d'un ensemble de logements sociaux de cinq niveaux de Ain Al Sira en Egypte¹, est surprenant dans la mesure où, les habitants ne se sont pas contentés de la fermeture des loggias, mais ils se sont appropriés une partie de la rue pour construire un volume qui s'élève sur toute la hauteur du bâtiment. Par cette pratique collective ils sont arrivés à ajouter une épaisseur supplémentaire aux bâtiments. Les espaces ajoutés sont traités différemment, ils sont totalement ou partiellement fermés.

La fermeture de balcons et de loggias, devenue courante chez les habitants du logement collectif, assure une protection contre les agents d'inconfort extérieur. C'est par cette pratique que les immeubles se protègent du bruit du trafic en milieu urbain, de la poussière, du vent froid, et de la pluie hivernale. Néanmoins, la relation avec l'environnement existe toujours mais sous la forme la plus rationnelle. Elle est réglée et gérée par les utilisateurs à travers des ouvertures qui sont, selon Depaule et Noweir² le lieu d'une vie sociale ouverte sur le voisinage et la rue. Les ouvertures percées dans la paroi fermée assurent l'éclairage et la ventilation du balcon et de l'espace séjour. (Figure 1.9)

¹J.C Depaule et S. Noweir. *Nouveau Balcons au Caire. Les relations de l'intérieur et de l'extérieur dans l'habitat populaire*. Ecole d'architecture et d'urbanisme de Versailles. Paris.

²J.C Depaule et S. Noweir. *Nouveau Balcons au Caire. Les relations de l'intérieur et de l'extérieur dans l'habitat populaire*. Ecole d'architecture et d'urbanisme de Versailles. Paris.



Figure1.9 Réduction de la relation avec l'extérieur à son strict minimum . A gauche vue sur un bâtiment social (Constantine. Auteur), à droite.vue sur un grand ensemble(Oran, Aissaoui)¹

En Algérie, réduit à une cage pour des raisons économiques, et parfois exposé au vent froid d'hiver, le balcon devient souvent un espace de stockage.

Selon F. Zarour², il est très souvent supprimé, probablement pour une question d'intimité et de sécurité, l'habitant préfère rajouter l'espace du balcon à la chambre en le fermant, laissant une simple fenêtre, quant à la loggia donnant sur la cuisine, elle est très souvent transformée en lieu de cuisson. La cuisine quant à elle, est transformée en chambre.

1.4.1.5 Matériaux utilisés pour les modifications

La façon d'intervenir est fonction de paramètres, économiques, fonctionnels et architecturaux. La forme de la loggia et du balcon, et leur relation avec l'espace adjacent fait que le volume soit entièrement ou partiellement fermé, que le mur de séparation soit démoli ou gardé.

Les observations montrent que les familles cherchent à délimiter leur territoire et à préserver leurs intimités par les moyens matériels dont elles disposent : vitrage, mur, tôle... dans le cas où le garde corps est une simple balustrade, la recherche d'intimité est assurée par des moyens allant d'une simple étoffe, ou d'un tissu épais à un matériau de construction comme le bois, ou la brique.

¹ Mme Aissaoui. *La réhabilitation des grands ensembles coloniaux à Oran cas de la cite Perret*. Journée d'étude consacrée au Patrimoine du 20ièmeSiècle. Tlemcen. 27/02/2008. [en ligne] www.ianrichiearchitects.co.uk

²Farida Zarour. 2002. *la dimension sociale et les tendances architecturales de l'habitat entre texte législation et réalités sociales, cas de grands ensembles à Constantine*. Mémoire de magister. p105

Quant à la clôture du volume entier, elle se fait dans la plupart du temps par un matériau dur, béton, brique, vitrage monté sur une structure métallique ou en bois, qui surmonte le garde corps des balcons. Il n'est pas étonnant de constater chez certaines familles la combinaison de deux à trois éléments de fermeture et de voilage : rideau, acier, et verre. Cette procédure leur assure sécurité, intimité et confort thermique. (Figure 1.10)



Figure 1.10 *Difficulté d'identification de l'aspect initial de la façade dissimulé par la diversité de transformations. (Constantine. Auteur).*

1.4.1.6 Evaluation du phénomène de modifications

Par ces différentes interventions sur le cadre bâti, les habitants ont produit des logements mieux adaptés à leurs besoins, ils sont parvenus à se recréer un cadre de vie satisfaisant, et des espaces fonctionnels. Cependant, l'adoption de solutions faciles et économiques par des classes moyennes, ou démunies, est à l'origine d'apparition de nouveaux problèmes sur le plan constructif et sur les qualités thermiques du logement. La question technique est souvent ignorée devant les objectifs fonctionnels et sociaux. Si l'on prend l'exemple de fermeture de balcons, on constate plusieurs conséquences, qui peuvent être résumés par :

- une réduction de l'éclairage naturel : les balcons fermés restreignent lumière du jour aux pièces arrière.
- une surchauffe estivale.
- une façade non admirable.
- infiltration des eaux pluviales.

Le problème n'est pas limité à cette situation de gêne ou d'inconfort que peuvent ressentir les usagers, après transformations de leurs demeures, mais il en découle plusieurs conséquences :

1- la gêne due aux travaux pendant les extensions : Il est évident que la tranquillité de tous les locataires est troublée par les travaux entrepris, les locataires de l'immeuble sujet de transformations, et même les habitants des autres immeubles, supportent mal le bruit, les odeurs des produits de peinture et la poussière, que peuvent engendrer ces travaux.

2 – la pollution de l'air durant les travaux : les habitants ne peuvent échapper à une pollution de l'air imposée par le voisinage, ils sont obligés de vivre dans un chantier presque permanent : à chaque fois qu'un locataire s'installe, il commence à démolir ce qui a été construit par autrui, afin de marquer son nouvel espace, l'évolution de la famille entraîne aussi de nouvelles adaptations.

3- le problème d'organisation, d'enlèvement et de traitement des déchets: est sérieux et à portée négative sur l'environnement, les auteurs de ces travaux se soucient peu de la gestion de déchets dus à leurs travaux, certains d'entre eux s'en débarrassent à partir des fenêtres, la rue est souvent leur dernière station.

4- Economie : Des tonnes de matériaux de construction, en l'absence de recyclage de déchets constructifs, vont constituer un gaspillage gratuit d'éléments fabriqués localement ou importés des pays étrangers. Les interventions des usagers entraînent des frais supplémentaires.

Salama Rafiq¹ juge que le désengagement de l'état de l'entretien des quartiers, a eu des répercussions plutôt positives et a permis aux habitants des transformations informelles de leur environnement bâti afin de mieux l'adapter à leurs besoins particuliers.

Nous jugeons que l'ingéniosité de certains habitants peut être positive si elle n'empiète pas sur le côté esthétique, la propriété publique, la liberté des passants et le fonctionnement de la servitude (figure 1.11). Mais le désordre, l'anarchie dans ses transformations, créent de façon générale des inconvénients d'ordre esthétique, technique et de voisinage.

¹ R. Salama. *L'architecture des pauvres au pays des pharaons*. [en ligne] www.acfas.ca



Figure 1.11 *Fermeture de balcons, faite avec une action collective des locataires, préservant l'harmonie de la façade. (situation Constantine. Auteur).*

La question des transformations opérées par les habitants reflète une réalité des valeurs sociales et culturelles et permet de souligner les visions de la société de son cadre de vie, et son environnement construit. Elle ne doit pas rester dans les limites de constatations mais doit être évaluée dans un objectif d'amélioration de la qualité architecturale et urbaine de l'habitat.

Si certains voient que l'habitant a le droit d'intervenir pour se remodeler son cadre de vie, il est d'une importance primordiale de limiter ces interventions afin de préserver l'environnement, et le parc immobilier existant.

1.4.2 Interventions programmées et assistées par l'état

Une approche globale et intelligente des problèmes énergétiques dans l'habitat, devrait prendre en considération les logements déjà construits ; car si la construction neuve intègre de plus en plus la notion de haute qualité environnementale, il n'est pas le cas pour les anciens logements qui sont conçus sans une grande réflexion bioclimatique ou environnementale. La réhabilitation des logements sociaux est devenue une pratique dans plusieurs pays du monde. La fermeture des façades par du vitrage est l'une des solutions techniques utilisées dans ce domaine.

La réhabilitation des logements sociaux est une solution écologique et environnementale, la modification de l'image du bâtiment corrige les défauts d'une mauvaise orientation, et de matériaux défectueux, transforme les façades par placement de loggias et de vérandas, réduit

les ponts thermiques, la consommation énergétique, et les déchets de construction, en faveur du confort thermique, et d'une préservation de l'environnement.¹

1.4.2.1 Intégration des serres aux logements existants

Appliquée dans plusieurs régions dans le monde, l'approche intégrée est une nouvelle approche qui vise l'économie dans la consommation de l'énergie, et où les systèmes solaires deviennent partie intégrante dans le dessin du bâtiment. Une fois ajoutés, les éléments solaires agissent comme s'ils ont été initialement prévus.

Il existe plusieurs possibilités d'intégration de systèmes solaires tels que balcons et loggias vitrés, mais l'intégration maximale selon Volker Wittwer² est de couvrir la façade complètement avec les éléments solaires comme le verre. C'est une solution facile, et dans beaucoup de cas elle peut être aussi la plus rentable. (Figure 1.12)



Figure 1.12 Intervention étatique. Couverture des balcons d'un bâtiment du 20^{ème} siècle par vitrage. Genève (R.Camponovo, 2006³)

Exemple de la municipalité de Montreuil en France

Plusieurs exemples d'intégration programmée et adoptée par le pouvoir dans plusieurs régions du monde, ont fait preuve de succès sur le plan énergétique. Parmi ses exemples, on peut citer celui de la municipalité de Montreuil qui, dans le cadre d'un projet pilote de réhabilitation d'un quartier d'immeubles collectifs, a choisi un petit immeuble de 4 étages datant de 1969,

¹ J-P Traisnel et B Peuportier. Avril 2001. *Habitat et développement durable*. Les cahiers du CLIP - N°13

² V. Wittwer. A G. Hestnes. 2000. Building integration of solar energy systems. Solar Energy. solar@energy

³ R.Camponovo et coll. *Thermal rehabilitation: assignment of balconies into conservatories; the 'Libellules' case study*. The 23rd Conference on Passive and Low Energy Architecture, Geneva, PLEA. 2006

bénéficiant d'une exposition favorable à la valorisation des apports solaires pour l'expérimentation.

L'objectif de cette opération consiste à une économie d'énergie de 30 %. La stratégie suivie pour atteindre cet objectif est une diminution des besoins thermiques de la maison de manière à pouvoir la chauffer avec une faible puissance de chauffage.

La réhabilitation a mis en œuvre les approches bioclimatiques et HQE, en particulier :

- Isolation par l'extérieur et balcons vitrés. Le vitrage des balcons avait un double rôle : la réduction des ponts thermiques (la dalle des balcons interrompant l'isolation), et le préchauffage de l'air de ventilation.

Une campagne de mesures d'un an, a permis d'évaluer les performances de cette opération, Des calculs par simulation thermique dynamique ont été effectués dans un but de choix du type de vitrage le plus adapté pour la transmission du rayonnement solaire, et de dimensionner l'isolation et d'étudier le confort d'été.

Le confort thermique et acoustique est amélioré grâce à l'isolation des façades et aux doubles vitrages¹. (Figure 1.13)

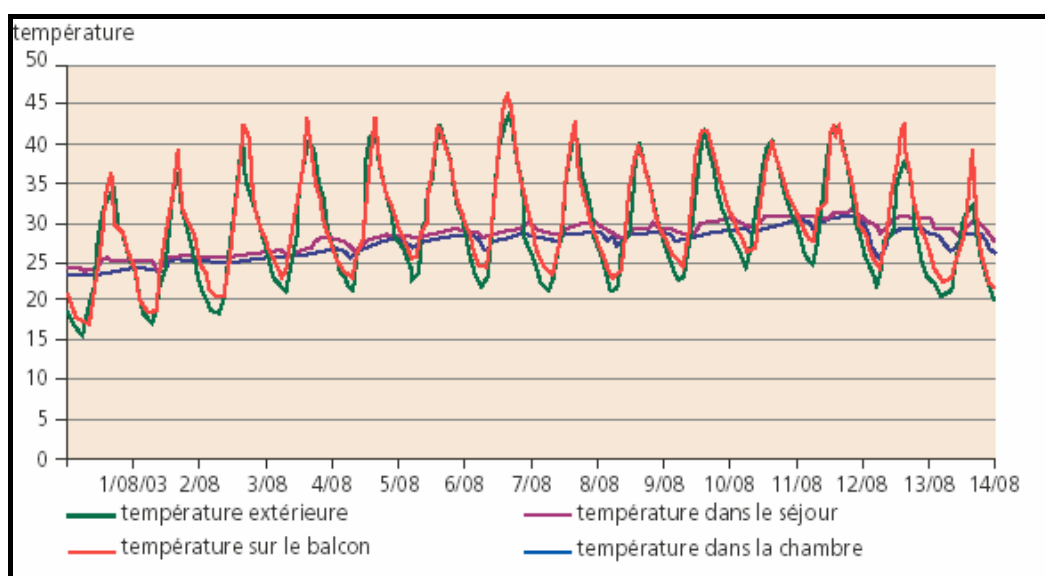


Figure1.13 *Amélioration du confort thermique dans les logements. La municipalité de Montreuil.*

Le projet Vorselaar en Belgique :

¹Opération de réhabilitation en hlm. Montreuil. [en ligne] montreuil@hlm

L'approche SynPack visant le développement technologique, et les démonstrations de développement des concepts de rénovation économique garantissant des économies d'énergie d'au moins 70 %, a été appliquée pour le projet Vorselaar en Belgique. Les consommations d'énergie primaire pour le chauffage des locaux et l'eau chaude sanitaire étaient assez importantes avant la rénovation des bâtiments. (Table 1.1)

Demande de chaleur	Energie primaire	unité
Consommation d'énergie de chauffage des locaux	210	KWh/ (m ² .an)
Consommation d'énergie eau chaude sanitaire	40	KWh/ (m ² .an)
Consommation totale en chauffage	250	KWh/ (m ² .an)

Table 1.1 *Consommation d'énergie dans les locaux et pour l'eau chaude sanitaire avant la rénovation¹.*

Parmi les mesures de rénovation développées dans ces projets:

- la fermeture des balcons par des vitrages qui vient d'augmenter la surface habitable tout en favorisant une température agréable en hiver grâce à l'effet de serre. Le vitrage mis en place est un double vitrage à isolation renforcée. (Figure 1.14)
- Amélioration du confort thermique par isolation des murs extérieurs et par remplacement du vitrage simple par du double vitrage à isolation renforcée.



Figure 1.14 *Vues d'une façade avant (à gauche) et après rénovation (à droite).*

¹ Approche Synpack –Solutions pour projets de rénovation urbains[en ligne].
www.ulb.ac.be/sma/enseignement/11z_sympack

Mesures	Effets	Avant	Après
Isolation murs extérieurs	Coefficient k [W/m ² .K]	1.4	0.33
Vitrage à haute performance	Coefficient k [W/m ² .K]	5.8	1.1
Ventilation avec récupération de chaleur	Demande d'énergie	-	20% économie
Balcons vitrés	Pas de ponts thermiques	-	10% économie
Chauffe eau solaire	Demande d'énergie	-	40% solaire
Chaudière à haute efficacité	Demande d'énergie	-	10% économie

Table 1.2 *Bénéfices attendus par le projet de réhabilitation de Vorselaar en Belgique.(synpack,2007)*

L'implémentation de toutes ces mesures a permis de réaliser une économie annuelle d'énergie primaire de 70 % et de réduire la consommation d'énergie primaire pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire de 250 kWh/ (m².an) à 80 kWh/ (m².an).

Pour le balcon vitré à lui seul une économie d'énergie primaire d'environ 60% a été réalisée.

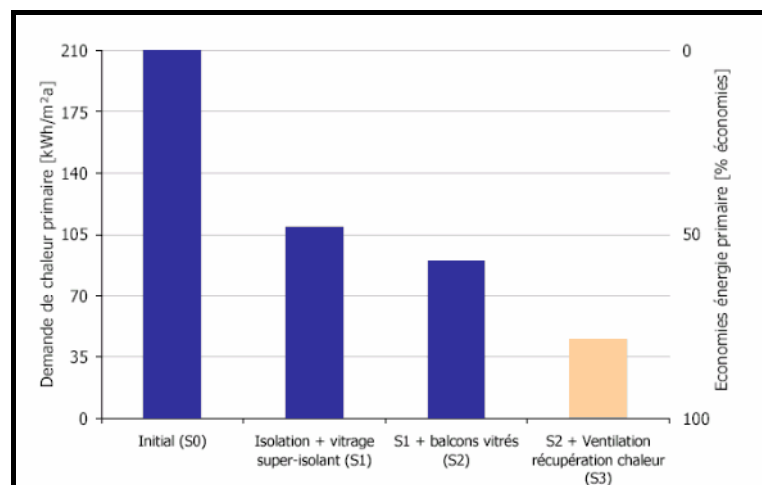


Table 1.3 *demande d'énergie primaire et économies d'énergie des différents ensembles de mesures de synergies.*

Projet Issy-les-Moulineaux en France

Une opération de réhabilitation qui vise la réduction des dépenses d'énergie, a été appliquée à un bâtiment situé à Issy-les-Moulineaux, et qui s'élève sur sept étages et regroupe au total 95 logements.

Un travail sur l'enveloppe du bâtiment et sur les systèmes de production/distribution de chaleur, permet de réduire les consommations, il consiste en des dispositions constructives

astucieuses: niveau d'isolation des murs élevé, locaux tampons, escaliers au Nord, utilisation de vitrages faiblement émissifs en façade Nord, et ouverture au Sud de tous les logements.

90% des logements disposent d'une véranda augmentant encore la contribution des apports solaires par vitrages disposés au sud de la façade, et servant également au préchauffage d'air neuf¹. L'application de l'ensemble de ces dispositions a permis l'obtention du label Haute Performance Energétique.

Ces exemples ont prouvé le rôle que peut jouer l'introduction de nouvelles notions du développement durable et de la haute qualité environnementale sur la qualité de vie et la réduction de l'émission des gaz à effet de serre.

1.5 Développement durable

1.5.1 Définition

La notion du développement durable adoptée mondialement à la conférence de Rio de 1992 est définie comme « un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations.»² . Elle établit un lien entre l'énergie, l'économie, le social et l'environnement. Les principes élémentaires de la notion du développement durable,³ sont déterminés pour :

-La réduction et finalement le renoncement à l'exploitation des ressources non renouvelables, afin de ralentir le rythme de progression des émissions de CO₂, et de lutter contre le réchauffement de la planète.

-la régénération des ressources renouvelables

-la réduction de la pollution de l'environnement par des déchets et rejets nocifs

-la conservation de la diversité biologique.

¹Logements HLM à faibles besoins énergétiques. à Issy-les-Moulineaux (92). [en ligne] www.debat-energie.gouv.fr

² *Développement durable et logement social, une tension dialectique autour de la qualité*. 2005 [en ligne] www.cain.info/article.php?id=revue

³ Jörg Widmer, 1996-2001. *Rapport d'activité du cours à option Architecture et Développement Durable*. [en ligne] <http://lcc1.epfl.ch>

Le domaine de construction et de l'urbanisme est responsable d'une part non négligeable des gaz à effet de serre. Les constructions provoquent des impacts directs et indirects sur l'environnement avant même d'être occupées : par les matériaux employés, le transport de produits, et l'utilisation de différents engins sur chantier. Une fois occupées, viennent les impacts d'utilisation courante, maintenance et rénovation, et en fin de leur vie les déchets constituent une source de pollution de l'environnement.

1.5.2 L'habitat durable

Le bâtiment, en présentant de 30 à 50 % des besoins en énergie d'un pays¹, présente un secteur essentiel pour une économie d'énergie efficace et durable. En France, les émissions liées aux bâtiments et aux transports contribuent à 47 % à l'effet de serre². En Algérie, le secteur résidentiel et tertiaire présentent 45.7% de la consommation globale de l'énergie³.

Il existe ainsi un lien étroit entre la lutte contre l'effet de serre et la politique de l'habitat. La nécessité de préserver un environnement sain a donné naissance à une vision de l'habitat écologique optimisant l'utilisation des ressources renouvelables. Un habitat dont les impacts sur l'environnement sont maîtrisables, et l'intérieur est hygiénique et confortable, à travers une architecture ou la qualité de l'air, l'isolation sonore et l'utilisation de matériaux naturels ou du moins non toxiques sont à considérer⁴.

L'habitat écologique tient compte intelligemment du soleil et du climat, combine économies d'énergie et d'eau et réduit voir se passe des énergies polluantes.

En effet, dans chaque espace habitable se déploie un principe de développement durable: la maîtrise de l'énergie dans le salon; la gestion de déchets alimentaires dans la cuisine, la préservation de l'eau et son chauffage dans la salle de bains, les matériaux de construction et d'isolation dans la construction entière.

¹Jörg Widmer, 1996-2001. *Rapport d'activité du cours à option Architecture et Développement Durable*. [en ligne] <http://lcc1.epfl.ch>.

² Programme Local de l'Habitat – Diagnostic – Grand Lyon. Politiques de l'habitat et développement durable : Enjeux et perspectives. p140

³ Ch.E. Chitour. 1994. *l'énergie, Les enjeux de l'an 2000* . Vol/1 Office des Publications Universitaires ALGER p.91

⁴ comité de la maison écologique. 2004. *Maison écologique*. Mémoire déposé à la commission d'aménagement de l'Université Laval(CAMUL). [en ligne] viscathie@hotmail.com

1.5.2.1 Le développement durable est-il considéré en Algérie ?

L'Algérie a graduellement pris conscience du besoin de considérer la dimension environnementale et de l'associer à sa démarche de développement et d'utilisation durable des ressources naturelles du pays¹. afin de réduire la consommation des produits pétroliers, en faveur d'une diminution des rejets des gaz à effet de serre, et de fonctionnement de certains appareils et engins qui ne peuvent fonctionner sans cette énergie polluante, et d'une réduction du coût en énergie pénalisant pour les citoyens. Cette attention est exprimée par la création du haut commissariat aux énergies nouvelles

L'organisation du premier colloque international sur la gestion des grandes villes en avril 1988, en est un autre exemple, l'Algérie fut le premier pays africain à faire l'initiative d'orienter les débats sur: le Mouvement des populations, urbanisation et aménagement spatial, l'habitat, l'organisation et la gestion inter-villes.

Les études faites par Sonelgaz dans ce contexte indiquent qu'avec la croissance démographique importante, l'Algérie va connaître une augmentation considérable de sa consommation d'énergie estimée à 7 % par année. Le programme d'investissement du gouvernement algérien dans le secteur du gaz et de l'électricité prévoit une augmentation de la puissance installée du pays de 6 000 MW d'ici la fin de la décennie, la consommation devrait atteindre 841 kWh/an par habitant.²

Il est alors crucial de s'appuyer sur le potentiel de développement de l'énergie solaire dans cette région qui possède le potentiel solaire le plus important de tout le bassin méditerranéen³. L'Agence spatiale allemande (ASA), qui a procédé à une évaluation par satellites du potentiel solaire l'a estimé à 169, 440 TéraWatts heure/an (TWH/an) pour le solaire thermique, et de 13,9 TWH/an pour le solaire photovoltaïque.

¹ O.T. Bouznada. 2002. Habitat évolutif : *logement palliatif ou habitat durable. Cas de Ain-el-Bey. Constantine.* mémoire de magister.. P32

² [en ligne] www.iepf.org. Publié le 26-06-03

³ L'Algérie, le nouvel eldorado solaire (énergie). el watan : publié le 03/04/2006

L'estimation du ministère de l'énergie et des mines du potentiel solaire en Algérie montre un potentiel prometteur pour le développement du solaire passif et thermique¹. (Table 1.4) :

Régions	Région côtière	Hauts plateaux	Sahara
Superficie (%)	4	10	86
Ensoleillement (h/a)	2650	3000	3500
Energie moyenne reçue(KWh/m2/an)	1700	1900	2650

Table 1.4 *Energie moyenne reçue dans les différentes régions du pays.* (M. E M², 2008)

Les cartes suivantes nous donnent une évaluation de l'irradiation globale journalière sur un plan vertical et un autre horizontal, au deux mois froid et chaud de l'année, et révèlent que l'irradiation solaire minimale sur un plan vertical pour le mois de décembre, est de 2,4 KWh/m² pour le littoral du pays, pendant que le sud enregistre une valeur maximale de 4,8 KWh/m² sur un plan vertical. Ce qui offre à l'Algérie une place au rang des plus riches qui possèdent cette source énergétique non polluante. (Figure 1.15 et 1.16)

¹ Ministère de l'énergie et des mines. 22 et 23 mai 2001. Conférence sur la maîtrise de l'énergie et de l'environnement dans un contexte d'économie de marche.

² Ministère de l'énergie et des mines. 22 et 23 mai 2001. *Conférence sur la maîtrise de l'énergie et de l'environnement dans un contexte d'économie de marche.*

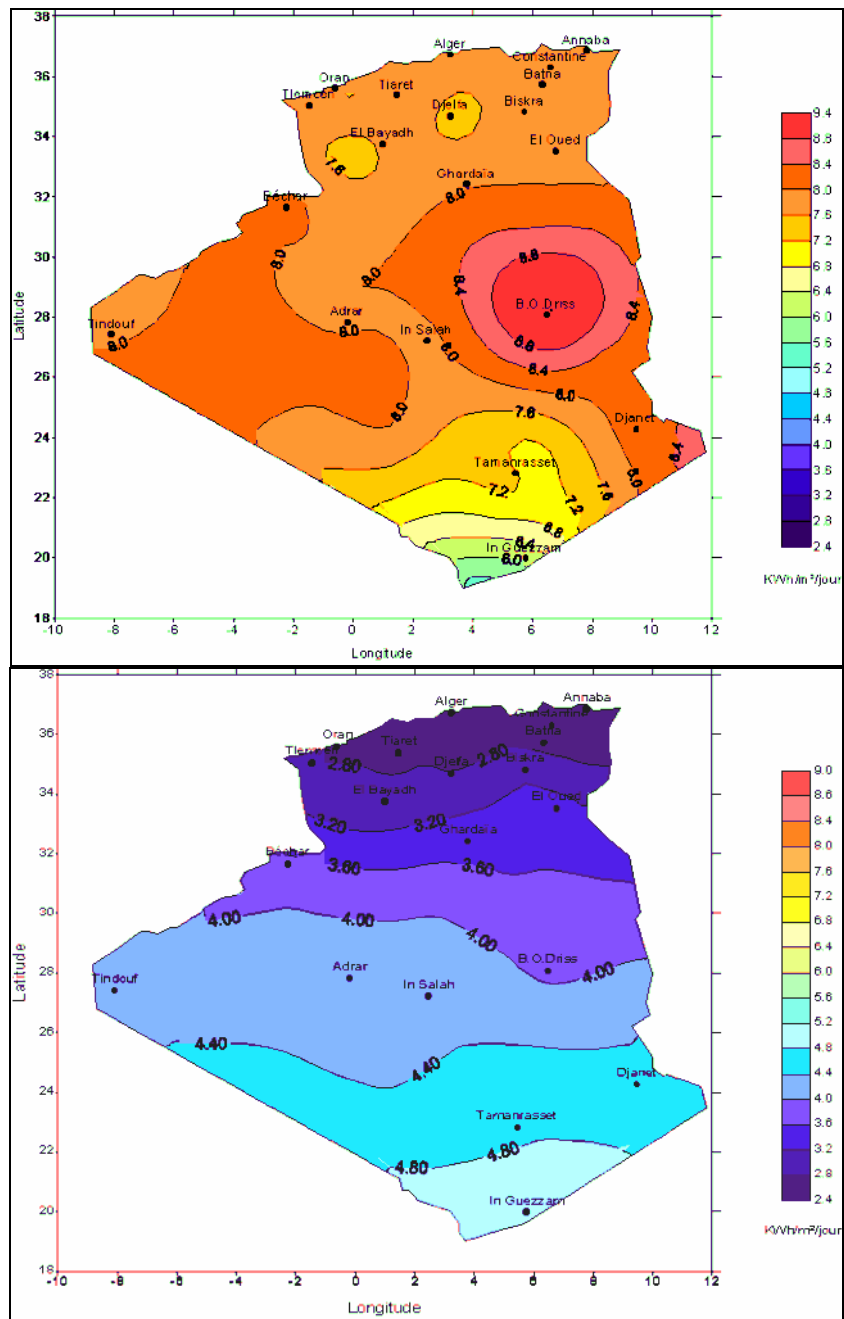


Figure 1.15 Irradiation globale journalière reçue sur un plan horizontal en haut au mois de juillet, en bas au mois de décembre.(basc,2008)¹

¹ Ministère de l'énergie et des mines. *The third architecture and susainability conference. Biscra. 2008.*
[en ligne] www.archbis.com

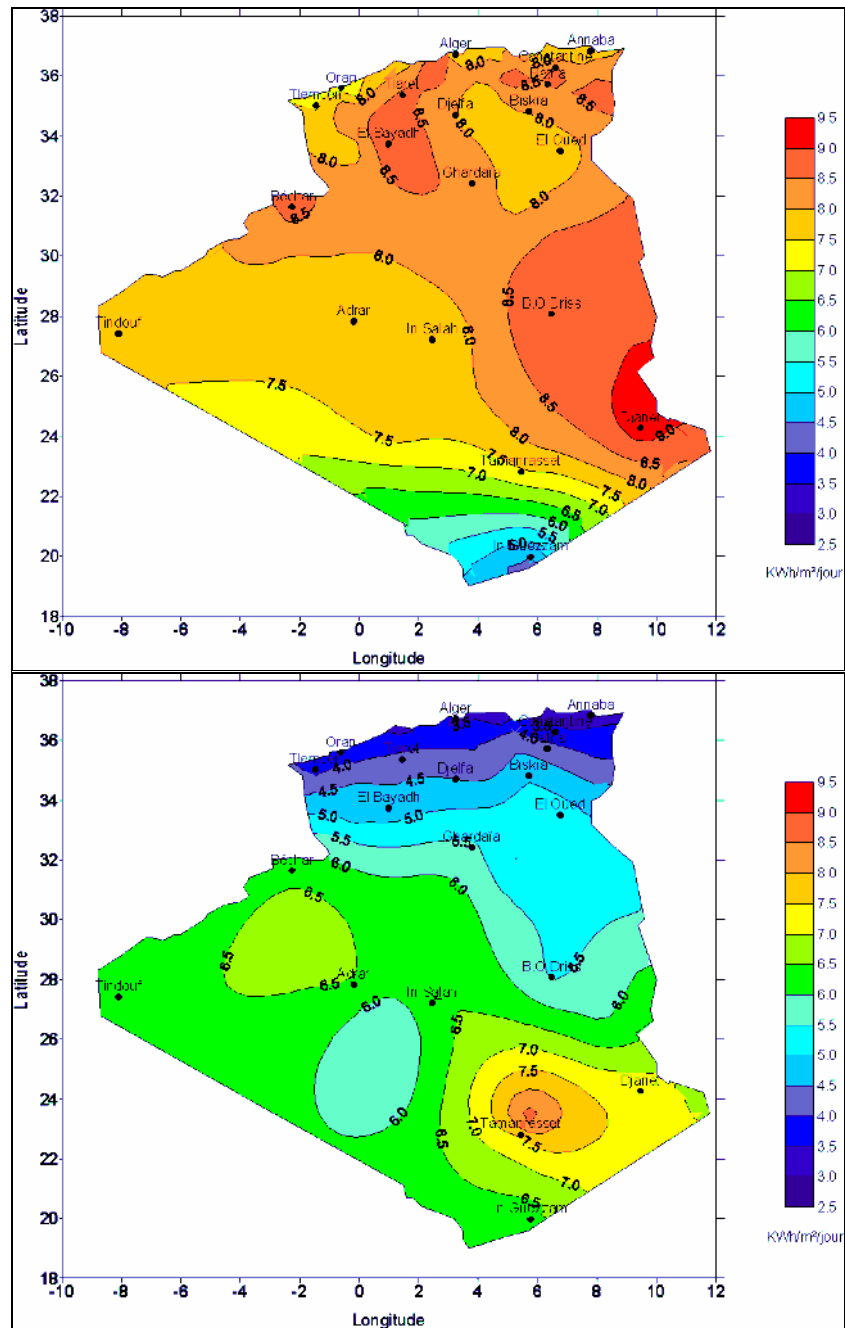


Figure 1.16 irradiation globale journalière reçue sur un plan vertical en haut au mois de juillet, en bas au mois de décembre. (Basc, 2008)

1.5.2.2 Expérience Algérienne dans le domaine du solaire

La prise de conscience de l'importance de concevoir et de réaliser des ouvrages différents de ceux du passé, a encouragé les recherches dans ce domaine, et par conséquent a permis de situer le potentiel énergétique à diversité climatique sur l'étendue de l'espace algérien.

La volonté d'adaptation du principe de la « durabilité » par l'état algérien dans le domaine de la construction fut exprimée par la conception de projets solaires qui prennent compte de l'excellent ensoleillement de notre pays afin d'éviter le recours aux énergies fossiles.

Dans le cadre de l'enjeu de réponse rapide contemporaine et durable à la crise de logement, plusieurs essais de réalisation de maisons solaires ont été élaborés ; parmi lesquels, le projet village solaire intégré qui « constitue une nouvelle impulsion par la relance d'une politique d'aménagement futur du territoire national et du développement durable¹. »

Un autre projet urbain destiné à être réalisé à Boussaâda est le village socialiste qui se veut un village durable conçu dans une nouvelle perspective, cependant, il n'a pas connu le jour.

Dans le domaine de l'habitat, deux maisons solaires ont été projetées pour Sonelgaz, et la bibliothèque de Bennabas qui représente un exemple du tertiaire, et qui est restée au stade de la conception.

1.6 Conclusion

La croissance démographique est passée par un mode accéléré dans notre pays, mettant un grand défi d'hébergement de la population croissante. Les logements construits avant l'indépendance se trouvent dans un état de délabrement avancé. Sous la pression de l'urgence, le logement est souvent une reproduction des plans standards, inadaptés aux visions des habitants, à la structure de la famille algérienne, et à sa culture, l'incitant à faire de grands efforts d'appropriation et d'adaptation.

Or, les interventions des usagers sur l'habitat social, sont à l'origine d'apparition de problèmes techniques et environnementaux, de l'ambiguïté des espaces extérieurs et de la laideur qui règne dans les quartiers.

Ces transformations qui expriment une remise en cause de la conception de nos logements et de leur aménagement, doivent constituer une base sur laquelle on doit projeter les logements de demain. « C'est aussi à la lumière de la réalité des pratiques sociales et de la réception des espaces construits, que peut être effectivement évaluée la qualité architecturale et urbaine des opérations analysées. »².

¹ Moussa Smain. 2000. *Le degré de pertinence de la dimension bioclimatique et géo écologique dans la maîtrise de la planification spatiale et urbaine*. Mémoire de magister. Constantine.

² Letizia Capannini. *Habitat collectif méditerranéen et dynamique des espaces ouverts. Cas d'étude en Europe et en Afrique du Nord (1945-1970)*. Laboratoire ACS-Université de Paris VIII. [En ligne] www.argonautes.fr

L'analyse de l'état du secteur résidentiel en Algérie, les sondages, enquêtes, et études des interventions citoyennes sur le cadre bâti, doivent constituer des documents de base pour l'élaboration d'un nouveau type de logements, qui répond aux exigences quantitatives et qualitatives de la population. Un habitat de qualité, différent de celui du passé, et qui doit être adapté aux usagers, et aux caractéristiques climatiques de chaque région.

N'est-t-il pas nécessaire de prévoir un plan flexible dont la mesure où il assure une certaine liberté dans l'appropriation des espaces ? Si les logements sont conçus et construits pour les citoyens, la consultation et la participation des habitants ne devrait elle pas être appliquée à la conception de logements sociaux?

Le pouvoir aura également à agir en urgence sur les logements anciens, afin d'entretenir ce parc et d'éviter une dégradation encore plus rapide qui ne fait qu'accentuer la demande en logements. La réhabilitation des logements étant une solution écologique et environnementale.

Le logement de demain doit s'inscrire dans une démarche durable qui économise les ressources et remet en cause les matériaux polluants. C'est un logement qui se veut de qualité, durable, adapté au climat et aux ménages, préservateur de l'environnement par son architecture et ses matériaux.

Chapitre 2 : Introduction de l'énergie solaire en architecture

2.1 Introduction

Le soleil est la source principale de chaleur des bâtiments bioclimatiques contemporains. Son énergie est extraordinaire : la terre reçoit plus de 10 000 fois la puissance énergétique totale installée par l'homme aujourd'hui¹. En effet, le montant de l'énergie solaire intercepté par la terre chaque minute est plus grand que le montant annuel d'énergie fossile utilisée dans le monde.²

Suite à une prise de conscience de la valeur de l'énergie solaire, et afin d'en faire usage, les technologies solaires ont connu un développement rapide et, plusieurs applications dans différents domaines, tels que le domaine de la construction.

C'est ainsi qu'est née l'architecture solaire, qui vise l'usage de technologies solaires appropriées pour maintenir l'environnement d'un bâtiment à une température confortable à travers les cycles solaires quotidien et annuel, en favorisant le passage des rayons solaires dans le bâtiment, et en entreposant l'énergie solaire transformée en chaleur, dans les murs du bâtiment, et les installations solaires pour son usage après le coucher de soleil.

La bonne connaissance du mouvement du soleil, à tout moment de l'année, aussi bien que l'intensité des radiations solaires, nous permet de profiter de ses avantages pour satisfaire nos besoins de chauffage et d'éclairage, et de minimiser ses effets indésirables en été.

2.2 Radiation solaire et ses composantes

2.2.1 Définition de la radiation solaire

Le soleil émet une énergie sous forme d'un rayonnement électromagnétique, de 178 millions de milliard de Watts sur la face éclairée de la terre, soit 350 Watts par m² à l'équateur³. Ce

¹ADEME. Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie 001 *guide de l'éco construction*. [En ligne] <http://www.ademe.fr>. Consulté en février 2007.

² [En ligne] <http://en.wikipedia.org>. Consulté mars 2007.

³ *L'énergie solaire*. [En ligne] www.inrp.fr. Consulté en mai 2007.

rayonnement peut être défini comme le déplacement de l'énergie sous forme d'ondes électromagnétiques constituant le spectre solaire.

La forme et la quantité de l'énergie solaire reçue par la terre, dépendent essentiellement de deux facteurs : la longueur d'onde du rayonnement magnétique et la couche de l'atmosphère traversée par ce rayonnement. Quant aux longueurs d'onde, elles dépendent de la température. En raison de la température élevée du soleil, les longueurs d'onde dans lesquelles le maximum d'énergie est émis recouvrent le proche Infrarouge et le visible entre 0.4 à 0.75 microns (Figure 2.1)

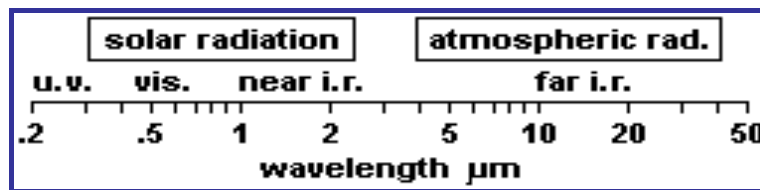


Figure 2.1 Rayonnement solaire dans le spectre électromagnétique u.v. = ultra-violet, vis = lumière visible, i.r = infrarouge R. (R.H. B. Exell,2000) ¹

De ce fait, le spectre solaire continu est composé essentiellement de:

- La lumière visible de longueur d'onde comprise entre 400 nm et 800 nm.
- Le rayonnement infra rouge (IR) de longueur d'onde inférieure à 400 nm.
- Le rayonnement ultra violet (UV) de longueur d'onde supérieure à 800nm.

L'atmosphère absorbe en grande partie les IR et les UV et peu de lumière visible. Le phénomène d'absorption est relatif à l'épaisseur d'atmosphère traversée ; plus elle est importante, plus la quantité d'énergie arrivant au sol est faible. L'énergie solaire est également réduite par l'alternance des jours et des nuits et par la variation saisonnière.

Néanmoins, entre la radiation annuelle de courte longueur d'onde en provenance du soleil, et le flux extérieur de radiation de grande longueur d'onde, un équilibre thermique est toujours maintenu ; 5% d'UV, 40% de lumière visible et 55% d'IR, porteurs de l'énergie thermique.

¹ [En ligne] R. H. B. Exel. *Introduction to solar energy*, King Mongkut's University of Technology. Thonburi. 2000

2.2.2 Composantes du rayonnement solaire

Le rayonnement qui arrive sur une surface est constitué de trois composantes : directe, diffuse, et réfléchie.

a - La composante directe : correspond au flux solaire qui provient du disque solaire et atteint directement le sol ou la paroi exposée au soleil, sans que sa direction n'ait subi de modification. C'est la composante solaire qui permet sa concentration par les systèmes optiques. Son intensité dépend de la hauteur du soleil et de l'angle d'exposition de la paroi au soleil à l'instant considéré.

b - La composante diffuse : Elle représente le rayonnement solaire renvoyé dans toutes les directions et provenant des réflexions dans les masses d'air et les nuages même lorsque le ciel est couvert, elle représente donc le flux en provenance de toute la voûte céleste. Le rayonnement diffus est toujours présent ; mais avec une faible proportion par rapport au rayonnement direct. Inversement à ce dernier, le rayonnement diffus ne peut être concentré. Comme toutes les parties du ciel émettent le même rayonnement, son flux est isotrope; et seule l'inclinaison de la paroi pondère le flux diffus incident.

c - La composante réfléchie : est celle qui provient du sol environnant renvoyant une part du flux global incident (direct et diffus), elle représente la partie du flux interceptée par la paroi suite aux réflexions solaires produite par l'environnement proche. Cette fraction qui est généralement exprimée en pourcentage s'appelle l'albédo. Elle est fonction de l'orientation et des propriétés physiques des surfaces : couleur, et texture.

2.3 Géométrie solaire

L'ensoleillement est caractérisé: par la trajectoire du soleil et la durée d'exposition. La trajectoire solaire décrit la position du soleil qui change selon les saisons. Elle influe directement l'intensité du rayonnement solaire, qui augmente avec la hauteur angulaire du soleil, et l'épaisseur d'atmosphère à traverser par les rayons. En règle générale, plus la hauteur du soleil est élevée, plus l'intensité du rayonnement solaire est importante. Cela explique la faible intensité du rayonnement à l'aube et au crépuscule où la traversée de l'atmosphère est plus longue qu'au milieu du jour où les rayons solaires ont à traverser une épaisseur d'air moindre.

2.3.1 . La course de la terre autour du soleil

Dans sa course annuelle autour du soleil, la terre effectue un tour complet sur elle-même en 24 heures autour d'un axe, qui fait un angle de $23^{\circ}27'$ avec la direction perpendiculaire au plan de l'orbite terrestre. C'est à cette inclinaison de la terre qu'on renvoie les variations saisonnières.

À midi, aux équinoxes de printemps et d'automne (21 mars, 21 septembre), le rayonnement est perpendiculaire à l'équateur, les jours et les nuits sont égaux et ont une durée de 12 heures.

Au solstice d'été correspondant au 21 juin, la hauteur du soleil à midi est de $23^{\circ}27'$ supérieure à celle de l'équinoxe. Le soleil atteint sa hauteur la plus élevée et balaie le secteur azimutal le plus large, de part et d'autre du Sud. Le rayonnement incident se rapproche de la verticale. (Figure 2.2)

Au solstice d'hiver, la situation est inversée, le soleil est beaucoup plus bas dans le ciel : il reste visible moins longtemps et balaie le secteur azimutal le plus faible¹. Le soleil étant moins haut dans le ciel, l'intensité de ses rayons est plus faible.

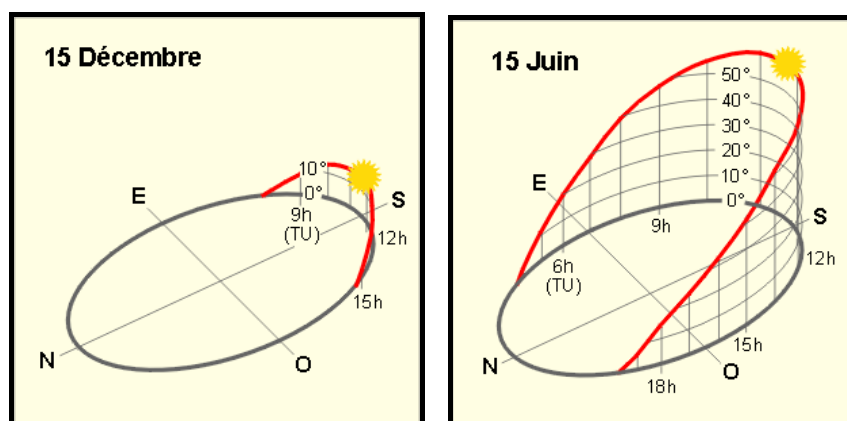


Figure 2.2 hauteur et azimut du soleil à Uccle, en fonction du temps universel, pour les mois de décembre et de juin. (UCL, 2000)²

² UCL-architecture et climat.2000. [En ligne] www-energie2.arch.vcl.ac.be/données%20

2.3.2 Les projections solaires

Pour un bon exploit de l'énergie solaire, le concepteur doit connaître la position du soleil dans le ciel à tout instant. Elle est déterminée par deux coordonnées ; la hauteur du soleil et l'azimut.

La hauteur " α " du soleil est l'angle que fait la direction du soleil avec le plan horizontal, variant de 0° pour le plan horizontal à 90° pour le zénith.

L'azimut solaire " h " est l'angle que fait le plan vertical du soleil avec le plan méridien du lieu. Cet angle vaut 0° au sud, il est conventionnellement positif vers l'Ouest et négatif vers l'Est. (Figure 2.3).

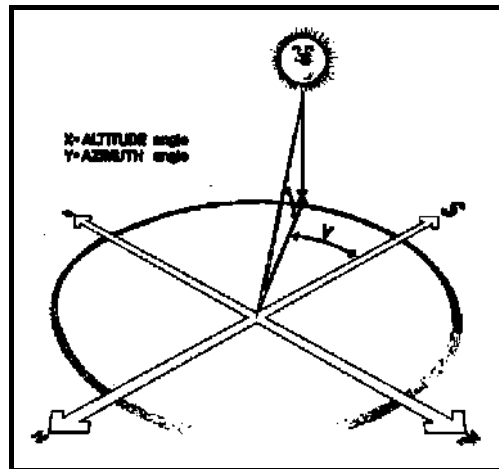


Figure 2.3 Hauteur et azimut du soleil. (D. Horton, 2000¹).

Le diagramme solaire qui est une représentation plane en coordonnées locales de la trajectoire du soleil est utilisé pour repérer le trajet du soleil à travers le ciel. Les lignes horizontales du diagramme représentent les hauteurs angulaires, les verticales représentent les azimuts. La figure suivante présente le diagramme solaire correspondant à la latitude de la ville de Constantine, de 36° Nord. (Figure 2.4)

¹ Dale Horton. *An Introduction to New Home Solar Design*. National Center for Appropriate Technology. 2001. [En ligne] www.ncat.org

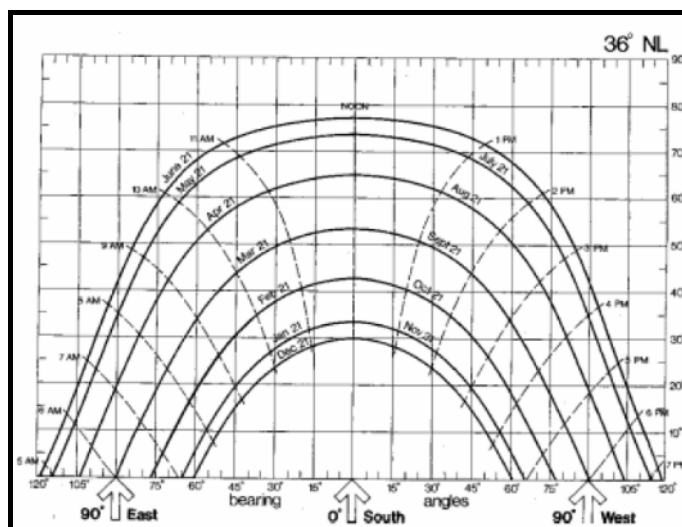


Figure 2.4 *Diagramme solaire pour une latitude de 36° nord.*
(C. Bickford, 2007¹)

2.4 Radiation et surfaces

2.4.1 L'intensité du rayonnement sur une surface

Le rayon solaire atteint la paroi sous un angle appelé angle d'incidence: défini comme l'angle entre la normale à la paroi et le rayon solaire à l'instant considéré. Il est évalué à partir de l'inclinaison, l'orientation de la paroi et la direction du rayon solaire. Comme le rayonnement solaire arrive sur la terre sous forme d'un faisceau parallèle, une surface perpendiculaire à ces rayons intercepte la densité maximale d'énergie, inclinée à partir de cette position perpendiculaire, elle voit son éclaircissement diminuer. (Figure 2.5)

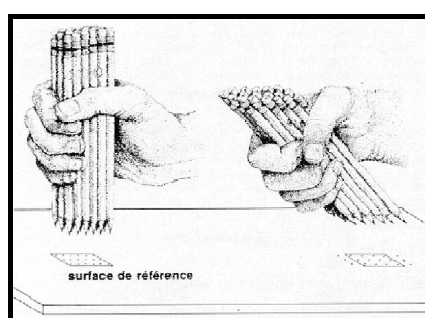


Figure 2.5 *Densité du faisceau solaire variant en fonction de l'angle d'incidence.* (:
Mazria, 1978)²

¹ Carl Bickford. *Solar Energy Primer*. Renewable Energy Program 1. San Juan College. [En ligne] e-mail bickford@sjc.cc.nm.us. Consulté en novembre 2007.

² Mazria Ed. *Le guide de l'énergie solaire passive*. Editions parentheses. 1978

2.4.2 Orientation

Puisque la position du soleil dans le ciel change tout au long de la journée et d'une saison à une autre, l'orientation de la fenêtre a un impact significatif sur le gain solaire.

Dans l'hémisphère Nord, le soleil d'hiver se lève dans le Sud-Est et se couche dans le Sud-Ouest. Il peut pénétrer profondément dans l'espace vivant, chauffant la maison quand la chaleur est nécessaire. Ainsi, la meilleure orientation des surfaces captrices est le Sud. Cette orientation facilite l'ombrage des surfaces vitrées du soleil d'été.

En effet, une protection fixe bien dimensionnée peut éliminer complètement le rayonnement direct d'été sans pour autant porter une ombre indésirable en hiver. Par contre, aucune protection fixe, horizontale ou verticale, ne permet de résoudre efficacement le problème propre aux façades Est et Ouest, où le soleil est plus bas.

2.4.3 Conduite des surfaces éclairées envers le flux solaire

Une fois le rayonnement solaire est intercepté par la paroi, trois phénomènes peuvent se produire. Il peut être directement réfléchi vers l'extérieur, transmis vers l'intérieur et/ou absorbé par le matériau. Le flux solaire est transmis par les parois transparentes et suit la même direction de départ vers les parois intérieures des bâtiments. Le pourcentage total d'énergie transmise au travers d'une paroi, à l'intérieur du local est appelé facteur solaire de la paroi FS.

Les coefficients de transmission, d'absorption et de réflexion des vitrages varient avec l'angle d'incidence du rayon solaire sur la vitre. Le facteur de transmission décroît rapidement lorsque l'angle d'incidence devient important.

Inversement aux parois transparentes, les parois opaques absorbent et réfléchissent le rayonnement solaire, une surface sombre et rugueuse absorbe toutes les longueurs d'onde dans le spectre visible, pendant que la surface transparente permet à presque la totalité du flux solaire de la traverser. Le rayonnement solaire absorbé par un matériau se transforme aussitôt en énergie calorifique, et élève la température de surface de la paroi. Un échange thermique a lieu avec l'environnement suivant les trois modes d'échanges fondamentaux, conduction, convection et rayonnement.

2.5 Mécanismes d'échanges thermiques

A chaque fois qu'un gradient de la température se produit dans un système ou quand deux systèmes avec des températures différentes sont en contact physique direct, l'écoulement de la chaleur se fait du chaud au froid. La transmission d'énergie se produit de quatre manières différentes.

2.5.1 Conduction

La conduction thermique est un mécanisme de transfert de chaleur par diffusion qui se produit essentiellement à travers un solide opaque ou entre deux matériaux en contact dont les faces sont soumises à des températures différentes. L'élément le moins chaud absorbe l'excédent de chaleur de l'autre, jusqu'à ce que l'équilibre soit atteint. Ce phénomène s'effectue par l'agitation moléculaire et la collision entre les molécules voisines possédant des énergies cinétiques différentes¹.

2.5.2 Convection

La convection est un mécanisme de transmission de la chaleur par circulation d'un fluide (air, eau, etc.), qui la véhicule à un milieu plus froid. Elle est provoquée par une variation de température ou de pression. C'est un phénomène qui s'applique donc aux fluides ou aux interfaces solide-fluide. Deux types de convection existent: naturelle et forcée.

2.5.2.1 Convection naturelle

La convection naturelle est la tendance naturelle de l'air à monter quand il est chauffé, car il devient moins dense et plus léger. Ce phénomène est observé près de surfaces froides (fenêtres), ou l'air a tendance à descendre alors que près des surfaces chaudes, il a tendance à monter.

2.5.2.2 Convection forcée

Le terme convection forcée s'applique aux mouvements d'air ou de fluide provoqués par un système mécanique. Les échanges de chaleur qui opèrent entre le fluide et la surface de la paroi, est fonction de:

- Leurs températures respectives.

¹ Markus Weiner. *Modelling mulation of a solar energy system*. Université. Stuttgart. 1992

- La nature du fluide.
- L'inclinaison de la paroi et sa rugosité.
- La vitesse de déplacement du fluide, le sens et le type d'écoulement (laminaire ou turbulent)¹.

2.5.3 Rayonnement

Pendant que le transfert de l'énergie par la conduction et la convection exige la présence d'une matière, le rayonnement est un processus par lequel la chaleur est émise sous forme d'ondes électromagnétiques. Le rayonnement se produit plus efficacement, à travers un vide. (Figure 2.6)

Tous les matériaux émettent l'énergie radiante, cependant l'intensité des émissions dépend de la nature du matériel, de son facteur d'absorption (a), de son facteur de réflexion (r), et de sa température. Tandis que le taux du rayonnement qu'un corps absorbera dépend de sa température, de la taille de sa surface et de sa finition, et de l'angle d'incidence des rayons sur sa face. Une surface qui absorbe tout le rayonnement incident s'appelle corps noir.

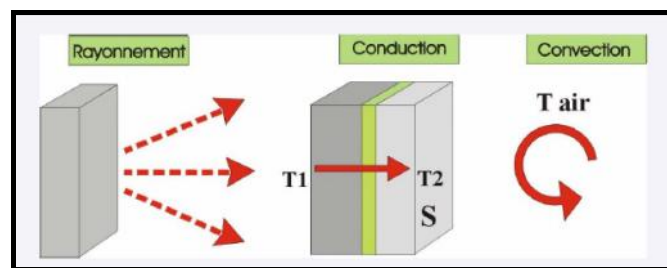


Figure 2.6 *Echange de chaleur entre le bâtiment et son environnement* (*Mémento*, 2003.²

2.5.4 Évaporation ou condensation

Le changement d'état liquide ou gazeux produit une absorption ou une émission de chaleur. Les phénomènes d'évaporation et de condensation qui ont lieu dans un bâtiment permettent le transfert de la chaleur et impliquent par conséquent, un changement dans l'ambiance : Ce phénomène accélère le refroidissement de l'air, il est observé dans les espaces fortement vitrés tels que les vérandas.

¹ Markus Weiner. *Modelling mulation of a solar energy system*. Université at Stuttgart. 1992

² [en ligne] *Mémento technique du bâtiment. Pour le chargé d'opération de constructions publiques*. Centre d'étude sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques. Juillet 2003.

2.6 Procédés solaires passifs

Dans le bâtiment les gains solaires sont utilisés dans l'éclairage des espaces intérieurs, et le chauffage de l'air et de l'eau. Les systèmes d'exploitation passive de l'énergie solaire peuvent être classés selon trois catégories : systèmes à gain direct, à gain indirect, et à gain isolé.

2.6.1 Système à gain direct

La plus simple approche d'utilisation de l'énergie solaire est un dessin du gain direct : le passage direct du flux solaire dans l'espace, est réalisé par la portion vitrée de la paroi faisant face au sud, ce flux solaire est alors converti en énergie thermique. (Figure 2.7 et 2.8)

Afin qu'un espace serve de capteur solaire, il doit posséder des éléments de collection solaire et de stockage thermique pour intercepter directement la radiation, et/ou absorber l'énergie reflétée. La masse thermique peut être localisée dans le sol, le plafond et les éléments de mur dont les matériaux peuvent varier de la maçonnerie à l'eau.

Tant que la température de la pièce est haute, les masses de stockage situées dans les murs, et sols gardent la chaleur. Le soir, quand les températures extérieures fléchissent, le courant de la chaleur dans les masses de stockage est inversé et la chaleur est relâchée à l'espace intérieur pour atteindre l'équilibre thermique.

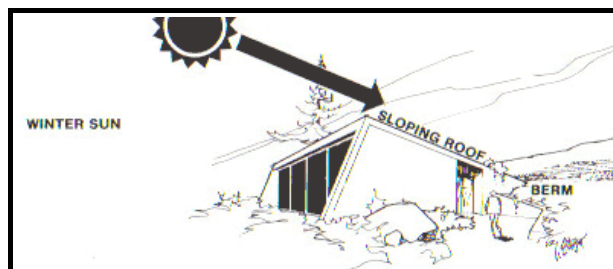


Figure 2.7 *Maison à gains direct façade sud largement vitrée, façade nord abritée. (le manuel, 2007¹)*

Dans un système à gains directs, le rapport de la surface de la paroi vitrée à la surface totale de l'espace à chauffer est un paramètre important. B. Givoni² fixe ce rapport à 10 à 15 %, toutefois il peut arriver à 30% pour les solariums dans une région à étés chauds.

¹ *Passive Solar Heating & Cooling Manual* - Page 2 of 4. [en ligne] www.azsolarcenter.com. Consulté en Juin 2007.

²Baruch.Givoni. *climate considerations in building and urban design*. 1998 pp153

Ed. Mazria¹ donne le rapport de 0.19 à 0.38 pieds carrés de paroi vitrée orientée au Sud pour chaque pied carré de surface au sol intérieur, pour maintenir une température de confort (+18 °c à +21°c), pendant les mois hivernaux dans les climats froids. Dans les climats plus modérés les mêmes températures peuvent être atteintes avec 0.11 à 0.25 pieds carrés de surfaces vitrées.

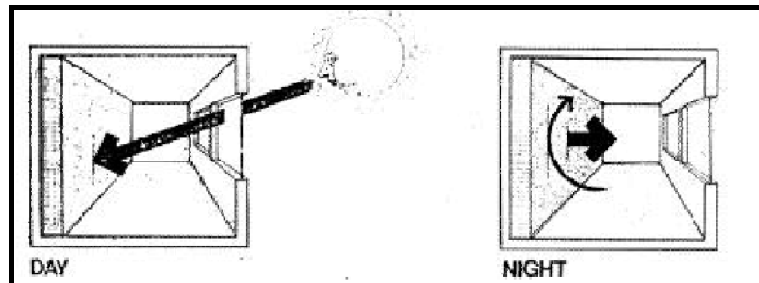


Figure 2.8 *Stockage d'un Système à gain direct. (Le manuel, 2007)*².

2.6.2 Système à gain indirect

Les systèmes à gains indirects, sont une approche solaire passive où les éléments de stockage thermiques sont placés entre le soleil et l'espace habitable intérieur ; le chauffage de cet espace est alors indirect. Les deux applications fondamentales de chauffage à gains indirects sont : le mur capteur accumulateur, et les toitures bassins.

2.6.2.1 Le mur capteur accumulateur (*mur Trombe*)

C'est un mur de couleur sombre placé à 10 cm derrière un vitrage faisant face au sud disposant d'orifices à passage d'air, dans ses deux extrémités supérieure et inférieure. Son principe de fonctionnement repose sur l'effet de serre résultant de l'énergie solaire captée par le pan de verre et piégée dans le vide existant entre le vitrage et le mur. L'air chaud est transmis à l'intérieur par convection naturelle, à travers les orifices supérieures, l'air frais est tiré à travers les prises d'air inférieures pour être chauffé à nouveau et accéder à l'intérieur rapportant des calories pour le chauffage hivernal. Cette convection naturelle peut continuer après le coucher de soleil tant que la surface extérieure du mur de stockage thermique est encore chaude. La nuit, quand la surface extérieure commence à refroidir la convection est

¹ Mazria. Ed. *Le guide de l'énergie solaire passive*. Editions parenthèses, pp99

² *Passive Solar Heating & Cooling Manual* – Page 2 of 4. [En ligne] www.azsolarcenter.com. Consulté en Juin 2007.

inversée, les prises d'air supérieures doivent alors être fermées, le local sera chauffé par la chaleur absorbée puis libérée par la masse thermique du mur. (Figure 2.9)

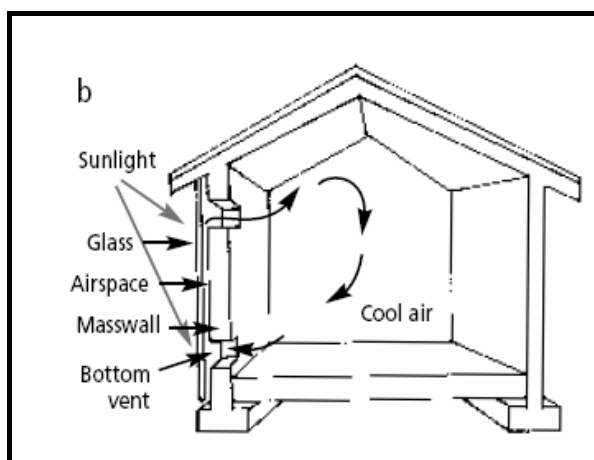


Figure 2.9 Principe de fonctionnement d'un Mur trombe. (J. D. Balcomb, 2007¹)

2.6.2.2 La toiture bassin

Dans cette approche du gain indirect, le stockage thermique est placé horizontalement, au dessus du volume habitable facilitant ainsi le chauffage et le refroidissement des espaces en dessous. La toiture bassin utilise l'eau comme moyen de stockage : Son fonctionnement est tel qu'en hiver, la radiation solaire chauffe l'eau qui rayonne directement l'énergie dans l'espace vivant pendant le jour, la nuit la chaleur absorbée dans la masse thermique de l'eau est rayonnée vers l'espace vital afin d'assurer une grande part du besoin en chauffage. Ce système est doté d'occultation mobile pour prévenir des pertes de chaleur nocturnes en hiver, et éliminer la possibilité de captage en été. L'avantage de cette approche est qu'elle est indépendante de l'orientation. (Figure 2.10).

¹ J. Douglas Balcomb, Ph.D. *Passive Solar Ahead. Why the hot building technology of the future may be the mature and proven one.* [en ligne] www.solartoday.org. Consulté en Juillet 2007.

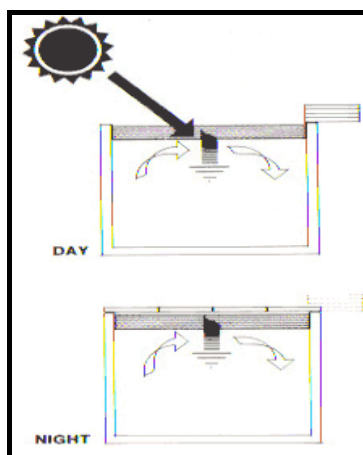


Figure 2.10 *Toiture bassin.* (Le manuel, 2007)

2.6.2.3 La véranda

Les deux procédés de chauffage solaire : à gains directs et indirects sont combinés dans une nouvelle approche passive appelée serre ou véranda. Le volume de la véranda est chauffé par les gains directs instantanés, alors que le volume habitable adjacent à la serre est chauffé sur le principe de gains indirects. (Figure 2.11)

L'espace de la véranda est sujet à des fluctuations importantes de température, faisant de lui un espace inconfortable la plupart du temps. Pendant les journées ensoleillées même hivernales, la surchauffe est prévisible dans cet espace par effet de serre. La nuit où les températures extérieures s'abaissent considérablement, une diminution rapide de température, due à la conductivité thermique du verre et à sa faible épaisseur se produit dans la véranda.

Inversement, en jouant sur les déphasages, l'espace adjacent à la véranda peut être plus confortable, les fluctuations de températures étant réduites, l'air y est plus chaud la nuit par restitution de la chaleur absorbée pendant le jour. Même pour les jours nuageux, l'espace de la véranda qui est plus exposé aux déperditions par sa grande surface vitrée, constitue une zone tampon à l'espace adjacent, le protégeant du froid, et du vent.

Pour les jours nuageux, ou on assiste à une baisse de température intérieure en moyenne de quatre degrés par jour, les conditions confortables peuvent être maintenues pour deux jours sans chauffage supplémentaire exigé.¹

¹ *Passive Solar Heating & Cooling Manual* - Page 2 of 4 [en ligne] www.azsolarcenter.com. Consulté en Juin 2007.

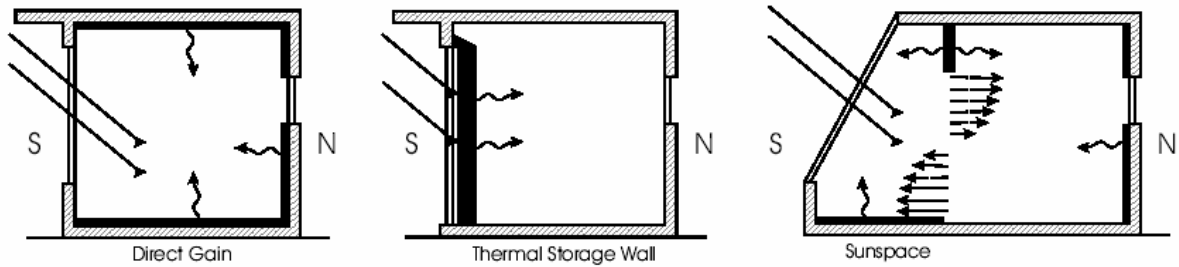


Figure 2.11 Procédés de chauffage solaire passif. (J. D. Balcomb, 2007).

2.6.3 Système à gain isolé

Finalement, l'approche du dessin du gain isolé ou séparé se caractérise par la séparation entre : le captage et le stockage d'une part, et le stockage et les pièces d'habitation d'autre part. L'installation thermique peut donc fonctionner indépendamment du bâtiment. Elle utilise un fluide (liquide ou air) pour transporter la chaleur captée par un capteur plat à une citerne de stockage qui se trouve au dessus du capteur, il se crée ainsi un mouvement convectif du fluide, tant que le soleil brille. (Figure 2.12)

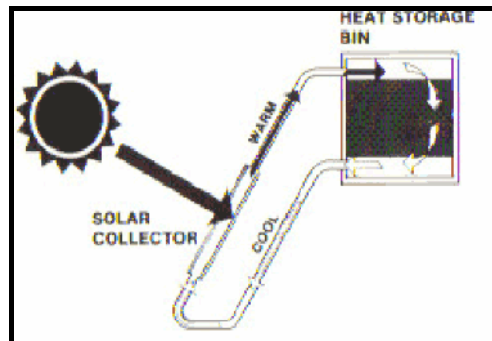


Figure 2.12 système à gain isolé. (Le manuel, 2007)

Le système de véranda est habituellement conçu afin que le collecteur et les éléments de stockage puissent être isolés du reste de la maison pendant les périodes froides et non ensoleillées, ou en périodes chaudes où il y a un excès de gains solaires.

Selon la définition du guide de l'énergie renouvelable¹, les vérandas sont des systèmes à gain isolé ; dans la mesure où elles sont des collecteurs de chaleur solaires passifs, construits sur un côté d'un bâtiment. Elles sont chauffées par le soleil, la chaleur est ensuite transférée aux pièces avoisinantes.

¹ [en ligne] *Free heat passive solar, active solar, and heat pumps. The homeowner's guide to renewable energy.* Chapter 4

2.7 Le rôle du vitrage dans le bilan thermique

Les vitrages sont 10 fois moins isolants qu'un mur opaque. Utilisés dans le domaine de construction ils sont responsables de situations de confort ou d'inconfort visuel et thermique selon leurs caractéristiques et les conditions climatiques.

Le rôle positif des vitrages dans le bilan thermique hivernal est obtenu par l'effet de serre. Les matériaux courants qui produisent l'effet de serre: sont le verre surtout s'il est clair, et les matériaux translucides.

2.7.1 Effet de serre

Tout corps transmet de la chaleur par rayonnement au monde qui l'entoure mais celui-ci peut être composé de différentes proportions de longueurs d'ondes¹. La longueur d'onde du rayonnement émis dépend de la température du corps.

La température du soleil étant voisine de 6 000°C, le rayonnement solaire est principalement composé de longueurs d'onde courtes, (seulement environ 1% d'UV et de l'infrarouge proche (IR), tandis que le rayonnement émis par les corps terrestres dont la température courante est voisine de 20°C)² est plutôt à grandes longueurs d'onde IR.

Le verre est transparent pour le rayonnement solaire de courte longueur d'onde, mais opaque pour le rayonnement infrarouge IR. Le caractère sélectif du verre, fonction de la longueur d'onde du rayonnement, admet le passage de presque toute la radiation solaire qu'il intercepte à l'intérieur. La radiation solaire transmise finit par être réfléchié suivant les caractéristiques solaires des parois ou absorbée par les objets, le sol, et les parois du local qui s'échauffent et émettent un rayonnement thermique de grandes longueurs d'ondes. Ce dernier est inapte à retraverser les parois par lesquelles il s'est introduit, la chaleur est piégée ; il s'agit du phénomène de l'effet de serre. (Figure 2.13)

¹ P. Lavigne et coll. Architecture climatique. Une contribution au développement durable. Édition Edissud. 1994. tome 1. p 24

² Apport solaire et effet de serre. [en ligne] <http://mrw.wallonie.be/energieplus>. juin 2007.

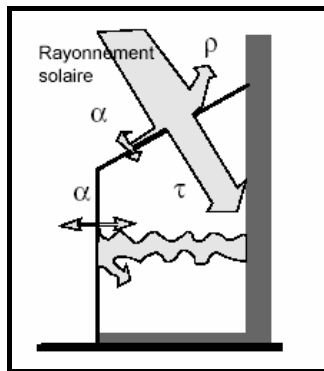


Figure 2.13 *Effet de serre*, (G.P.A,¹).

2.7.2 Déperditions thermiques à travers les vitrages

Les vitrages qui admettent le passage du flux solaire pendant le jour sont responsables de pertes de chaleur pendant la nuit, ils sont à l'origine de fluctuations de température qui produisent l'inconfort à l'intérieur de l'espace occupé. La différence entre la chaleur gagnée et la chaleur entreposée déterminera pour une grande part la variation de la température sur une période de 24 heures. Près de 65 % de toute la chaleur gagnée à travers les fenêtres solaires pendant un jour hivernal clair peuvent être perdus pendant la nuit². Cela veut dire que pendant le jour, toute la quantité de la chaleur gagnée doit être entreposée pour compenser les pertes de nuit.

2.7.3 Vitrage et matériaux translucides

Le vitrage est l'élément clé de l'architecture climatique, la connaissance de ses propriétés est cruciale pour le calcul du potentiel de l'énergie économisée dans un système passif. Les effets thermiques d'une portion vitrée de la paroi dépendent des propriétés spectrales du verre et de la présence ou l'absence d'une occultation. Les coefficients "U" et "g" sont les deux principaux coefficients qui doivent être pris en considération pour le choix du type de vitrage le plus approprié au climat.

"U" indique l'inverse de la résistance thermique entre l'intérieur et l'extérieur, et "g" représente la fraction du rayonnement solaire incident, absorbé ou transmis, et transformé en chaleur dans le bâtiment.

¹ *La fenêtre et la gestion de l'énergie - Guide pratique pour les architectes*. Annexe 5 .Glossaire

² *Passive Solar Heating & Cooling Manual* - Page 2 of 4. [en ligne] www.azsolarcenter.com

Examinant le chemin de l'énergie lumineuse arrivant sur un vitrage clair, on observe une part directement réfléchiée, une part absorbée par le vitrage et une part transmise. Le rapport entre ces parts est variable selon les propriétés optiques du verre, et l'adjonction de plusieurs vitres à la vitre existante qui permet de récupérer une partie du rayonnement émis par la vitre vers l'extérieur. Mais une partie de la transparence est perdue. Toutefois la somme est toujours égale à 1. (Figure 2.14)

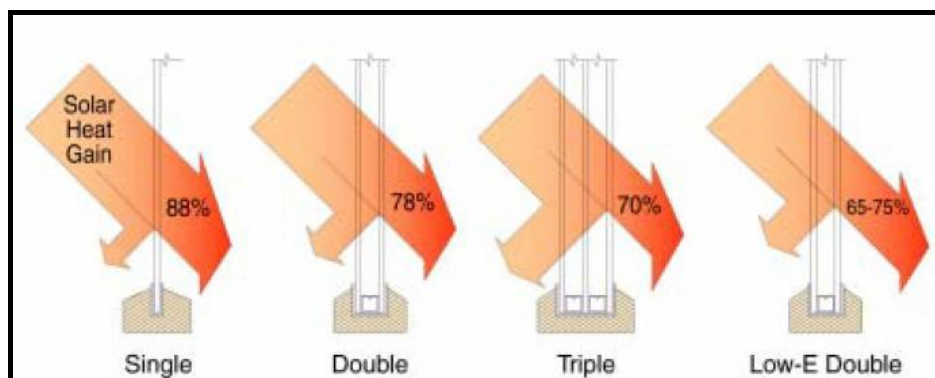


Figure 2.14 *Transmission et réflexion de l'énergie solaire à travers le vitrage. (R.B.P.G, 2004)¹.*

Selon l'opacité des verres ; les principaux types sont les verres clairs, les verres réflécheurs, les verres absorbants et les verres gris. Les verres gris et colorés (anti-éblouissants) absorbent plus la partie visible du spectre solaire².

Table 2.1 résume les valeurs de gains de chaleur par différents types de verres, en distinguant la partie directement transmise par le verre et le gain solaire résultant de l'absorption du rayonnement.

Types de verres	Transmission directe	Gain du au rayonnement absorbé.	Total
Verre clair	74	9	83
Verre absorbant lumière chaleur	20	25	45
Verre gris	30	30	60
Verre laqué	38	17	55

Table 2.1 *gains de chaleur par différents types de verre. (B.Givoni, 1978)*

¹ *Retrofit Best Practices Guide: How to Save Energy When You Fix Up the Outside of Your Not-So-New House.* January 6, 2004

² Baruch. Givoni. *Climate considerations in building and urban design.* 1998. (251-253)

Ces dernières années, le vitrage a subi des améliorations technologiques faisant de la fenêtre un paramètre de conception important. Il en a découlé une grande gamme de vitrages qui possèdent des performances différentes du point de vue transmissions lumineuse et acoustique, et résistance aux sollicitations diverses. Selon leurs caractéristiques optiques et thermiques, les verres peuvent être classés comme suit :

2.7.3.1 Verres réfléchissants

Ils réduisent les apports solaires et par suite contribuent à augmenter les consommations liées à l'éclairage. Ils sont employés afin de limiter l'éblouissement et les surchauffes en été.

2.7.3.2 Les verres absorbants

Réduisent sensiblement la lumière et l'énergie transmise.

2.7.3.3 Les verres peu émissifs

Dont la conductivité est réduite, réduisent les pertes de chauffage, sans réduire l'effet de serre et ont donc tendance à contribuer à l'augmentation de chaleur dans les locaux.

2.7.3.4 Les verres sélectifs

Permettent le passage du rayonnement visible, tout en limitant le passage des infrarouges. Ils ont donc un effet positif sur le confort d'été en réduisant les apports solaires dus aux infrarouges, cependant leur effet est négatif pour le bilan hivernal.

2.7.3.5 Le matériau transparent isolant (TIM)

C'est un matériau qui possède la particularité de maximiser l'effet de serre, et de réaliser un rendement de captage le plus élevé possible en recherchant une bonne transmission du rayonnement solaire et des pertes thermiques les plus faibles possibles¹. Sa conductivité est plus faible que les verres ordinaires, l'incapacité à réduire les apports solaires en été est son inconvénient majeure.

¹ Bruno Peuportier. *L'isolation transparente : une nouvelle technologie au service du solaire thermique*
Ecole des Mines, Centre d'énergétique.

2.7.3.6 Vitrage à haut rendement (HR)

Le vitrage HR est un double vitrage super isolant qui constitue une barrière contre le froid grâce à l'utilisation d'une fine couche de métaux, pratiquement invisible dans le double vitrage, et qui permet de réfléchir la plus grande partie de la chaleur ambiante vers l'intérieur¹.

Table 2.2 résume les caractéristiques de chaque type de vitrage.

Type de vitrage		Coefficient U [W/m²K]	Transmission lumineuse TL [%]	Facteur solaire FS [%]	Aspect en réflexion
Simple	Clair (8 mm)	5,8	90	86	Neutre
	Clair	2,8	81	76	Neutre
Double	Clair basse émissivité	1,6	70	55	Neutre
	Clair absorbant	2,8	36 à 65	46 à 67	Vert, bronze, bleu, rose...
	Clair réfléchissant	2,8	7 à 66	10 à 66	Argenté, métallique, doré, gris, vert, bleu...
	Clair basse émissivité et réfléchissant	1,6	71	40	Neutre
	Clair basse émissivité + gaz isolant	1,1 à 1,3	70	55	Neutre
	Clair basse émissivité et réfléchissant + gaz isolant	1,1 à 1,3	71	40	Neutre
	Triple	Clair	1,9	74	68
	Basse émissivité à basse température	0,6	69	53	Neutre

Table 2.3 Caractéristiques relatives aux différents types de vitrage. (Guide P. C.R.R, 2007)².

2,7.4 Influence du type de verre sur le bilan thermique d'une véranda

L'étude des différents types de vitrages révèle le caractère souvent contradictoire de leurs fonctions thermiques qui peuvent être résumées ainsi:

- Augmentation des gains solaires qui contribuent au chauffage des locaux en hiver,
- Augmentation des déperditions thermiques d'hiver par temps nuageux ou la nuit. Les vitrages abaissent la température d'ambiance par effet de paroi froide.

¹ Isolation thermique renforcée vitrages hr (a haut rendement). Incitant fiscal & primes. Mai 2004. [En ligne] www.vgi-fiv.be

² Guide pratique pour la construction et la rénovation durables de petits bâtiments. Recommandation pratique ene06 –Bruxelles février 2007

- Augmentation des apports solaires d'été, qui favorisent les surchauffes, et augmentent les besoins de refroidissement. Le seul moyen de réduction de ces apports solaires est l'occultation des parois vitrées.

Le rayonnement solaire transmis dans le bâtiment est influencé par le facteur solaire et la transmission lumineuse du vitrage. Si l'on se réfère au cas de véranda ou de balcon vitré, la réduction de la lumière du jour dans les pièces adjacentes, est évidente même sans aucune structure supplémentaire autre que le verre.

Le vitrage simple transmet plus de lumière du jour qu'un vitrage double ; Ceci est dû essentiellement au coefficient de déperdition thermique qui est : de 4,25 kwh/m² pour un vitrage simple, et provoque une sensation d'inconfort appelée effet de paroi froide plus important que celui du vitrage double dont le coefficient de déperdition thermique est de 2,9 kwh/m². Comparé au premier, il présente seulement sa moitié¹.

Cette comparaison illustre l'importance du choix du type de vitrage à employer dans la conception d'une véranda. Cependant, il est impératif de déterminer le niveau de température souhaité et les exigences thermiques des locaux, avant de choisir le type de verre à employer dans le bâtiment.

Le concepteur doit agir afin que la véranda assure un bilan thermique positif, qui dépend directement de :

- L'amélioration de la transparence du verre à la lumière.
- D'une action sur l'angle d'incidence du rayonnement solaire sur le verre: plus le rayon est proche de la perpendiculaire au verre plus il le traverse mieux qu'un rayon rasant.
- D'une action sur l'absorption des parois opaques, qui est fonction de la rugosité et de la couleur ; les couleurs sombres absorbent mieux la lumière que les couleurs claires.

2.8 Protections solaires

2.8.1 Rôle des protections solaires

Les bâtiments contemporains à façades largement vitrées sont souvent sujets à la réception d'intenses rayonnements solaires, qui peuvent être souhaitables en période de froid, mais conduisant à des risques d'éblouissement et de surchauffe, en période chaude. Les dispositifs

¹ *Conception thermique de l'habitat. Guide pour la région Provence-Alpe-Cote d'Azur.* Edisud.1988. p46

de protection solaire viennent au secours du confort thermique et visuel en réduisant les surchauffes et les risques d'éblouissement, notamment par affectation de la quantité du rayonnement incident, modification et contrôle des températures intérieures.

Les architectes ont mis en œuvre des formes et des objets architecturaux destinés à contrôler l'ensoleillement; toutefois leur performance est étroitement liée à la géométrie, à l'orientation et à la latitude¹. Ces dispositifs d'ombrages peuvent être : mobiles ou fixes, internes et externes.

2.8.1.1 Dispositifs de protection fixes

Les dispositifs de protection solaire fixes sont des éléments architecturaux majeurs. Ils sont souvent utilisés par les architectes comme moyen d'expression architecturale. Parmi lesquels pilastres, péristyles, brise-soleil, consoles tels que balcon, loggia, saillies, refends, débord de toitures et toutes sortes d'éléments structurants. Ils permettent d'intercepter le rayonnement solaire, et protègent aussi bien les parois opaques que transparentes.

Ils constituent des parties intégrantes de l'enveloppe, ou du vitrage ; interdisent l'entrée totale ou partielle du rayonnement solaire à l'intérieur du bâtiment, et influencent considérablement les performances thermiques et l'éclairage naturel. (Figure 2.15)

Les avancées horizontales, appelées aussi auvents ou casquettes, sont les plus répandues des protections fixes. Elles sont largement employées pour le contrôle du rayonnement solaire direct pour les incidences fortes (proches de la verticale), elles sont utilisées en priorité sur les façades Sud dans l'hémisphère Nord. Bien que ce type soit efficace contre le soleil d'été, il laisse passer le soleil d'hiver à incidence faible, il a également l'avantage de pouvoir arrêter le soleil direct avant son entrée dans le bâtiment.

Les dispositifs fixes verticaux appelés joues ou saillies, protègent la fenêtre contre le rayonnement solaire bas de direction Est et Ouest. La combinaison des éléments verticaux et horizontaux est appliquée aux bâtiments situés dans des climats chauds.

¹ M. Velay-Dabat . J-L. Izard et P. Bonifait. *Maîtrise des ambiances Contrôle de l'ensoleillement et de la lumière en architecture. Développement d'un outil commun au contrôle solaire et au contrôle lumineux: la projection sphérique équidistante zénithale*. Edition 2004.

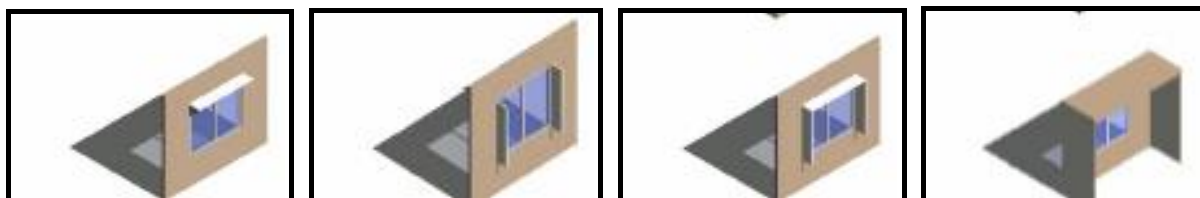


Figure 2.15 *Protections solaires fixes. (Berkeley, 2006).*¹

Les protections fixes ont un inconvénient majeur qui est la dépendance de leur degré de performance de la course solaire plutôt que des considérations climatiques du site.

Ce qui conduit à un ombrage même quand le chauffage est nécessaire. Les systèmes fixes limitent forcément la pénétration des rayonnements diffus provenant de certains angles qui seraient parfois bien utiles pour l'éclairage naturel par ciel couvert¹.

2.8.1.2 Protections mobiles

Les occultations mobiles ou ajustables, commandées manuellement ou automatiquement, fournissent plus de flexibilité parce que les lames peuvent être rétractés et inclinés, selon les conditions extérieures.

Le but de leur mise en place est de réduire la pénétration solaire au moment où le rayonnement est maximal. Elles sont placées suivant diverses orientations, et permettent le contrôle efficace des incidences basses des rayonnements diffus ou réfléchis et de l'éblouissement, sans réduire les niveaux intérieurs d'éclairement naturel.

Elles peuvent être situées à l'extérieur, et le plus souvent à l'intérieur, ou entre les vitres d'un double ou triple vitrage. C'est à travers la manipulation des dispositifs d'occultation que la lumière est admise dans le bâtiment ou au contraire empêchée quand cela est nécessaire. Ces systèmes doivent être suffisamment robustes pour résister au vent.

Tandis que les dispositifs fixes sont conçus principalement pour projeter l'ombre sur les parois vitrées et opaques, les systèmes d'occultation mobiles peuvent être employés pour contrôler le gain thermique, pour réfléchir la lumière du soleil et pour réduire l'éblouissement. Ils peuvent être manipulés de telle sorte que la luminance interne ne soit pas trop réduite.

¹ Lawrence Berkeley. *National Laboratory. high-performance commercial building façades. Pier final project report.* May 2006

Les systèmes mobiles automatisés peuvent réduire jusqu'à 10 % de l'énergie solaire incidente sur la façade. Néanmoins, leur problème principal demeure leur durabilité; ils demandent plus d'entretien et de réparation que les systèmes fixes².

2.8.1.3 Les protections extérieures

En interceptant le rayonnement solaire avant sa pénétration dans le bâtiment, les systèmes externes sont les plus efficaces pour empêcher les gains solaires. Car, une fois entrés, le seul moyen de le renvoyer est la réflexion de la portion visible et proche-infrarouge du rayonnement solaire, et la convection du rayonnement de grande longueur d'onde³.

La protection extérieure peut être fournie par des lamelles horizontales ou verticales multiples. Faites en acier galvanisé, en aluminium ou en PVC, les lamelles peuvent avoir des réflectivités différentes. (Figure 2.16)

Les systèmes de protections extérieures qui couvrent la face entière de la fenêtre doivent permettre la circulation d'air libre. L'efficacité de ce type de protections solaires augmente lorsque la couleur est plus sombre.

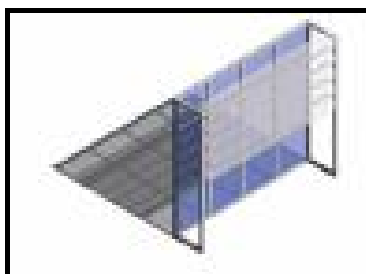


Figure 2.16 *Protections solaires fixes. (Berkeley, 2006).*⁴

2.8.1.4 Protections intérieures

Les systèmes intérieurs se présentent sous forme de stores vénitiens, stores à enroulement ou rideaux. Ils protègent les occupants des effets directs du rayonnement solaire et de l'éblouissement, et peuvent être utilisées pour assurer l'intimité.

¹ [en ligne] Tareb. *Intégration Architecturale. Chapitre 2 Intégration aux bâtiments.* p26. [en ligne] www.learn.londonmet.ac.uk/packages/tareb/en/index_lea.html.

² [En ligne] Tareb. *Intégration Architecturale. Chapitre 2 Intégration aux bâtiments.* p26. [en ligne] www.learn.londonmet.ac.uk/packages/tareb/en/index_lea.html.

³ Lawrence Berkeley National Laboratory. *High-performance commercial building façades. Pier final project report.* May 2006

⁴ Lawrence Berkeley National Laboratory. *high-performance commercial building façades. Pier final project report.* May 2006

Ils ont l'avantage majeur de procurer une bonne protection solaire durant la saison chaude, sans limiter les gains solaires en hiver ni réduire l'éclairage ou la ventilation naturelle. Leur manipulation facile permet de les tirer seulement quand l'incidence du soleil le nécessite.

Les dispositifs de protection solaire intérieurs sont moins efficaces que ceux placés à l'extérieur. Car une fois admise dans le bâtiment, la radiation solaire est absorbée par les éléments opaques ou transparents, élevant ainsi la température intérieure. Par conséquent ils ne doivent jamais être de couleur foncée.

Munis de revêtements réfléchissants, ils peuvent réfléchir une partie du rayonnement solaire vers l'extérieur, et réduisent cet effet de serre, néanmoins une autre partie est toujours transmise.

Inversement aux dispositifs de protection extérieurs, l'efficacité est déterminée par le facteur de réflexion, elle augmente lorsque la couleur est plus claire. La figure 2.17 indique que l'occultation intérieure sombre est la moins efficace, suivie d'une occultation intérieure claire. Concernant la position de l'occultation vis-à-vis du vitrage, l'occultation extérieure est toujours meilleure.

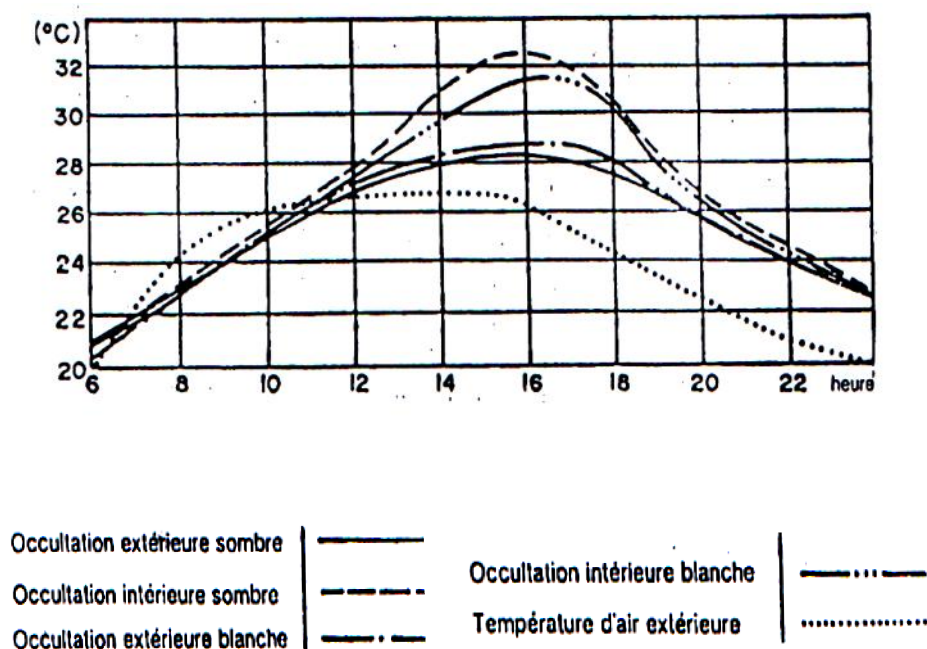


Figure 2.17 Régimes de températures intérieures pour différents systèmes d'occultation. (B. Givoni, 1978)

Une comparaison des facteurs solaires de différents types de protections montre l'efficacité de chacune : le facteur solaire des baies vitrées courantes équipées de fermetures est compris

entre 3 et 15% ; celui des stores extérieurs peut atteindre 25% contre 70% pour des protections intérieures.¹

***La végétation** est aussi un moyen efficace d'ombrage des fenêtres, des façades entières et des toits du rayonnement solaire. L'efficacité de ce moyen d'ombrage dépend du type de plante (arbres, arbustes ou vignes), de l'espèce, et de l'âge. Les arbres à feuilles caduques favorisent une occultation en période chaude et laissent passer le rayonnement direct en hiver.

*La technologie dans la production de vitrages a élargi le champ d'utilisation de ce matériau de construction. L'application de films réflecteurs sur des vitrages à hautes performances peut accroître la protection solaire.

2.8.2 Calcul des occultations

Les systèmes de protection doivent être dimensionnés pour résoudre à la fois les besoins d'efficacité de protection solaire, d'économie d'énergie, et d'éclairage naturel.

Pour réussir leur dimensionnement, la position du soleil tout au long de l'année doit être prédite pour la latitude considérée. La méthode de la projection stéréographique, est la plus largement utilisée, afin de déterminer les occultations et leur impact en termes d'ombre portée. Szokolay¹ a défini trois étapes de base à prendre en compte:

- a- Identifier les périodes pour lesquelles, une protection saisonnière et journalière est nécessaire, le type de bâtiment, sa masse thermique, et les gains internes sont à prendre en considération.
- b- Calculer les performances requises pour le système de protection solaire en définissant les angles horizontaux et verticaux en projection de protection stéréographique.
- c- Dimensionner le système pour répondre aux performances attendues.

2.8.2.1 Les angles d'ombre horizontaux et verticaux

L'angle d'ombre horizontal HSA correspond à la différence en azimut entre la position du soleil et l'orientation de la façade du bâtiment considéré ($HSA = \text{azimut} - \text{orientation}$). Le HSA permet d'évaluer la performance d'un système de protection solaire vertical (figure 4.18). Il est représenté sur le diagramme solaire par des rayons.

¹ Webzine.baies et vitrages. <http://webzine.cstb.fr>. Publié le 09/06/2006

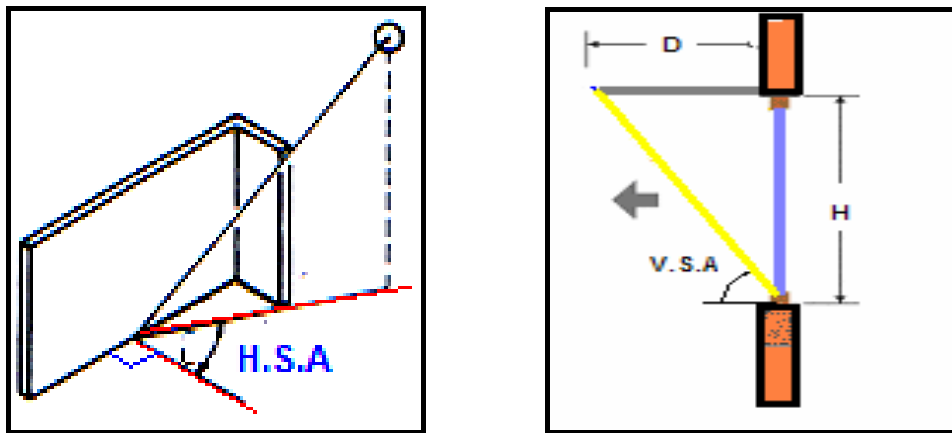


Figure 2.18 Angles d'ombre Horizontal et vertical. (S. Sockolay, 1980², modifié par auteur).

L'angle d'ombre vertical VSA est mesuré dans le plan perpendiculaire à la façade du bâtiment et indique la performance d'un système de protection solaire horizontal. Représenté sous forme d'arc, le V.S.A. découle du H.S.A et de l'angle d'élévation du soleil. On le calcule par la formule suivante³ :

$$\text{tg V.S.A} = \text{tg de l'angle d'élévation} / \cos \text{H.S.A}$$

Après définition des performances d'occultation souhaitées, le concepteur peut choisir avec une grande liberté un système parmi une grande gamme de systèmes d'occultation qui varient en taille et en forme ; mais qui fonctionnent de manière identique. Le choix du système de protection solaire est le plus souvent dicté par des considérations de style.

2.8.3 Évaluation de la performance de la loggia comme moyen d'occultation dans l'échantillon étudié

La loggia est une combinaison de protections fixes horizontales et verticales, placé devant le séjour elle lui assure la protection nécessaire contre le rayonnement solaire estival intense, et le vent froid hivernal.

¹ Koenigsberger, et coll. *Manual of tropical housing and building. Part 1. Climatic design.* Edition Longman. 1980. pp 111- 117

² Koenigsberger, et coll. *Manual of tropical housing and building. Part 1. climatic design.* Edition Longman. 1980. p112.

³ D.G. Stephenson. *Principes d'installation des écrans pare-soleil.* [en ligne] http://irc.nrc-cnrc.gc.ca/pubs/cbd/cbd039_f.html

L'application de la méthode de calcul des occultations expliquée plus haut, va permettre d'évaluer sa performance comme moyen d'occultation de l'espace séjour, et d'étudier la possibilité de passage de rayons solaires en période froide.

Deux objectifs sont visés par l'étude des occultations :

- La détermination des masques architecturaux les plus adaptés pour la paroi de la loggia.
- Evaluation de la loggia (cas d'étude), et de sa performance quant à l'occultation de la paroi du séjour en période chaude, et à la possibilité de passage de rayons solaires en période froide.

2.8.3.1 Calcul des occultations (cas d'étude)

La méthode employée pour déterminer les masques architecturaux, repose sur le dessin de la zone de surchauffe sur la carte des isothermes (voir annexes), puis son report sur le diagramme solaire, la superposition de l'abaque des angles d'ombre permet d'établir un choix d'angles réduisant les surchauffes en période chaude et maximisant les gains solaires pour le chauffage, en période froide.

Pour une orientation Sud, les valeurs de 60° pour l'angle d'ombre horizontal HSA, et de 40° pour l'angle d'ombre vertical VSA sont retenues. (Figure 2.19)

Détermination des avancées verticales (flancs) Y :

La paroi du séjour abrité par la loggia est de 3,10 m de longueur et de 2,7m de hauteur.

$$Y = 1,57 / \tan (40^\circ) = 1,89 \text{ m.}$$

Détermination de l'auvent X :

$$X = 2,70 / \tan (60^\circ) = 1,56 \text{ m. (voir table 2.4)}$$

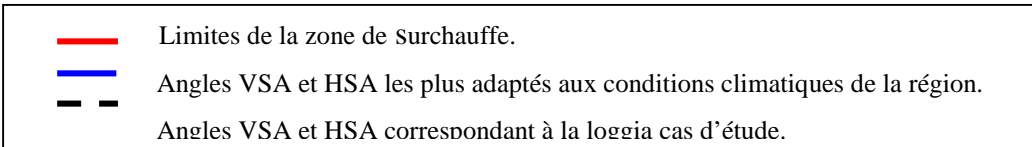
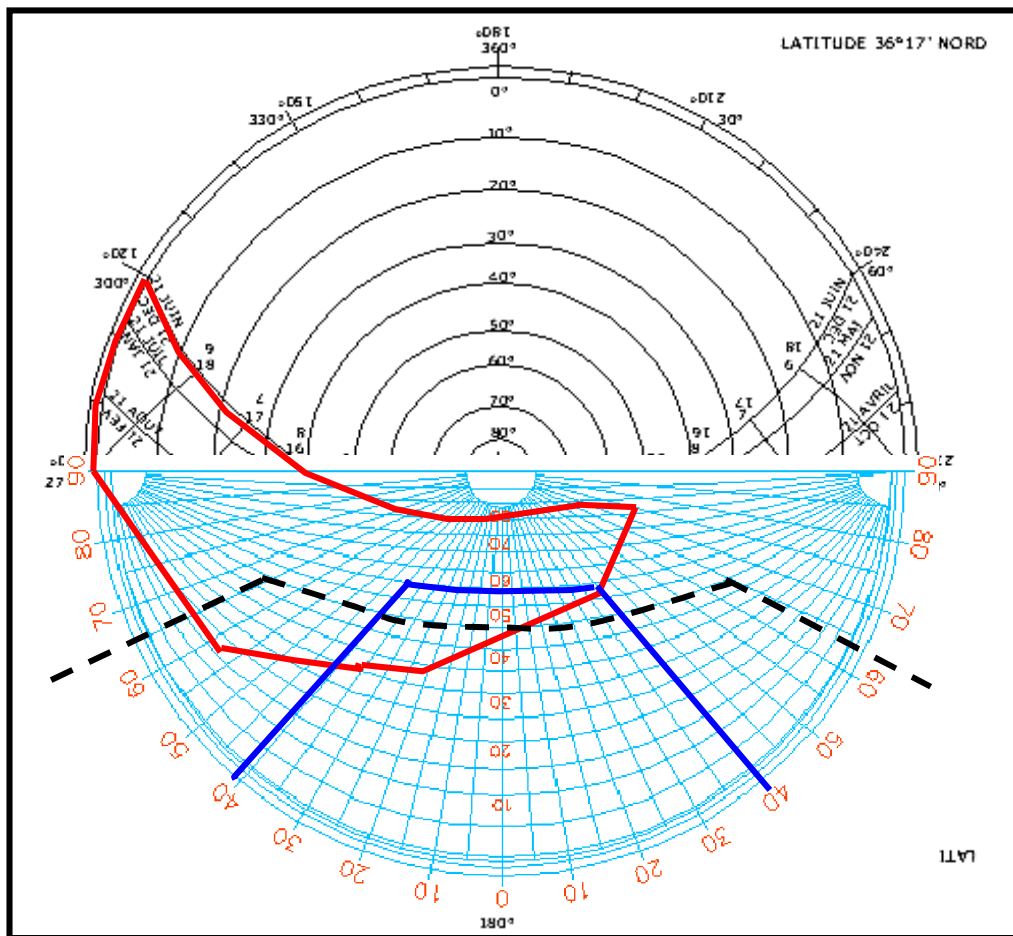


Figure 2.19 Protection la plus favorable pour une ouverture orientée au Sud à Constantine.

* Déterminée par ce calcul, la largeur de flancs est importante, cela est consécutif à la difficulté d'occultation d'une paroi de telle largeur (3.10 m), lorsqu'il s'agit d'orientations Est et Ouest. Néanmoins elle est réalisable par une division du masque architectural, en lamelles verticales.

Orientation	Angle HSA (°)	Angle VSA (°)	Auvent X (m)	Flans Y (m)
Sud	60	40	1,56	1,89
Est	65	20	1,26	4,36
ouest	45	20	2,7	4,36

Table 2.4 Dimensionnement des auvents et flancs pour les trois orientations principales.

2.8.3.2 Etude comparative

En démarrant de la profondeur de 1,25 m de la loggia d'étude, et par la même méthode de calcul, nous avons obtenus les angles d'ombres horizontaux et verticaux pour les trois orientations étudiées. (Trouver aux annexes les orientations Est et Ouest).

Les angles d'ombre qui viennent d'être déterminés, afin d'assurer une meilleure performance de la loggia, en tant que système de protection solaire, sont comparés aux angles d'ombre correspondant à la taille réelle de la loggia du cas d'étude. (Table 2.5).

	Angles correspondant à la taille réelle de la loggia. (°)	Angles les plus adaptés aux conditions climatiques de la région. (°)	Etude de la performance de la loggia
Orientation Sud	VSA= 65	VSA= 40	La taille de la loggia d'étude est sous dimensionnée. Ses angles d'ombre réduisent considérablement la période d'occultation en une journée estivale, cependant elle permet une meilleure exposition de la paroi en hiver.
	HSA= 51	HSA= 60	
Orientation Est	VSA= 65	VSA= 80	la période d'occultation est réduite par un sous dimensionnement de la loggia d'étude. Ses angles d'ombre admettent une occultation matinale de la paroi jusqu'à 10h 30 seulement, favorisant le passage du rayonnement et une meilleure exposition en hiver. (voir annexes)
	HSA= 51	HSA= 65	
Orientation Ouest	VSA= 65	VSA= 20	à partir de 13h 30, la paroi n'est pas protégée de la radiation solaire qui augmente l'inconfort dans l'espace séjour en été, et permet le passage des rayons solaires en hiver. (voir annexes)
	HSA= 51	HSA= 45	

Table 2.5 *l'évaluation de la performance de la loggia (cas d'étude), comme moyen d'occultation de l'espace séjour.*

De cette étude comparative, il découle que la loggia étudiée, procure une occultation partielle à la paroi du séjour, cette dernière est donc sollicitée par des gains solaires, qui peuvent être directement transmis au séjour à travers le vitrage de la fenêtre de liaison séjour - loggia, ou absorbés par la partie opaque de la paroi.

2.9 Conclusion

Dans le bâtiment les gains solaires sont utilisés pour l'éclairage des espaces intérieurs, et le chauffage de l'air et de l'eau. Néanmoins, le concepteur doit connaître la position du soleil dans le ciel à tout instant afin de pouvoir exploiter l'énergie solaire, et de maintenir l'environnement d'un bâtiment à une température confortable à travers les cycles solaires quotidien et annuel ; En favorisant, et en entreposant l'énergie solaire transformée en chaleur dans les murs du bâtiment pour son usage après le coucher de soleil.

En permettant le passage des rayons solaires dans le bâtiment, le vitrage est devenu l'élément clé de l'architecture climatique. Seulement ses fonctions thermiques sont souvent contradictoires : il augmente les gains solaires, tout en augmentant les déperditions thermiques en hiver ; et il est source de surchauffe et d'inconfort en été.

Les vérandas ou balcons et loggias vitrés qui sont une application de systèmes à gain direct et indirect, exigent le dessin le plus rigoureux, un dimensionnement adéquat de la surface vitrée destinée au captage solaire, et une estimation des températures et des besoins de l'énergie pour le chauffage ou le refroidissement des deux espaces vitré et adjacent.

Les courants d'énergie dans l'espace véranda sont assez complexes dans la mesure où s'impliquent plusieurs facteurs : le rayonnement, la conduction, la ventilation, les sollicitations extérieures instantanées, et les gains directs et indirects.

Le dessin idéal, prend en considération les facteurs cités dans l'intension d'une augmentation d'apports solaires, d'une réduction de la perte de chaleur en hiver, et d'une meilleure protection des gains solaires en été. Les caractéristiques optiques et thermiques du vitrage, associées à une bonne inertie thermique permettront d'atteindre le compromis souhaité pour le confort nocturne et diurne d'un coté, hivernal et estival d'un autre coté.

Chapitre 3 : Rôle thermique des serres et vérandas

3.1 Historique

Depuis l'apparition du verre, les gens ont découvert que les pièces fermées avec ce matériau étaient chaudes, et ensoleillées. De telles pièces étaient construites pour favoriser les conditions de culture de produits alimentaires, pendant le temps froid ou servir de solariums pour aider les gens à se remettre de leur maladie.¹ La température à l'intérieur était augmentée et diminuée à partir d'une bonne manipulation des ouvrants.

La majorité de ces pièces avait une seule couche de vitrage simple, les joints entre les surfaces de verre ont été descellés afin de permettre à l'air de sortir facilement de l'intérieur de la pièce vers l'extérieur, réduisant ainsi la chaleur et l'excès d'humidité.

À la fin des années 1970 touchées par la crise d'énergie, la technologie des serres a connu une nouvelle adaptation. Il y a eu apparition de serres d'agrément qui se sont multipliées au XIXe siècle après le succès architectural remporté par le Crystal Palace lors de l'exposition universelle de 1851 à Londres. Certaines, comme les hauts palmariums des jardins botaniques, étaient destinées à abriter des collections de plantes exotiques. D'autres étaient aménagées en jardins d'hiver, aux riches villas du type victorien². Les serres sont ensuite devenues des particularités communes dans les nouvelles maisons. Elles viennent s'ajouter au côté sud de la maison où elles rassembleraient un montant considérable de chaleur solaire pour la transférer à l'habitation. Plutard, le vitrage double avec ses caractéristiques thermiques, est venu réduire la perte de la chaleur à travers le verre, en augmentant le temps d'occupation de l'espace. (Figure 1)

¹ Tamarack Technologies, *Inc. Knowledge Base: History of Sunrooms*. [En ligne] www.tamtech.com. *Last modified: 04/04/2007*

² Wikipédia, l'encyclopédie libre. [En ligne] <http://fr.wikipedia.org>. *Dernière modification de cette page le 28 mai 2007*



Figure 3.1 *Solarium, espace d'agrément ouvert sur la nature.*

Contrairement à la serre à murs et toits vitrés, la véranda est devenue un espace architectural vitré connu dans tout le monde, qui donne de la valeur à la maison, l'approvisionne en air et en lumière et lui assure une liaison avec l'extérieur.

3.2 Définitions

Connu par beaucoup de noms, la serre est une approche populaire de chauffage solaire¹. Elle est définie comme un espace vitré relativement petit attaché à une habitation. Cet espace améliore l'isolement du mur externe, et réduit la consommation de l'énergie chauffante².

La réglementation standard du bâtiment de Scotland³, définit la serre comme un bâtiment attaché à une habitation, ayant une porte qui le sépare de cette habitation et n'ayant pas moins de trois-quarts de la surface de son toit, et pas moins de la moitié de la surface de ses murs externes faites en matière translucide." Cette définition, établit que la structure externe de la serre, doit avoir des proportions minimales de surfaces vitrées par rapport aux surfaces opaques bien définies.

Les serres attachées sont une combinaison des composants du système de gain direct et du système de mur de stockage thermique⁴. Elles sont une expansion du mur capteur-accumulateur. Le pan de verre qui est d'habitude à 10 cm au devant du mur de stockage est rejeté à plus d'un mètre. L'intervalle entre le verre et le mur est dans ce cas un nouvel espace

¹ Sustainable Buildings Industry Council. *Sustainable Building Design*. (SBIC) Washington, DC 20005-4706 USA E-Mail: sbic@sbicouncil.org Last revised 06/13/2006

² Environmental Engineering Architecture and Building Technology. *Building Integrated Energy Systems in Smart Energy Efficient Buildings – A State-of-the Art*

³ Scotland note. *Building Regulation*. 2/2002.QTD 1/5. www.sbsa.gov.uk

⁴ Technical Notes 43. *Passive Solar Heating with Brick Masonry*. June 1981

attirant dans l'habitation, et permettant différentes exploitations. De même, Mazria¹ dans le guide de l'énergie passive définit la serre attenante comme un ensemble capteur-accumulateur distendu. Cependant le pourcentage d'énergie incidente que le mur mitoyen transmet à l'intérieur est plus faible que pour un mur capteur-accumulateur, soit seulement 15 à 30%. L'ampleur de la surface vitrée en est la cause majeure, les déperditions sont alors supérieures à celles d'un pan de verre placé à seulement une dizaine de centimètres en avant du mur.

M. Chantant et coll² définissent la serre comme un composant solaire complexe dans lequel les entrées solaires, les effets de la ventilation et le stockage de la chaleur dans la masse ont un effet important sur les conditions thermiques internes. Dans ce type de composants solaires les conditions thermiques extrêmes s'opposent.

Selon le guide de la conception thermique de la région Pacca³, la véranda n'est autre qu'une serre dont la toiture, horizontale ou inclinée, est opaque. Elle puise son origine de l'Inde et de l'extrême orient⁴. La véranda a connu un essor à l'époque moderne qui coïncide avec l'apparition de matériaux plus résistants à la corrosion, du vitrage isolant et de la climatisation automatisée. Le plus souvent attenante à l'habitation, elle est alors une véritable pièce à vivre supplémentaire⁵.

Remarque

Les termes, véranda, conservatoire, oriel, balcon et loggia vitrée, sont des noms donnés à un élément essentiel du système solaire passif qui agit comme un espace tampon réduisant l'amplitude thermique entre l'intérieur et l'extérieur. Il assure une protection contre le vent, et permet de préchauffer l'air de ventilation et de récupérer les apports solaires en hiver. Finalement, on peut conclure que, quelque soient leurs origines et leurs destinations, ces espaces vitrés partagent une même fonction, celle d'abriter et / ou de chauffer.

¹ Mazria Ed. *Le guide de l'énergie solaire passive*. Éditions parenthèses, 1981. p 173

² M.chantant. et all. *Transient thermal analysis of a sunspace. Elaboration and validation of a computer model.* solar energy in architecture and urban planning. 3rd Uropan conference on architecture. 1993 Florence

³ Conception thermique de l'habitat. Guide pour la région Provence-Alpe-Cote d'Azur. Edissud.1988 p 87

⁴ Journées d'informations techniques vérandas. *Règles Professionnelles Vérandas*. 2005. consulté juin 2006

⁵ Wikipédia, l'encyclopédie libre. [en ligne] <http://fr.wikipedia.org>. Dernière modification le 28 mai 2007

3.3 Types et configurations de vérandas

La véranda est à l'origine un espace architectural. Les variations dans son dessin favorise une gamme de fonctions différentes: Elles favorisent le préchauffage de l'air de ventilation, les apports solaires, la relation avec l'extérieur, et l'esthétique. C'est un élément architectural qui paraît favorisé largement dans le dessin architectural, comme une volonté esthétique et une option solaire passive¹. Les vérandas peuvent être classées selon plusieurs paramètres : le type de toit, le rapport véranda /bâtiment, et l'isolation.

3.3.1 Classification selon le type de toit

Sur ce premier critère, les vérandas peuvent être classées dans deux catégories principales : vérandas modifiées, et sunporches.

3.3.1.1 *Vérandas modifiées*

Elles sont reconnues par le toit vitré incliné, et des murs qui sont parfois des murs vitrés inclinés. Selon "S. P. Team²" : « Cette forme avec vitrage du toit, incliné ou courbé, maximise la radiation transmise puisque le toit reçoit les levers du soleil hivernaux à la fin d'hiver à angle plus optimal ». La grande surface de captage de l'énergie solaire, dans ce type de serres, entraîne par effet de serre, une puissance énergétique considérable pendant les journées ensoleillées surtout quand le soleil est haut dans le ciel. (Figure 3.2)

En revanche, cet espace capteur solaire est soumis aussi à de plus hautes pertes de la chaleur par conduction, pendant les périodes d'hiver nuageuses, et particulièrement la nuit à travers les parois horizontales ou inclinées du toit vitré. C'est donc un espace sollicité par de grandes variations de la température, ce qui fait de lui une zone tampon et un élément favorable au captage solaire ; néanmoins il est très inconfortable la nuit et les jours nuageux d'hiver dans les climats froids. Le risque de surchauffe dans ce type de serres est plus grand que dans les sunporches.

¹ SAVE Project Team. *The Built Environment .Education for the Third Millennium*. University of Sheffield 1999 tech.[en ligne]

² SAVE Project Team. *The Built Environment .Education for the Third Millennium*. University of Sheffield 1999 tech.[en ligne]



Figure3.2 *Véranda modifiée.* (J. D. Balcomb, 2007) ¹

3.3.1.2 Les sunporches

Les sunporches: sont définies par B. Givoni² par des serres « avec un toit horizontal opaque et isolé, dont les murs sont verticaux ». Contrairement à la serre modifiée, la réduction de la surface des parois vitrées particulièrement celle du toit du sunporche, fait que son potentiel de gain de chaleur est inférieur à celui d'une serre, il est aussi moins sollicité par les grandes fluctuations des températures diurnes. C'est donc un élément architectural plus confortable à vivre que la serre modifiée. Le climat y est moins frais en hiver, il est éventuellement moins chaud en été. Son toit opaque et étanche est à l'origine de la réduction de la probabilité de surchauffe. Il a par conséquent plus de possibilités de contrôle et d'exploitation pour toutes les périodes de l'année. (Figure3.3)

De ce fait, ce type est admissible dans les régions avec les étés chauds. Selon B. Givoni³ ; Si une portion suffisante du vitrage (exemple 20%) bénéficie de la possibilité d'ouverture, un tel espace devient en été, l'équivalent d'un porche de plein air ombragé, qui abrite le mur du bâtiment derrière la serre.

Dans les régions avec hiver froid et été chaud, le concepteur doit décider quelle saison est plus critique, pour choisir le type de serre en conséquence.

¹ By J. Douglas Balcomb, Ph.D. *Passive Solar Ahead. Why the hot building technology of the future may be the mature and proven one.* [en ligne] www.solartoday.org. Consulté en Juillet 2007.

² Baruch.Givoni. *climate considerations in building and urban design.* 1998. p 173

³ Baruch.Givoni. *climate considerations in building and urban design.* 1998. pp173-174

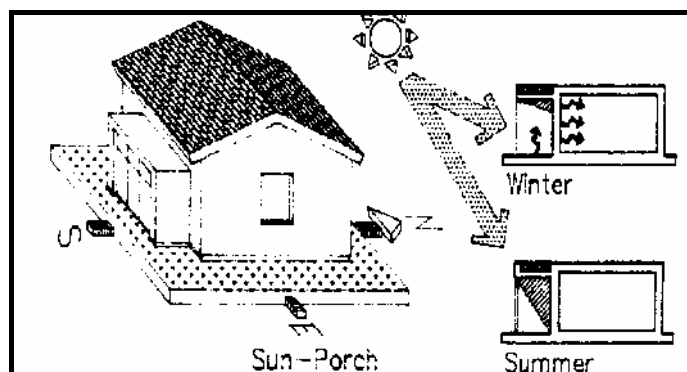


Figure 3.3 Performance de la toiture opaque du sunporche. (Source¹)

3.3.2 Classification selon le rapport véranda/bâtiment

Les vérandas peuvent avoir différentes relations avec le bâtiment, ces relations affectent leur fonctionnement thermique. Elles peuvent être classées dans cinq catégories : en « verrue », semi encastrée, en appui d’angle, encastrée, attachée.

3.3.2.1 Véranda en verrue

C’est une véranda extérieure à la ligne de murs. Elle est simplement accolée à la façade du logement. Du fait qu’elle fournit la plus grande flexibilité dans la construction, cette solution est assez répandue, surtout en réhabilitation, et en réajustement solaire de bâtiments existants. Pareillement à la serre modifiée, elle est soumise aux fortes surchauffes en été, et elle est sujette à de grandes déperditions thermiques par sa couverture souvent vitrée et par la grande surface vitrée de ses parois. Il y fait trop froid en hiver pendant la nuit et les jours à ciel couvert, et trop chaud en été. (Figure 3.4)

Comme sa surface de contact et de transfert de chaleur vers le logement est faible, et suite aux grandes pertes de la chaleur dues à l’excès de surfaces vitrées, elle favorise très peu le transfert de chaleur vers le logement. Ce type de véranda est par conséquent peu performant sur le plan énergétique².

¹ Design Guidelines for Solar Buildings System: Sun-Swces. [enligne]www.sun-swes.com

² Cabinet Olivier Sidler. *Logements à faibles besoins en énergie. Guide de recommandations et d’aide à la conception*. Dernière mise à jour : mars 2000

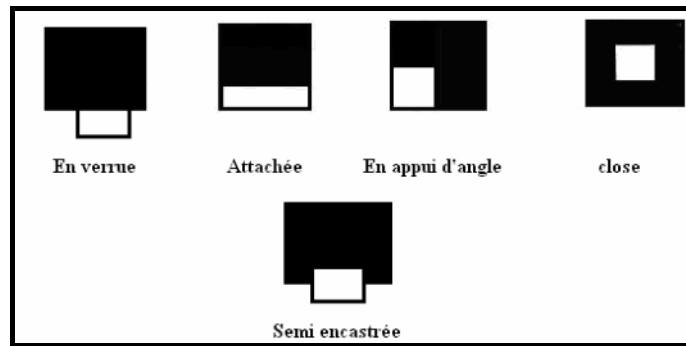


Figure 3.4 *Typologie simplifiée des vérandas selon son rapport à la construction. (source modifiée par auteur)*

3.3.2.2 *Semi encastrée*

Dans cette disposition la véranda est enfoncée dans le bâtiment. Cette disposition est souvent adoptée, car elle offre une ouverture latérale de la serre, augmentant le champ de vision depuis l'intérieur.

La perte de chaleur dans les murs de fond est minimisée sans réduire l'exposition solaire, en augmentant de cette façon l'efficacité thermique de la véranda. Mais d'un point de vue énergétique, ce type de vérandas est pénalisant car, et en dépit du dessin architectural qui fait qu'une partie de sa paroi latérale est encastrée, elle rejoint la véranda attachée dans ses déperditions proportionnelles à la surface des parois en relation avec l'extérieur.

Il y a une plus grande variété de rapports architecturaux possibles entre les pièces environnantes et ce type de vérandas que dans une véranda attachée, l'efficacité de collection et de transfert de la chaleur aux pièces habitables est augmentée, comparée à une véranda attachée¹.

3.3.2.3 *Encastrée (loggia)*

Cette véranda est entièrement intégrée au logement. Elle ne crée pas de saillie sur la façade, mais elle suit la ligne du bâtiment. Elle est appelée aussi "loggia".

La loggia peut avoir un toit opaque ou vitré. Celle à toit vitré est peu recommandable au regard des surchauffes estivales qu'elle génère. Mais de façon générale, elle est la solution la plus performante d'un point de vue énergétique. Elle gère de façon optimale ses gains solaires et les transmet aux espaces qui lui sont adjacents. La multiplication des surfaces de contact entre véranda et logement est à l'origine de la bonne gestion de l'énergie solaire captée.

¹ Baruch.Givoni. *climate considerations in building and urban design*. 1998. p 176

Il est recommandé d'enclaver la véranda dans le volume du bâtiment à chauffer, autant que possible, de sorte que les pignons Est et Ouest créent deux espaces tampons autour de la véranda. Cela réduira les déperditions et augmentera les surfaces d'échange avec les espaces voisins¹.

3.3.2.4 Serres complètement closes (patios)

La serre qui est entourée sur tous les côtés par les espaces construits, est nommée serre close, ainsi l'atrium, et le patio vitré, sont des formes de serres closes.

Ce type trouve des applications évidentes dans l'architecture des bâtiments du tertiaire et de l'enseignement. (Figure 3.5)

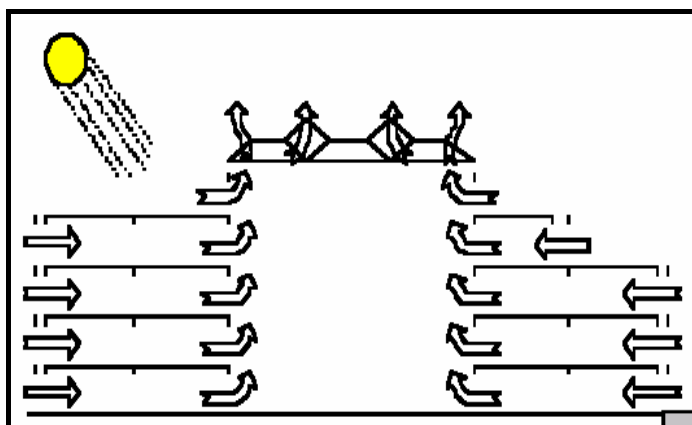


Figure 3.5 ventilation naturelle par l'atrium. Source²

3.3.2.5 Conclusion

Les serres ou les vérandas peuvent prendre des formes variées qui dépendent des possibilités offertes, de la destination et des exigences de chaque cas. Cependant cette classification nous permet de voir la performance thermique de chaque configuration et de situer chaque configuration selon la performance et le rendement énergétique comme suit :

1. La véranda encastrée à toiture opaque.
2. La véranda semi encastrée.
3. la véranda en verrue. (Table 3.1)

¹ Mazria. Ed. *Le guide de l'énergie solaire passive*. Editions parenthèses. P141

² Sunspaces and atria. Education of Architects in Solar Energy and Environment, section 2. [en ligne]www.cenereg.ensmp.fr

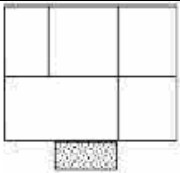
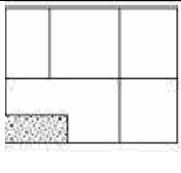
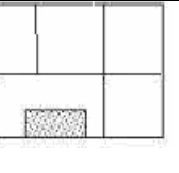
			
	En verrie	En appui	encastrée
Consommation de chauffage [kWh/an]	8612	8469	8469
Apports solaires [kWh/an]	1500	1579	1186
Apports utiles [kWh/an]	61	81	174

Table 3.1 *Efficacité énergétique réalisée selon le type de vérandas*¹

3.3.3 Classification selon l'isolation

Cette Classification est basée sur l'emplacement de l'isolation thermique, selon qu'elle contourne la véranda ou qu'elle est placée entre la véranda et l'espace adjacent, elle classe les vérandas dans deux catégories : vérandas chaudes et vérandas froides.

3.3.3.1 Véranda froide

Une véranda est dite froide si les doubles vitrages se situent entre le logement et la véranda, tandis que sa paroi extérieure est munie de vitrages simples. La véranda froide est soumise à de grandes variations de températures, du fait que le transfert de chaleur vers le logement est interdit par l'isolation. (Figure 3.6)

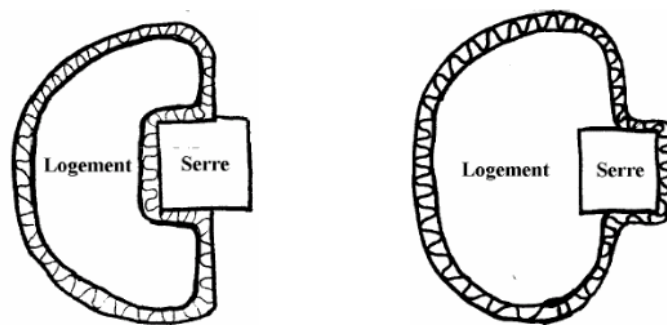


Figure3.6 *Vue en plan d'une véranda froide (à gauche), chaude à droite. (O. Sidler, 2000)*

¹ TAREB. *Energy Comfort and Buildings. Principles of Renewables*. Chapter 5. www.learn.londonmet.ac.uk/packages/tareb/en/index_lea.html.

3.3.3.2 *Véranda chaude*

Une véranda est dite chaude quant les doubles vitrages se situent à sa paroi extérieure et les vitrages simples la séparent de l'habitation. Il y règne une température interne de 3 à 8°C supérieure à celle d'une véranda froide¹

Finalement, quelque soient les formes et les caractéristiques d'une véranda, en la plupart des climats, une véranda chaude solaire bien construite, rassemble plus d'énergie un jour clair d'hiver qu'elle a besoin pour le chauffage. Elle a le potentiel d'assurer une quantité substantielle de chaleur à l'espace adjacent.

3.4 Rôle de la véranda dans l'économie de l'énergie de chauffage

La véranda est un espace qui a connu beaucoup d'intérêt depuis la découverte de matériaux translucides, ceci est du principalement aux divers rôles et usages qu'on peut lui attribuer, mais actuellement son rôle à dépassé les fonctions domestiques pour devenir une chaudière pour l'habitation. (Figure 3.7)

A la différence du gain direct ou une recherche d'une température stable est demandée, la température de la véranda peut au contraire y fluctuer puisqu'elle n'est occupée que par intermittence. Sa température peut arriver à 5 à 20°C au-dessus de celle de l'extérieur²,

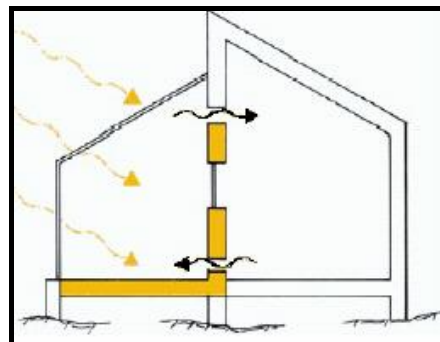


Figure3.7 *Préchauffage de l'air de ventilation par la serre. (source Tareb)*

¹ *Logements a faibles besoins en énergie. Guide de recommandations et d'aide à la conception Cabinet Olivier SIDLER.* Dernière mise à jour : mars 2000

² Tareb. Architectural integration. Building envelope chapter 2.
www.learn.londonmet.ac.uk/packages/tareb/en/index_lea.html.

Vu le nombre de paramètres pouvant influencer la performance d'une véranda, les efforts de chercheurs ont abouti à des valeurs différentes quant à sa participation dans la réduction de l'énergie chauffante. Cependant, il est évident que les systèmes de chauffage solaire passifs sont mieux adaptés aux régions à grand écart de température entre le jour et la nuit, quant il s'agit de son effet tampon, ou son effet isolant pour le mur externe. Elle réduit légèrement la consommation de l'énergie chauffante. Néanmoins, lorsqu'il s'agit du captage solaire son rôle est beaucoup plus important. Ceci est confirmé à travers les résultats des chercheurs

Q. Babcock et S.Irving¹ qui ont prouvé une augmentation atteignant 76% dans l'estimation d'énergie fournie selon son type de vitrage. (Figure 3.8)

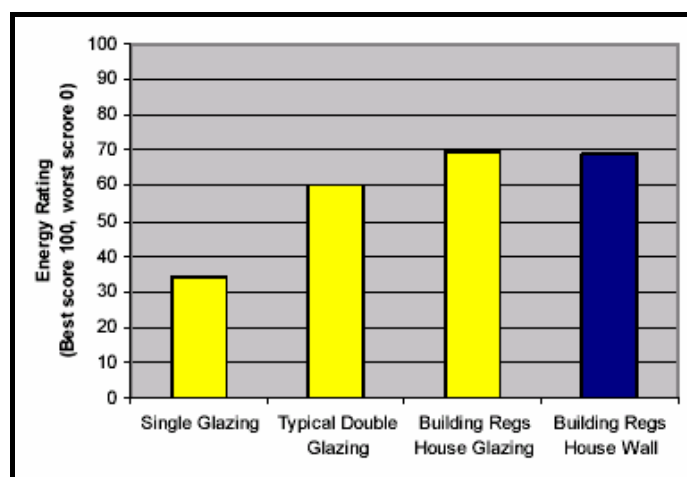


Figure 3.8 la portion d'énergie selon le type de verre utilisé. (Q. Babcock and S.Irving, 2006)

Selon SINTEF², les gains de chaleur solaire par le vitrage d'une véranda peuvent réduire la consommation de l'énergie de l'habitation de 15 - 25% . R. Chareille, et coll³ ont vérifié que l'utilisation d'une véranda permet des économies d'énergie de 4 % jusqu'à 23 % avec les meilleurs paramètres.

¹ Q. Babcock and S.Irving. Energy performance of modern conservatories. FaberMaunsell Ltd, St Albans. article 13.

² SINTEF Civil and Environmental Engineering Architecture and Building Technology. *Building Integrated Energy Systems in Smart Energy Efficient Buildings – A State-of-the Art*.

³ R. Chareille, et all. Impact of a veranda on the reduction of the energy consumption in residential buildings : an application of the clim2000 software. Seventh International IBPSA Conference Rio de Janeiro, Brazil. August 13-15, 2001

L'ADEME¹, quant à elle voit que les apports solaires sont multipliés par 3 avec l'adjonction d'une véranda et que la réduction de la consommation de l'énergie par le placement d'une véranda dépend de la configuration architecturale, de la capacité des vitrages de profiter de l'ensoleillement, et des masques tels que les avancées des balcons supérieurs.

Selon la même source, la latitude de la région est un autre paramètre qui affecte le rendement de la véranda, elle fait que son apport énergétique soit équivalent à 29% pour Strasbourg et à 47% pour Perpignan.

Table 3.2 indique que l'économie de l'énergie atteint dans deux différentes villes Nice et Carpentras : une valeur de 20 % à Nice et de 10 % à Carpentras. Mais dans le cas de l'ouverture des volets durant la journée, elle est limitée ; et atteint pratiquement 40% à Carpentras et 50% à Nice. Dans le cas où seul l'effet tampon est utilisé cette réduction de consommation tombe à 8 % à Nice et à 2 % à Carpentras².

	Carpentras	Nice
Consommation chauffage	6671 kWh	3824 kWh
Différence avec cas de référence	- 10%	- 19%
Puissance appelée	13.0 kW	10.6 kW
Différence avec cas de référence	0%	- 1%

Table 3.2 consommation énergétique par ajout d'une véranda pour Nice et Carpentras.

3.5 Performance thermique d'une véranda

La performance thermique d'un espace vitré ouvert au soleil est influencée par plusieurs facteurs :

- Son orientation par rapport au soleil.
- La taille des surfaces vitrées.
- Type de vitrage : simple, double, triple, "bas- énergie"

¹ ADEME. Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie 001 *guide de l'éco construction*. [En ligne] <http://www.ademe.fr>. Consulté en février 2007.

² *Concevoir un habitat individuel en régions méditerranéennes*. [en ligne] www.med.cv.com

- Couleur du mur de stockage.
- Ombres proches et lointaines.
- La qualité de l'isolation des murs, du toit et du plancher, est aussi un trait important.
- Infiltration indésirable d'air extérieur à travers, fissures et trous.
- Le stockage de la chaleur.

3.5.1 Effet de l'orientation

Une véranda est un véritable instrument de captage d'énergie solaire. Si l'on veut que cet espace soit ensoleillé pendant les mois froids de l'année, il est d'une grande importance de connaître la course solaire pour savoir exploiter son énergie dans le chauffage passif du bâtiment ou de la véranda même. Son utilisation judicieuse peut induire des économies d'énergie intéressantes, et augmenter les heures d'occupation, mais des erreurs d'implantation ou de conception peuvent à l'inverse créer une surchauffe insupportable pendant les mois, et la saison chaude, et baisser le niveau de confort pour faire de cet espace une zone inoccupée pour la plupart des jours de l'année.

Le choix de l'orientation vis-à-vis de l'ensoleillement est toujours délicat, et doit être pertinent. Il dépend de plusieurs facteurs relatifs à l'environnement immédiat, à l'ensoleillement, au climat de la région, aux caractéristiques de l'habitat, à la destination de cet espace et au rôle qui lui est attribué : thermique, agrément, acoustique...

3.5.1.1 Orientation Nord

L'orientation Nord est favorable pour certaines destinations de l'espace où la régularité de la lumière, et la suppression des effets d'ombre sont recommandées. Elle protège des vents du Nord, qui peuvent refroidir les parois vitrées, mais elle est peu recommandée pour un lieu de séjour qui restera froid et difficile à chauffer, et par conséquent inoccupé.

3.5.1.2 Orientation Ouest

Cette orientation permet de profiter pleinement des fins de journée et des couchers de soleil au printemps et à l'automne. Elle est très défavorable en été, générant des surchauffes pour une bonne partie de l'après midi, par les rayons chauds et assez bas qui frappent les vitrages créant ainsi un effet de serre et des conditions d'inconfort pour les usagers de l'espace.

3.5.1.3 Orientation Est

Cette orientation est défavorisée pour les vérandas. Il y a une bonne raison de l'éviter : dans les mois hivernaux, l'intensité des radiations solaires qui frappent la paroi dans cette

orientation, est faible. Mais si le gain solaire du Sud est bloqué par une obstruction non amovible, on peut orienter la véranda dans la direction Est et obtenir une énergie utile par ses vitrages qui captent les premiers rayons du soleil qui, et en dépit de leur faiblesse peuvent participer au chauffage de la véranda ou des espaces adjacents. Le vitrage aura de nettes pertes d'énergie, par contre les chaleurs de soir d'été sont plus supportables.

3.5.1.4 Orientation Sud

L'orientation optimale d'une véranda solaire et de son vitrage est le plein sud. Les orientations sud-est à sud-ouest sont acceptables si le plein sud n'est pas réalisable. La véranda reste bien performante quand le vitrage est écarté de cette orientation d'approximativement 25°. Dévié de moins de 25°, la véranda favorise plus de 90% de l'énergie solaire qui serait obtenue avec une orientation plein sud. Au-delà de 25° le montant d'énergie solaire disponible tombe rapidement et la performance thermique sera affaiblie¹. (Figure 3.9)

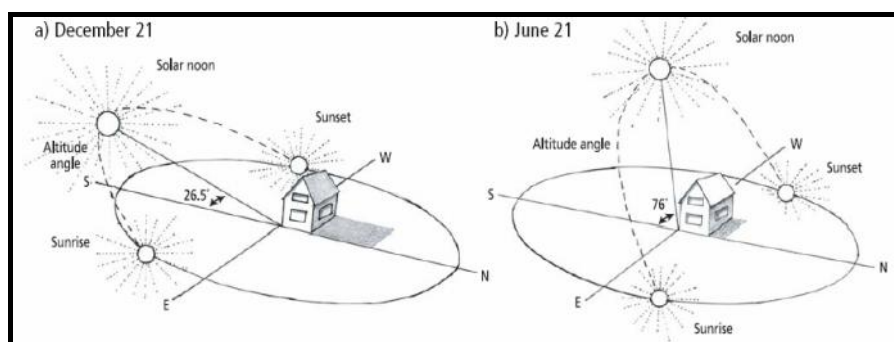


Figure3.9 *Le soleil bas d'hiver pénètre pour chauffer la maison. Pendant l'été, le soleil haut frappe le toit des maisons, réduisant le gain de la chaleur²*

Les ombres portées par l'environnement (relief naturel, immeubles, etc.) sont à prendre en compte pour l'orientation. Si les brumes matinales sont fréquentes en hiver, il est plus judicieux d'orienter la véranda légèrement vers l'Ouest, afin de profiter davantage du soleil couchant. Comparé à une orientation Sud, les Sud-Sud Est, ou Sud-Sud Ouest réduisent de 5% les apports solaires ; et les Sud Est et Sud Ouest les diminuent³ de 15%.

¹ Mike Nuess. *Designing and Building a Solar Greenhouse or Sunspace*. 2007. [en ligne] www.healthgoods.com

² Free heat.passive solar, active solar, and heat pumps. 102 the homeowner's guide to renewable energy. chapter 4.

³ Mike Nuess. *Designing and Building a Solar Greenhouse or Sunspace*. 2007. [en ligne] www.healthgoods.com.

3.5.1.5 Conclusion sur l'orientation

Le meilleur emplacement d'une véranda destiné au chauffage solaire, est sur la façade Sud Est à Sud et Sud-ouest du bâtiment, alors que les expositions Est et Ouest minimisent la collection de la chaleur pour la période fraîche de l'année, et peuvent être une grande source de pertes de chaleur. Leur rendement est moindre, et il y'a 45% de l'apport solaire qui est perdu,¹ comparé à une orientation Sud.

Quant à la position des surfaces vitrées, il est évident qu'une surface importante de vitrage vertical offrira un bon rendement énergétique en hiver, lorsque le soleil est bas sur l'horizon, alors qu'en été, les vitrages de faible pente en toiture risquent de créer d'importantes surchauffes.

3.5.2 Effet de la couleur des murs

Le choix de la couleur a un impact énergétique très important, puisqu'il peut conduire jusqu'à des écarts de 25% dans le bilan énergétique final de la véranda.²

Un mur solaire est plus performant du point de vue absorption, lorsqu'il est sombre ; il peut absorber une grande portion de la lumière solaire. Sa couleur sombre réduit la réflexion et améliore l'absorption. Elle est utilisée sur le mur de stockage pour les gains indirects ou sur le mur extérieur pour les gains directs, pour le stockage au sol également. Néanmoins, pour des raisons esthétiques, les murs solaires sont parfois enduits de couleurs autres que la couleur noire. Les couleurs claires ont l'inconvénient d'affaiblissement relatif de la rentabilité énergétique de la véranda. Quant à la couleur blanche, étant réfléchissante, elle renvoi le rayonnement solaire à l'extérieur et doit être évitée. Lorsqu'il s'agit d'une volonté esthétique, il serait recommandable d'utiliser le verre translucide pour cacher le mur plutôt que de changer sa couleur³.

3.5.2.1 Rôle des Ouvertures dans les échanges thermiques

Pour distribuer l'air chauffé dans la véranda aux autres espaces contigus ; les ouvertures sont stratégiquement placées dans le mur commun entre la véranda et l'espace vital intérieur. Ces

¹ *Energies renouvelables et efficacité énergétique. Les vérandas & murs trombes.* Publié le 7 février 2006 . [En ligne] www.hespul.org

² *Les vérandas & murs trombes* Publié le 7 février 2006. [en ligne] www.hespul.org

³ Antonis M. Psarompas. *Solar wall energy performance assessment.* Thesis submitted for the degree of MSc in Energy Systems and the Environment. Glasgow. 2001

ouvertures peuvent être fenêtres, portes, ou trappes, placées au sommet de la véranda où la température est la plus haute. Elles permettent la montée de l'air chaud dans la véranda et son transfert, à l'espace vital tout en laissant la place à l'air frais venant de l'espace contigu et tiré dans la véranda à travers l'ouverture placée en bas, de se chauffer.

Le soir, le flux de chaleur aura lieu dans le sens inverse, une fois la véranda solaire refroidit au-dessous de la température de la maison, l'air chaud migre vers la véranda. Afin de limiter ces déperditions thermiques, et de profiter de la restitution de la chaleur par la masse thermique, les prises d'air doivent être fermées.

La ventilation naturelle est efficace pour les échanges thermiques mais exige des ouvertures de prise d'air relativement grandes, cependant, elles produiront des surchauffes en été. La dimension nécessaire des prises d'air est fonction de plusieurs facteurs, y compris, l'inclinaison et la dimension du vitrage relative à la dimension de la serre, la séparation verticale entre prises d'air, et la différence positive de température tolérée dans l'espace¹.

3.5.2.2 La masse de stockage thermique

Le dessin d'une véranda exige la présence d'un élément de stockage thermique, qui agit comme une régulation naturelle du climat intérieur. elle permet d'emmagasiner les apports solaires diurnes pour les exploiter plus tard, quand la température extérieure sera plus basse. Sans cette masse thermique, la véranda serait chaude pendant le jour, et trop froide le soir. Etant sous dimensionnée, l'énergie calorifique stockée est toute consommée pendant les nuits froides d'hiver et pendant les premières heures du matin.

La masse de stockage de l'énergie solaire nécessaire pour le fonctionnement d'une véranda, peut être assurée par différents éléments constructifs tel que le sol, le toit, les murs de connexion, ou autres éléments, tels que les récipients d'eau. Une masse supplémentaire non structurelle devrait être localisée idéalement à la base du vitrage. Dans cet emplacement elle intercepte la lumière du soleil qui n'arrive pas, à irradier le mur de connexion.²

3.5.2.3 Mur de stockage et de liaison véranda- habitation

La véranda peut être connectée au bâtiment principal par plusieurs types de murs. Chaque type fournit un montant de chaleur aux espaces principaux, qui dépend de ses propriétés

¹ Washington State University Cooperative Extension. *Designing and building a solar greenhouse or sunspace* . 2007

² Baruch.Givoni. *climate considerations in building and urban design*. 1998. p178

thermiques et optiques. Il crée des conditions thermiques et des conditions d'éclairage différentes à l'intérieur de l'espace habitable, et dans l'environnement thermique de la véranda même. Selon B.Givoni¹ les types de murs de connexion sont: le mur accumulateur en maçonnerie, le mur d'eau, le mur trombe interne, mur isolé avec larges ouvertures, mur étanche vitré.

Mur accumulateur en maçonnerie :

Ce sont les caractéristiques thermiques de la liaison entre la véranda et la construction par le mur mitoyen qui détermineront l'efficacité de la véranda comme source de chauffage, et la température désirée à l'intérieur de la véranda et l'espace vivant. Le mur mitoyen peut être opaque, transparent, semi transparent, mobile ou fixe. Pour ce type d'installations le rendement thermique dépend avant tout de la superficie du mur, de son épaisseur, des matériaux constitutifs et de la teinte de sa surface externe².

La séparation maison-espace habitable se fait généralement par un mur lourd qui cumule la chaleur, devant avoir:

- une couleur sombre
- une grande capacité de la chaleur thermique cp
- une grande conductivité thermique .

Les matériaux possédant une haute densité ont d'habitude une haute conductivité thermique. Béton, pierre, brique ou adobe, conduisent lentement la chaleur dans la maison. Mais, dans le cas où ce mur est de faible inertie thermique, sa capacité de stockage de la chaleur est réduite. La nuit, ce mur léger se refroidit très vite et cesse de participer pour longtemps au chauffage des pièces voisines.

Lorsqu'un mur mitoyen en maçonnerie est le seul élément de stockage et d'échange thermique entre la véranda et la maison, l'écart diurne de température dans la véranda atteindra 20 à 35°C par temps clair en hiver³. Ces variations aussi importantes sont dues au fait que la maçonnerie seule ne peut absorber une assez grande part de la chaleur produite dans la véranda.

¹ Baruch. Givoni. *climate considerations in building and urban design*. 1998. p176

² Ed. Mazria. *Le guide de l'énergie solaire passive*. Editions parenthèses. p 143

³ Ed. Mazria. *Le guide de l'énergie solaire passive*. Editions parentheses. p144

Lorsque le transfert de chaleur entre la véranda et la construction se fait principalement par un mur lourd, le tableau suivant établi par Mazria¹ sert de guide pour définir l'épaisseur de ce mur. (Table 3.3)

Matériau	Epaisseur recommandée
Terre crue	20 à 30 cm
Brique	25 à 35 cm
Béton	30 à 45 cm
eau	20cm ou d'avantage (ou 200 L par m ² de vitrage sud)

Table 3.3 *Epaisseur du mur de stockage selon le matériau de construction*

Mur trombe interne :

Pour plus de performance, un mur trombe interne peut être créé dans la serre en plaçant une couche rigide de plastique transparent ou translucide sur un mur massif de couleur sombre. L'inertie importante du mur permet de stocker le rayonnement solaire diurne, et de le restituer dans le logement durant la nuit. Ce système combine le stockage de la chaleur avec sa distribution. L'air chaud piégé dans l'intervalle mur-vitrage, peut être conduit par convection naturelle ou forcée aux pièces contiguës, pour répondre aux besoins de chauffage en saison de chauffe.

En dépit de sa capacité de captage thermique réduite par rapport à un autre exposé à l'extérieur. Le mur trombe a l'avantage de diminuer les déperditions vers l'extérieur durant la nuit, et en profitant de l'effet de serre pendant la journée, le rendement de l'installation (véranda) est optimisé. Il reste donc impératif de pouvoir occulter la vitre pour éviter les surchauffes d'été. (Figure 3.10)

¹ Ed. Mazria. *Le guide de l'énergie solaire passive*. Editions parenthèses. p143

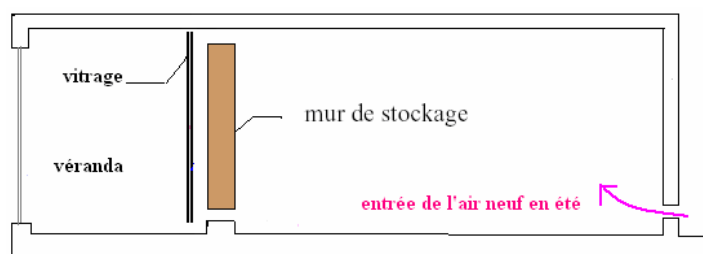


Figure3.10 *Mur trombe interne. Source auteur.*

Mur isolé avec larges ouvertures

C'est un autre type de mur de liaison véranda- habitation, dont le principe repose sur la convection comme moyen de transfert de la chaleur piégée, plus effectif que le transfert par conduction du mur. C'est donc aux grandes ouvertures percées dans ce mur, qu'on attribut les échanges thermiques entre les deux espaces vitré et adjacent.

Par son isolation, ce mur entrave le passage du flux de chaleur de l'espace contigu vers la véranda la nuit, quand la température de la véranda tombe au dessous de celle de l'espace contigu. Inversement, le mur isolé à ouvertures, garde la température intérieure plus fraîche que celle de la véranda en saison chaude. La présence de grandes ouvertures dans le mur réduit sa capacité de stockage thermique. En conséquence, une masse thermique doit être prévue dans des éléments de la véranda autres que ce mur de liaison.

Mur étanche et Vitré:

Il s'agit d'une séparation qui donne une température intérieure plus haute que celle obtenue avec un mur conducteur vitré ou avec un autre isolé non vitré, ce mur combine une couche de vitrage à un mur isolé¹.

L'air chaud emprisonné par le verre est poussé par effet thermosiphon vers des ouvertures percées dans le plafond pour chauffer rapidement les espaces adjacents. Ce mur trouve ses applications dans des équipements à occupation intermittente, écoles et bureaux.

3.5.2.4 Conduite des masses de stockage thermique

Jouissant d'une forte inertie, le mur de séparation entre véranda et espace habitable, joue le rôle d'accumulateur de chaleur qui décale le pic de température intérieure au moment où la

¹ Baruch.Givoni. *climate considerations in building and urban design*. 1998. p178

température extérieure sera plus basse. Toutefois il est important de rappeler que la masse thermique est caractérisée par deux valeurs :

1- L'effusivité thermique b : qui exprime la capacité d'un matériau à absorber (ou restituer) une puissance thermique. Elle est calculée en $\text{Wh}^{1/2} \cdot \text{m}^{-2} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$

$$b = (\lambda \cdot C)^{1/2}$$

2- La diffusivité thermique a qui exprime la capacité d'un matériau à transmettre (rapidement) une variation de température, elle est exprimée par le rapport conductivité / chaleur volumique¹.

$$a = (\lambda / C)$$

Où

- λ = conductivité ($\text{W}/\text{m} \cdot ^\circ\text{C}$)
- ρ = masse volumique (kg/m^3)
- C = chaleur massique ($\text{kJ}/\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}$)
- C_v = chaleur volumique ($\text{kJ}/\text{m}^3 \cdot ^\circ\text{C}$)

Afin de favoriser le stockage thermique de la chaleur captée par le vitrage de la véranda, il est crucial de choisir le matériau de stockage. En effet, un matériau accumulant beaucoup de chaleur doit avoir une conductivité (λ) élevée pour que la chaleur puisse facilement pénétrer. Il doit également avoir une chaleur spécifique (C_p) et une masse volumique (ρ) élevées pour pouvoir accumuler le maximum de chaleur.

Le dessin de la masse de stockage thermique doit être basé sur les principes suivants :

- le stockage le plus favorable se produit dans les éléments exposés directement au soleil, tels que plancher et mur de connexion de la véranda à l'espace adjacent.
- utilisation d'un vitrage translucide pour la distribution des radiations solaires sur la plus grande surface possible de masse de stockage
- les surfaces doivent être de couleurs claires pour la réflexion de la lumière du soleil aux éléments de stockage thermique, qui quand à eux doivent être de couleur sombre.

¹Jean-Louis IZARD. *L'inertie thermique dans le bâtiment. Principe de superposition*. [En ligne] www.planete-sciences.org

- il ne faut jamais couvrir les sols de la maçonnerie utilisés pour la masse thermique.

3.6 Fonctionnement d'une véranda

En plus de son rôle esthétique, trois rôles sont accomplis par la véranda, en hiver.

3.6.1 Rôles principaux de la véranda

3.6.1.1 Le rôle tampon

Le premier rôle que remplit la véranda est le rôle d'espace tampon favorisant la diminution des déperditions, en additionnant une résistance à une partie contigüe peu résistante aux effets climatiques. Le rôle tampon est d'autant plus important que la conductance d'un espace habitable est grande, c.-à-d thermiquement médiocre¹. C'est le cas d'une véranda très peu vitrée: ou les gains instantanés réchauffent son volume, pendant qu'une partie est transmise vers la partie habitable. Selon P. Lavigne², n'étant pas particulièrement bien orienté, cet espace est doublement bénéfique: il réduit la conductance de l'enveloppe habitée et augmente un peu le captage solaire. La figure 3.11 indique que les déperditions de chaleur à travers un mur intermédiaire sont fortement réduites comparées à la situation où le mur est en contact direct avec à l'extérieur.

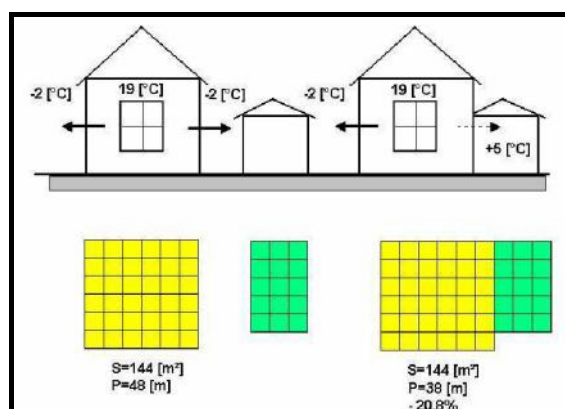


Figure 3.11 effet tampon (tareb, 2007)³

¹ P. Lavigne et coll. *Architecture climatique. Une contribution au développement durable*. Édition Edissud. 1994. tome 1. p88

² P. Lavigne et coll. *Architecture climatique. Une contribution au développement durable*. Édition Edissud. 1994. tome 2

³ TAREB. *Energy Comfort and Buildings. Principles of Renewables*. Chapter 5. [en ligne] www.learn.londonmet.ac.uk/packages/tareb/en/index_lea.html.

Les équations de calcul de la conductance surfacique et linéique de l'enveloppe du bâtiment à véranda, ne recevant aucune autre chaleur que celle qui provient de la partie habitable ; donne la différence de la température (T) entre l'extérieur et l'espace adjacent à la véranda selon la relation suivante.

$$T = T_1 + T_2$$

et

$$T_1 = \dots T$$

ou

T₁ est la différence de température entre espace habitable et espace tampon.

T₂ est la différence de température entre espace tampon et extérieur.

T est l'écart de température entre espace habitable et extérieur.

La conductance de l'ensemble enveloppe contiguë - enveloppe de l'espace tampon sur l'extérieur est

$$\dots K_c$$

Où est le coefficient de réduction de température lorsqu'il s'agit de l'ensemble . T

est le coefficient de réduction de conductance lorsqu'il s'agit de . K_c

Ainsi pour une enveloppe complète qui dispose d'espaces tampons la conductance totale est

$$K_t = K_{\text{totale extérieur}} + K_{\text{contiguë}}$$

K_c est la conductance de la partie contiguë.

K_{tp} est la conductance de l'enveloppe extérieure de l'espace tampon. (Figure 3.12)

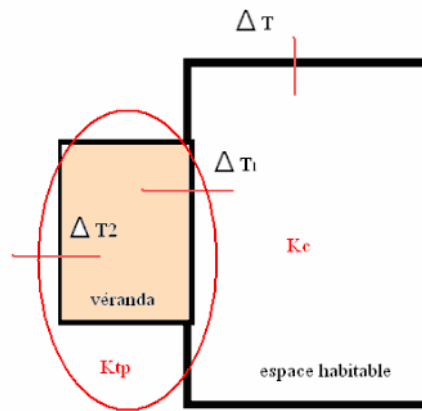


Figure 3.12 conductance d'un édifice avec espace tampon, (schéma basé sur explication de P. Lavigne¹).

3.6.1.2 Le renouvellement d'air

Le renouvellement d'air en hiver est une des sources principales de déperditions de chaleur du bâtiment. Dans le cas d'une véranda, ce sont des apports instantanés qui permettent de réduire les pertes par ventilation. L'espace habitable gagne des calories, par un système de récupération de l'énergie solaire transitant dans la véranda, par le biais d'une ventilation naturelle (thermosiphon) ou automatisée.

3.6.1.3 Le rôle de captage

Il intervient lorsque la véranda est très vitrée et bien orientée vis-à-vis du soleil, dans ce cas si les parois contiguës présentent de grandes surfaces vitrées, cet espace tampon devient un capteur solaire indirect plus performant, permettant également un captage direct.

Ce troisième rôle de chauffage solaire passif est accompli par la fonction de la restitution de la chaleur, qui permet l'usage des calories stockées dans le mur de stockage thermique.

Après le coucher de soleil, la chaleur emmagasinée dans le mur accumulateur s'écoule dans deux directions, vers l'intérieur et vers l'extérieur (vers la véranda) jusqu'à ce que le flux entier soit complètement évacué, portant des calories bénéfiques au bâtiment. Cependant, il est impératif d'isoler le bâtiment de l'espace vitré par fermeture des portes ou fenêtres de liaison afin de minimiser les déperditions vers l'extérieur. Selon B. Givoni,¹ ce processus peut être représenté comme le refroidissement successif des différentes tranches du mur, qui en quelques sortes subissent un phénomène cyclique de chauffage et de refroidissement.

¹ P. Lavigne et coll. *Architecture climatique. Une contribution au développement durable*. edissud. 1994. tome1

3.6.2 Modes de transfert de la chaleur dans une véranda

Selon Q. Babcock et S. Irving², les courants d'énergie dans les vérandas sont très complexes. Les échanges de chaleur ont lieu entre les portions opaque et vitrée de la véranda et l'extérieur d'une part, et entre la véranda et l'espace habitable d'autre part.

L'enveloppe du bâtiment a un double rôle; le captage solaire et la conservation de l'énergie. Le cas d'une véranda en est un exemple. Une fois que les surfaces vitrées aient capté les rayons solaires, un transfert de la chaleur se produit avec deux milieux différents.

3.6.2.1 Echanges de chaleur entre la surface extérieure de la véranda et l'air extérieur

Concernant les échanges de chaleur entre la surface de la paroi extérieure de la véranda et l'ambiance extérieure, ils sont produits par la convection ou le rayonnement ou les deux à la fois. (Figure 3.13)

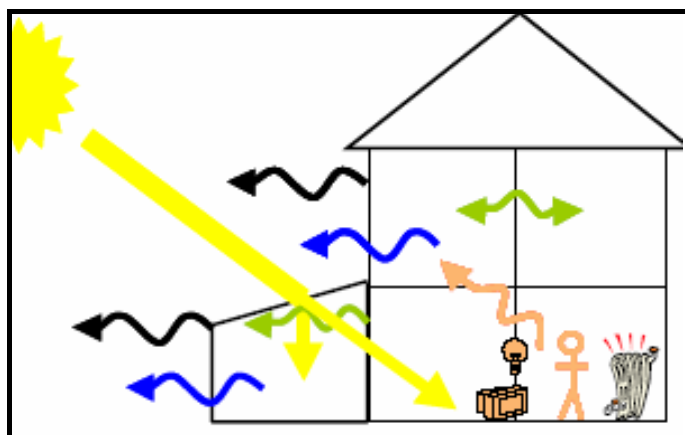


Figure 3.13 Flux de chaleur dans une maison liée à une véranda. (Q. Babcock, 2007).

3.6.2.2 Echanges de chaleur dans le volume de la véranda

Une fois le rayonnement solaire est piégé dans la véranda, les trois modes de transfert d'énergie permettent les échanges de la chaleur, dans l'enceinte de l'espace vitré et avec les espaces contigus.

¹ B. Givoni. *L'Homme, L'Architecture et le Climat*. édition : Le Moniteur, paris . 1978. p 141

² Q. Babcock and S. Irving, *Energy performance of modern conservatories*. FaberMaunsell Ltd, St Albans. Paper 13. Consulté en Mai 2006

La radiation solaire transmise par le vitrage à la véranda est sujette aux échanges radiatifs qui ont lieu avec toutes les parois de la véranda ; dont une partie peut ressortir par le vitrage. Le montant de l'énergie renvoyée par rayonnement dépend des surfaces vitrées. Les vérandas fortement vitrées sont très sollicitées par les réflexions de la radiation solaire.

Les parois intérieures de la véranda qui sont directement ou indirectement irradiées par le soleil assistent à un phénomène de conduction par lequel, la chaleur est transférée de la surface de la paroi vers sa masse pour être stockée en premier lieu, puis transférée par convection et rayonnement de la surface intérieure du mur au bâtiment¹.

3.6.2.3 Echanges de chaleur avec les espaces contigus

Le rayonnement solaire tombant sur la cloison de séparation véranda- habitation, constitue la part directe du rayonnement solaire, il peut être reflété, conduit ou transmis. Quant à la chaleur qui n'est pas absorbée par les masses de stockage thermique, elle est employée pour chauffer l'air. Le phénomène de convection se charge du passage de l'air chaud à l'espace adjacent plus frais à travers portes, fenêtres ou prises d'air placées dans les deux extrémités supérieure et inférieure du mur de séparation véranda-espace habitable. La gestion des apports solaires par ouverture ou fermeture des orifices entre la véranda et l'espace habitable, peut être automatisée. (Figure 3.14)

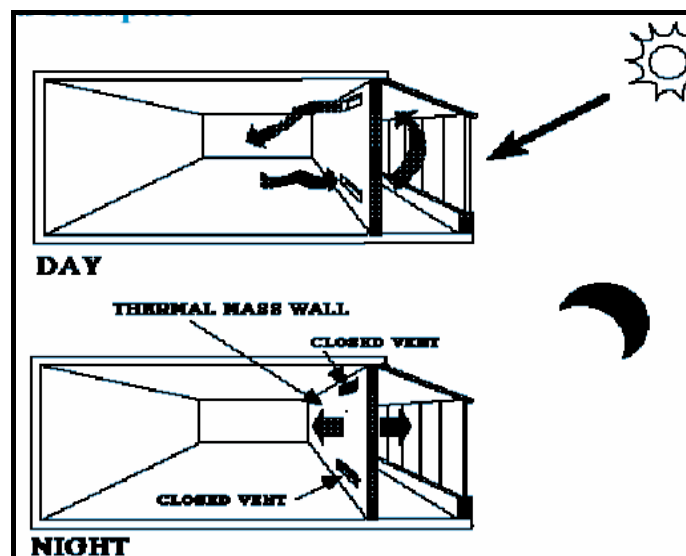


Figure 3.14 fonctions de la véranda, selon l'alternance jour et nuit.

¹ G.C. Bakos. *Improved energy management method for auxiliary electrical energy saving in a passive-solar-heated residence*. Energy and Buildings 34 (2002) pp 699–703

Selon Givoni¹, le transfert de la chaleur par convection, par unité de surface, est beaucoup plus important que le courant conducteur à travers le mur. Le montant réel du courant convectif dépend de la dimension de la porte et fenêtres relatives au mur, de la forme des ouvertures et si les ouvertures sont réellement gardées ouvertes pendant les heures ensoleillées et sont fermées pendant les nuits.

La fraction de la chaleur absorbée et transmise par le mur à l'intérieur est déterminée aussi bien par la conductivité thermique de la matière et l'épaisseur du mur, que par la conductance thermique combinée de l'air et du vitrage. L'intérieur est chauffé par radiation de grandes longueurs d'ondes et la convection naturelle de la face interne du mur chaud¹.

Le soir, la véranda peut être isolée de la maison en fermant les ouvertures percées dans le mur de connexion, afin de réduire les pertes de chaleur vers la véranda qui, permet à sa température de tomber considérablement par déperditions de parois vitrées. Quand ces ouvertures sont fermées, la véranda joue un rôle tampon thermique pour réduire la différence de la température entre l'extérieur et l'intérieur.

Même pendant les jours nuageux ce système de chauffage solaire passif continue à rassembler le rayonnement solaire diffus. Cependant, cette radiation solaire diffuse ne fournit pas assez d'énergie pour garder des températures intérieures situées dans les limites du confort.

3.6.3 Comportement de la véranda vis-à-vis de l'espace adjacent

La température dans un espace largement vitré et inconditionné dépend des montants relatifs de gains solaires et de pertes par transmission. Quant au transfert de chaleur entre la véranda et les locaux adjacents, ils dépendent de leurs températures respectives. Cependant, il est assez délicat de déterminer la température dans les espaces adjacents. Elle est relative à plusieurs paramètres tels que le volume de la pièce, la performance du mur de séparation, les gains internes, et le rôle de l'occupant dans l'usage de cet espace chauffant.

La véranda peut donc avoir trois comportements distincts lorsqu'il s'agit de sa relation avec les espaces adjacents.

1. La température de la véranda est plus élevée que celle de l'extérieur, mais bien au-dessous de celle des espaces avoisinants. C'est la condition la plus fréquente d'une véranda dans les

¹ Baruch.Givoni. climate considerations in building and urban design. 1998 pp 160-178

régions avec rayonnement solaire hivernal faible. C'est également le cas de la nuit et des jours nuageux d'hiver pour les autres climats. La ressource principale de chaleur pour la véranda est à travers son contact avec les espaces chauffés adjacents. Elle a le rôle d'un tampon alimenté par le rayonnement solaire d'une part et le flux de chaleur en provenance des espaces adjacents d'autre part. L'air frais tiré de l'espace vitré peut contribuer à la ventilation de l'habitation, qui utilise moins d'énergie que par une ventilation naturelle qui puise un air plus frais de l'extérieur.

2. La température de la véranda est plus élevée que celle des espaces intérieurs contigus mais, dans les limites du confort. C'est le cas du printemps et de l'automne. La véranda a une contribution positive au chauffage de ces pièces adjacentes. Comme les échanges d'énergie avec les espaces adjacents se font à travers les éléments transparents et opaques communs, la chaleur peut être encouragée à migrer naturellement vers les pièces contiguës, en ouvrant des portes ou des fenêtres placées dans le mur mitoyen. Dans le cas où ces ouvrants sont fermés, il s'agit d'une restitution de la chaleur stockée.

3. la température de la véranda a tendance à augmenter au-dessus de la gamme des températures du confort, elle peut en conséquence causer l'inconfort thermique et la surchauffe dans les espaces adjacents. Cela arrive dans les climats où plusieurs jours hivernaux ensoleillés sont fréquents, en mi saison ou en été.

Le climat de la véranda est systématiquement plus inconfortable que le climat extérieur, quelques soient les dispositions prises (+13°C sans gestion, et +5°C en gérant au mieux sur les maximums)².

3.7 Performance estivale

Les espaces très vitrés sont d'un grand intérêt esthétique et social, cependant ils entraînent dans certains cas, une incommodité et un gaspillage d'énergie considérable.

La véranda, qui est un espace agréable en hiver atteint des températures très élevées en été, loin de ne pas affecter le confort de l'espace adjacent, quelque soit sa configuration³. Selon

¹ Baruch.Givoni. *climate considerations in building and urban design*. 1998. p 160.

² SOL.A.R architectes ingénieurs. *Conception thermique de l'habitat. Guide pour la région Provence-Alpes-côte d'azur. Région Pacca*. Edisud 1988.

³ *Conception thermique de l'habitat. Guide pour la région Provence-Alpe-Cote d'Azur*. Edissud.1988. p 87

"l'ADEME"¹, en été l'atmosphère d'une véranda non protégée des apports solaires, est toujours plus inconfortable que les espaces moins vitrés. Sa température est nettement supérieure à celle de l'extérieur; alors qu'avec certaines précautions l'écart entre les deux températures, peut être limité à 5°C.

Cet espace vitré, requiert par conséquent une attention particulière, pour lui éviter de se transformer en une source majeure d'inconfort et d'insatisfaction en été. Surtout lorsqu'elle se trouve sous un climat chaud et ensoleillé comme le climat méditerranéen, où l'équilibre entre les apports de chaleur et la dissipation de cette chaleur paraît une tâche rude.

3.7.1 La gestion estivale d'une véranda

La gestion de la véranda en période chaude repose sur deux paramètres principaux: la protection contre les apports solaires, et la dissipation de la chaleur accumulée.

3.7.1.1 Réduction de la pénétration du rayonnement

Afin de réduire les apports solaires dans le volume de la véranda, la stratégie d'hiver doit être inversée en été.

- Il faut protéger la véranda du rayonnement solaire.
- Choisir dès la phase de la conception une bonne orientation vis-à-vis du soleil, l'orientation Ouest d'une véranda est particulièrement pénalisante, lorsque la course du soleil s'abaisse et que les températures d'air restent élevées.
- Prévoir uniquement des surfaces verticales vitrées ou très peu inclinées. Les surfaces horizontales doivent être évitées. Dans le cas favorable où la couverture est opaque, il est impératif de prévoir des systèmes d'occultation externe mobile. L'occultation interne n'est pas efficace.
- En été, l'isolement de la véranda de l'espace vivant est l'une des précautions à prendre. Si la véranda est isolée de l'espace habitable, la masse thermique améliore le confort de l'espace adjacent en absorbant la chaleur pendant le jour.
- La nuit, la chaleur est lentement restituée à l'intérieur, il règne des températures plus élevées que dans le cas d'une faible masse thermique, cependant avec une ventilation nocturne les températures restent proches de la zone de confort.

¹ ADEME. Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie 001 *guide de l'éco construction*. [En ligne] <http://www.ademe.fr>. Consulté en février 2007.

- Des casquettes de dimensions réduites favorisent le passage du rayonnement en provenance du soleil bas de l'hiver, par contre elles interceptent le rayonnement estival. L'effet de masque de la toiture opaque réduit les apports solaires directs, est compensé par la suite la température de l'air pris dans la véranda.
- L'auvent et surtout la loggia constituent une excellente protection des vitrages Sud-Est à Sud-Ouest. Toutefois, ils doivent être complétés par des protections mobiles en période chaude. La véranda encastrée est de loin la meilleure vis-à-vis du confort estival.

La figure 3.15, présente les différents types de protections relatifs aux différentes orientations.

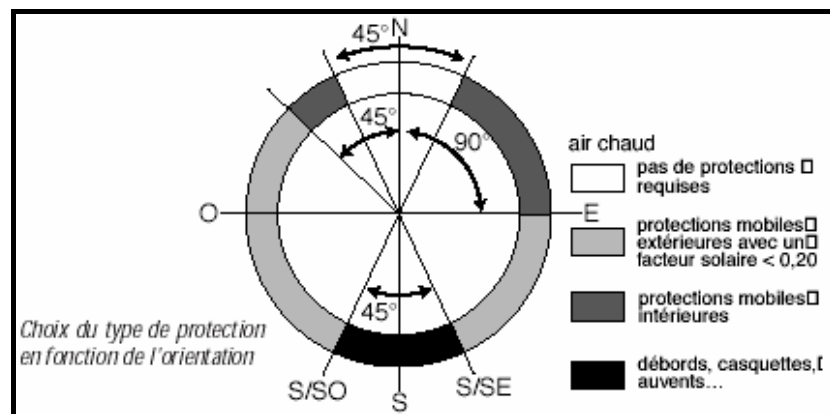


Figure 3.15 *Choix du type de protection en fonction de l'orientation. Source¹*

- La végétation à feuilles caduques peut constituer un excellent pare-soleil qui portera ombre naturellement variable sur la façade, réduisant ainsi la pénétration du rayonnement en été, et laissant passer le rayonnement solaire en hiver. Cependant, il est impératif d'indiquer que certains arbres ont un branchement dense, qui est capable de bloquer un grand pourcentage de lumière du soleil en hiver.

3.7.1.2 Stratégie de refroidissement et de dissipation de la chaleur

La protection solaire est nécessaire pour empêcher la chaleur de s'introduire dans le bâtiment, qui une fois introduite; un seul moyen permet son évacuation et sa dissipation : La ventilation, qui vient rapprocher l'ambiance intérieure des situations de confort. Deux moyens sont appropriés pour assurer une ventilation naturelle :

¹ Commission européenne. *Nouvelles solutions dans l'utilisation de l'énergie. Caractéristiques Pour un bâtiment méditerranéen* 1999.

1- Si la véranda est bien conçue et protégée du rayonnement solaire, sa température ne sera pas forcément très élevée, un refroidissement par effet de cheminée permettra de chasser les calories stockées dans la structure.

Pour induire l'effet de cheminée, les prises d'air doivent être placées au sommet de la cloison vitrée de la véranda où la température est la plus élevée, et au fond de l'espace où la température est la plus basse. (Figure 3.16)

La taille nécessaire des prises d'air est fonction d'un certain nombre de facteurs, y compris le rapport surface vitrée à la surface au sol de la véranda, et la hauteur de séparation entre les prises d'air. Les recommandations issues des études entreprises dans ce domaine exigent que les surfaces de ventilation présentent au moins 15% de la surface totale du verre¹. Elles indiquent également que le flux d'air de ventilation est déterminé par la séparation entre les prises d'air qui, plus elle est grande, plus la ventilation est efficace.

2- Le deuxième moyen de ventilation est de prévoir des ouvertures largement dimensionnées qu'elles soient fenêtres ou portes, selon le dessin architectural et les exigences fonctionnelles et esthétiques de la véranda. Selon le guide de recommandations², il faut que 20 à 30% de la surface vitrée puisse s'ouvrir.

Pour les climats à hiver froids et été chauds, la surchauffe est évitée par le démontage d'une partie du vitrage pour élever le taux de ventilation, la prévision d'une surface d'ouvrants au moins égale au 1/3 de la surface de la véranda s'avère appropriée³.

Néanmoins, la meilleure solution est de démonter carrément les parois vitrées, permettant à cet espace de se transformer en espace tampon mettant les locaux intérieurs en retrait vis-à-vis du rayonnement solaire.

¹ *Passive solar design strategies*. Cape Hatteras, north Carolina. (en ligne] www.sbicouncil.org

² Logements à faibles besoins en énergie. Guide de recommandations et d'aide à la conception cabinet olivier sidler. 2000

³ *Conception thermique de l'habitat. Guide pour la région Provence-Alpe-Côte d'Azur*. Edissud.1988. p 87

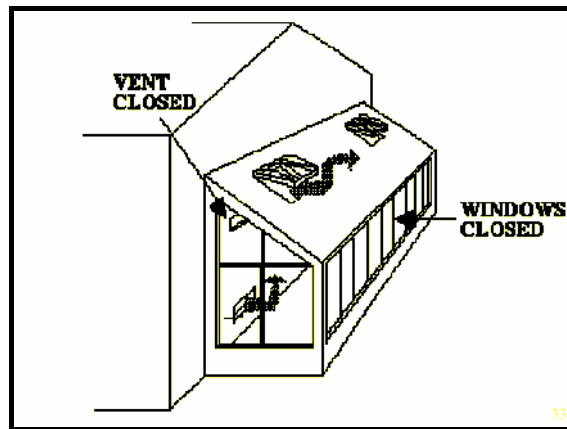


Figure 3.16 Ventilation par effet thermosiphon (Martin Andra, ¹).

3.8 Rôle de l'occupant dans la gestion de l'espace véranda

L'occupant par son comportement, dispose d'un rôle majeur dans l'établissement des situations de confort en hiver et en été, et dans la vraie consommation énergétique de son espace habitable ou son lieu de travail.

Les comportements des usagers dépendent des habitudes issues de leurs expériences relatives aux différentes zones climatiques et à la diversité des cultures des peuples. Aussi les gens ne sont pas suffisamment instruits pour s'adapter à une maison dont le principe leur est étranger ; pareillement au cas de bâtiments à gains directs ou indirects adopté dans notre pays.

« Toutes les dispositions prises par l'architecte bioclimaticien seront sans effet, et auront même des effets contraires, si l'usager ne suit pas² ». L'habitant peut exercer son influence sur l'espace de plusieurs manières:

- Il résulte de l'utilisation des volets et stores, la suppression de la pénétration solaire qui modifiera le bilan thermique de manière négative, en hiver mais positive en été.
- L'ouverture des fenêtres la nuit ou même de jour par vent moyen et fort, entraîne des déperditions en saison de chauffe, alors qu'elle est d'un grand intérêt estival.
- la manipulation des prises d'air, et des fenêtres selon le besoin de profit de la chaleur ou de sa dissipation est d'une importance cruciale, c'est à partir de la gestion de ses ouvertures qu'une liaison ou une isolation thermique supplémentaire est assurée.

¹ Dr Martin Andra. *Energy Efficient Building Design in Australia Research Manager*. Environmental Technology Centre, Murdoch University. Australia

² Jean Luis Izard et Alain Guyot. *Archi bio*. Edition parenthèses. 1979. p85

3.9 Conclusion

Dans la plupart des climats, une véranda solaire bien conçue rassemble une portion d'énergie un jour hivernal clair, pouvant répondre à ses besoins, et participant au chauffage de l'espace adjacent. Cependant la gestion des apports solaires est d'une grande importance vis-à-vis du confort thermique et de l'économie énergétique. De ce fait, il est d'une importance primordiale de concevoir prudemment cet espace, et de penser à la gestion des apports solaires dès la phase de conception. Le choix des matériaux de construction, l'orientation, le rapport surface vitrée à la surface opaques ainsi que la taille et l'emplacement des ouvertures sur le mur de liaison, et le rôle de l'occupant sont des paramètres à étudier avec soin.

Chapitre 4 : Etat de l'art sur la véranda en tant qu'approche solaire passive

4.1 Introduction

D'importants efforts de recherche se sont orientés vers les vérandas, afin de réduire la consommation d'énergie dans les bâtiments, d'améliorer le confort thermique et les aspects de qualité environnementale. La cible principale de ces recherches est de déterminer et cerner les paramètres qui agissent sur la performance des vérandas, afin de les adapter aux conditions climatiques et aux besoins des occupants.

Les études ont visé plusieurs paramètres : qui incluent la conservation énergétique et la contribution solaire des différents types de vérandas, leurs orientations, type et caractéristiques des vitrages, type du vitrage de séparation, taille de la véranda, masse thermique, composition avec d'autres procédés, effet de la latitude sur la fraction solaire, effet de l'inertie sur sa performance, et risque de surchauffe.

Une révision de la littérature permet d'examiner ces paramètres, et leur impact sur le confort thermique, et sur leur rendement énergétique.

4.2 Paramètres analysés par les travaux de recherche

4.2.1 Conservation énergétique de la serre et paramètres l'affectant

4.2.1.1 Dépendance du rendement de la véranda des conditions climatiques

Dans le cadre de l'utilisation de la véranda comme procédé de chauffage et de rafraîchissement de l'espace, plusieurs études sont menées pour l'examen de son comportement thermique, et son potentiel énergétique.

Dans le cadre de travaux de recherche du laboratoire d'économie d'énergie en Grèce, G. C. Bakos¹ a établi une analyse thermique, sur l'économie de l'énergie électrique dans une résidence solaire passive située dans la ville de Xanthi en Grèce du Nord. La résidence emploie une serre attachée à murs et toit inclinés, avec vitrage simple, et un plancher de stockage thermique chauffé électriquement.

Vu que la ventilation des serres est très importante, en particulier dans les pays méditerranéens, où la température ambiante peut dépasser quelquefois 40 °C, la serre jouie d'une possibilité de ventilation efficace et de ce fait, la probabilité de surchauffe en été est minimisée.

Le programme informatique ESP utilisé dans ce travail, a permis la réalisation de plusieurs simulations pour le calcul de la demande d'énergie auxiliaire électrique, avant et après l'ajout de la véranda. Une comparaison entre les résultats montre qu'approximativement 80 % de l'économie d'énergie annuelle ustensile électrique est obtenue par l'utilisation du système de chauffage solaire passif. (Figure 4.1).

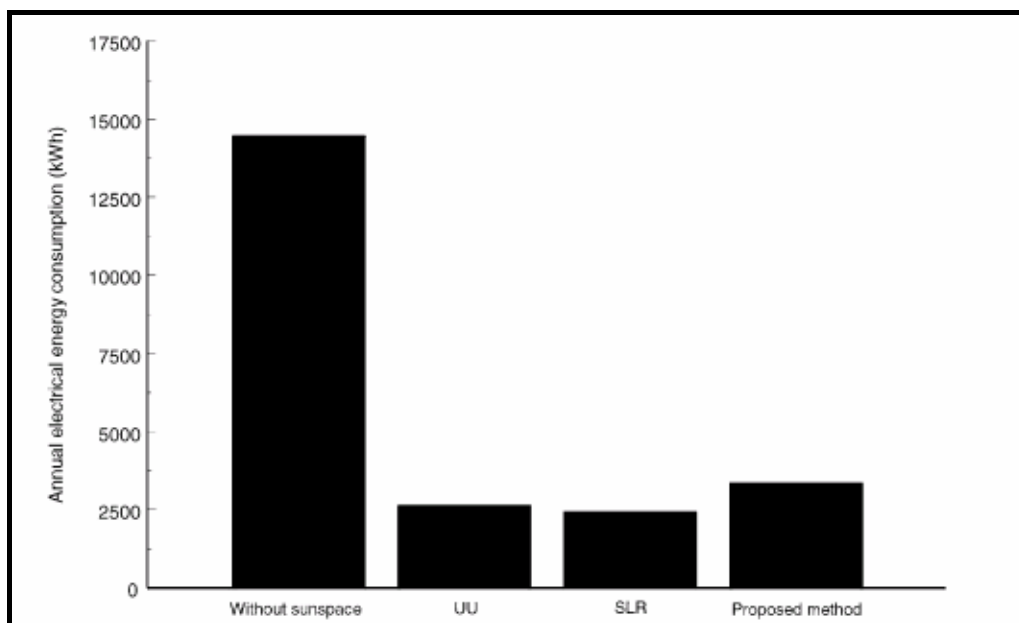


Figure4.1 *Consommation annuelle de l'énergie électrique avant et après utilisation du système solaire passif. (UU, SLR, Proposed method : sont des méthodes d'analyses thermiques. (G. C. Bakos, 2003)*

¹ G. C. Bakos. *Electrical energy saving in a passive-solar-heated residence using a direct gain attached sunspace*. Elsevier Science. Volume35. (2003). pp 147-151

Dans le même contexte de calcul d'économies d'énergie obtenues par l'utilisation de la véranda, R. Chareille et all¹, ont développé un modèle de véranda pour le programme de simulation Clim 2000, qui était appliqué à deux configurations différentes de vérandas, la première où la véranda est associée à une maison individuelle existante, et la deuxième où elle est attachée à un nouvel immeuble.

Les paramètres principaux de l'évaluation sont :

- Le type de climat
- Le niveau d'isolation (mauvaise, moyenne ou très bonne).
- Type de véranda (projetée ou ajoutée).
- Le vitrage (classique, à forte isolation ou à basse émissivité).
- La taille et le type de vitrage de séparation entre la véranda et le logement.
- Les stratégies de la ventilation.

Résultats et analyse :

La variation du vitrage de la véranda et la taille de la séparation vitrée, selon les critères cités plus haut, a permis de définir l'efficacité du système, et d'évaluer quantitativement le potentiel de l'économie d'énergie:

- Les vitrages de la véranda, avec une forte isolation thermique sont les plus efficaces.
- Le double vitrage utilisé pour la séparation est le plus efficace du point de vue économie de l'énergie.
- Concernant l'énergie, la véranda orientée au sud reçoit plus d'énergie solaire qu'une autre orientée au nord. Par conséquent, la maison à laquelle elle est associée voit sa consommation en énergie chauffante diminuer de 12 %, comparée à seulement 7 % pour une autre dont la véranda est orientée au nord.
- la simulation atteste de la diminution d'économies d'énergie avec l'augmentation de la surface vitrée de la séparation véranda- logement.

¹ R. Chareille, and all. *impact of a veranda on the reduction of the energy consumption in residential buildings : an application of the clim2000 software*. Seventh International IBPSA Conference

Rio de Janeiro, Brazil. August 13-15, 2001.

G. Mihalakakou¹ a mené une série de simulations en employant le programme TRNSYS[3], dans quatre différentes villes européennes: Milan, Dublin, Athènes et Florence, sur les périodes froide et chaude de l'année pour des bâtiments équipés de vérandas. L'objectif de ce travail est de tester la faisabilité de la véranda en tant que système de chauffage et en tenant compte des conditions climatiques, en vue d'une recherche de solutions au problème de surchauffe.

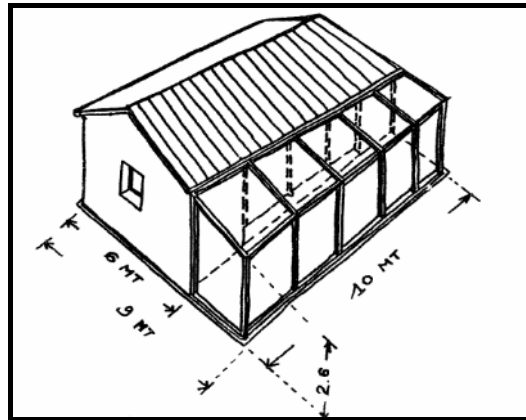


Figure 4.2 *Le bâtiment simulé lié à la véranda. (G. Mihalakakou, 2002).*

Les calculs se basaient sur les paramètres suivants :

- La température de l'air ambiante (°C).
- La radiation solaire globale (kJ/m²h).
- La radiation solaire diffuse (kJ/m²h).
- Le ratio de l'humidité (kg d'eau / kg air sec).

Table 4.1, issu des simulations entreprises par **G. Mihalakakou**², illustre l'augmentation de la température du bâtiment due à sa connexion à une véranda. L'amélioration des conditions thermiques par la présence de vérandas est obtenue pour tous les cas, mais l'apport thermique de la véranda dépend des conditions climatiques et varie d'une ville à une autre : Dublin a enregistré la meilleure amélioration de la température de l'espace adjacent de 5°C, par contre Florence a enregistré une augmentation de température de 2°C seulement, quant la

¹ G. Mihalakakou. *On the use of sunspace for space heating/cooling in Europe*. Renewable Energy. Volume 26 (2002). pp 415–429

² G. Mihalakakou. *On the use of sunspace for space heating/cooling in Europe*. Renewable Energy. Volume 26 (2002). Pp 415–429

température de l'air extérieur fluctuait entre 2.8 et 6.6°C à Dublin, et entre 6.6 et 11.1°C à Florence.

vile	Gains de températures d'un espace attaché à une véranda et d'un autre sans véranda.
Milan	4°C.
Dublin	5°C.
Athènes	3°C.
Florence	2°C.

Table 4.1 *Amélioration de la performance thermique du bâtiment employant la véranda. (G. Mihalakakou, 2002).*

Dans un objectif d'évaluation de la performance de la véranda et de son potentiel énergétique, l'étude réalisée par J. Currie ¹ a montré, qu'utiliser une véranda pour le préchauffage de l'air, peut épargner 15% des exigences chauffantes comparé à une ventilation par l'infiltration traditionnelle. (Figure 4.3)

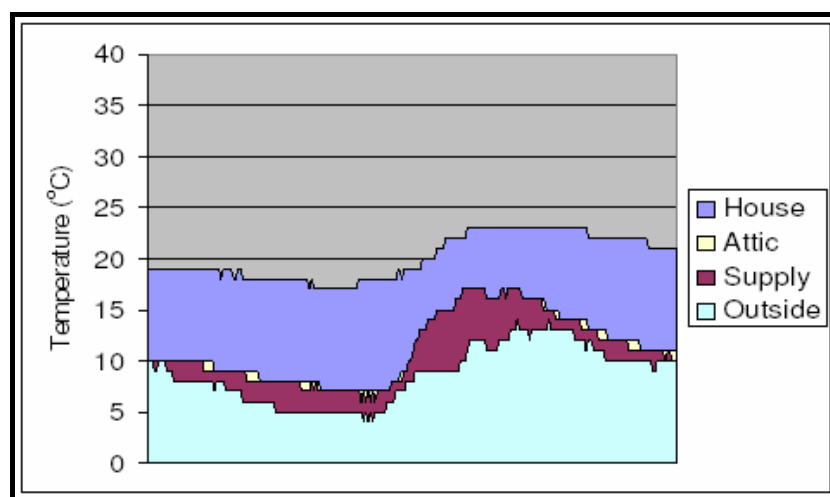


Figure 4.3 *Gain de température par la serre, espace réducteur de besoin chauffant. (Martin Liddament².2006).*

¹ Martin Liddament. *Energy conservation in buildings and community systems programme*. International energy agency. 27th AIVC conference. 2006

²Martin Liddament. *Energy conservation in buildings and community systems programme*. International energy agency. 27th AIVC conference. 2006

Dans le contexte du processus de la réadaptation thermique d'anciens immeubles, une procédure d'amélioration de l'enveloppe de bâtiment, par l'addition de l'isolation et la transformation des balcons ouverts en vérandas, a été adoptée. Reto Camponovo et coll¹ ont procédé à l'analyse de l'immeuble "Libellules" situé dans les périphéries de Genève, construit en 1968 et ayant subi des travaux de rénovation. (Figure4.4)



Figure4.4 *Le bloc de "Libellules" dans son état réel [à gauche], transformé [à droite] (Reto Camponovo, et coll, 2006)*

Afin de traiter le problème de confort, une campagne de mesure hygrothermique est entreprise in situ, et a montré qu'en hiver, lorsque le facteur solaire est faible, la température de l'espace adjacent à la loggia vitrée est de 8 ou 9°C au dessous de la température de la loggia même.

D'autre part, pendant l'été, les températures intérieures des loggias vitrées dont l'exposition au soleil est maximale, peut faire une pointe bien au-dessus de 38°C, surtout en raison de la protection solaire défectueuse.

Dans un travail de recherche similaire, neuf exemples de bâtiments réhabilités, ont été analysés par O. Svensson et K. B. Wittchen², afin de traiter les conséquences architecturales de la fermeture de balcons d'appartements anciens. Les chercheurs ont trouvé que l'économie d'énergie résultant de la fermeture des balcons, du nouveau système de chauffage et de l'eau

¹ Reto Camponovo, et coll. *Thermal rehabilitation: assignment of balconies into conservatories; the 'Libellules' case study*. The 23rd Conference on Passive and Low Energy Architecture, Geneva, Switzerland, 2006

² Ole Svensson and Kim B. Wittchen. *On Energy Savings, Thermal Comfort, Utility Value and*

Architecture of new Glazed-in Extensions to older Blocks of Flats. International Journal of Low Energy and Sustainable Buildings, Vol. 1, 1999. [En ligne] <http://www.sbi.dk>

chaude domestique, est d'approximativement 20 % de la consommation d'énergie initiale. Toutefois, le questionnaire présenté aux habitants, a montré que les températures dans les balcons sont beaucoup trop élevées pendant des périodes d'été quand cet espace est laissé fermé.

D'après C. Boonstra et R. Vollebregt¹, l'économie réelle des balcons vitrés dépend de plusieurs paramètres. La forme du balcon, le type de vitrage et la ventilation sont les plus importants. Si tous ces paramètres sont optimisés, une réduction de la demande énergétique sera réalisée, dont 35 - 45 kWh/m² peut être attribuée à la fermeture de balcons par du vitrage.

Par le préchauffage d'air de ventilation, les balcons, réalisent une économie de 30 à 40 kWh/m² pour un appartement de 70 m² dans les climats semblables à l'Europe nordique et au nord des Etats-Unis. (Figure 4.5)

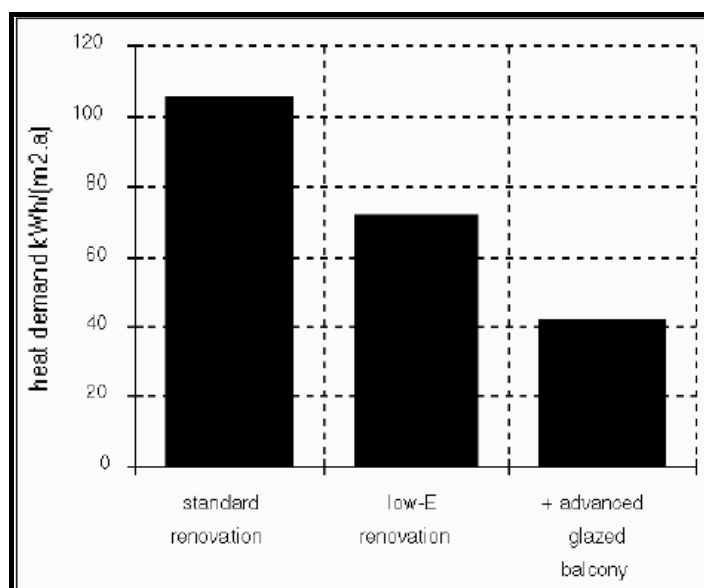


Figure 4.5 *Economie en énergie réalisée par fermeture de balcons et utilisation de vitrage à faible émissivité.*(Boonstra, 2006)

4.2.1.2 Inertie thermique de la véranda

La véranda par son exposition solaire rassemble la chaleur ; le mur de séparation joue le rôle d'accumulateur de chaleur. Jouissant d'une bonne inertie, il permet d'emmagasiner les

¹ Chiel Boonstra and Rik Vollebregt . *Advanced Glazed Balconies: Integration of Solar Energy in Building Renovation*. IEA SHCP, Task 20 "Solar Energy in Building Renovation". EuroSun'96. pp1795-1797

apports solaires pendant la journée afin de les faire restituer la nuit, lorsque l'air extérieur se refroidit.

La société ENERTECH¹ a présenté au colloque Montpellier- 2003, une recherche sur l'impact de l'inertie sur le confort et la consommation de chauffage des bâtiments en hiver, éventuellement sur les besoins de rafraîchissement en été (ventilation ou climatisation).

Les données recueillies de la campagne de mesures effectuée au cours d'une journée très chaude, montrent l'évolution des températures dans le séjour, dans la véranda et à l'extérieur. Il faut noter que durant la nuit, trois fenêtres de la véranda étaient ouvertes sur l'extérieur. Parmi les observations soulignées par la société:

- une véranda bien conçue et très inerte, joue le rôle d'un élément de climatisation pour le bâtiment puisqu'il y fait 10°C de moins qu'à l'extérieur,
- la température enregistrée dans le séjour est très stable, et ne fluctue qu'entre 21 et 26°C, pendant que la température extérieure varie de 12 à 40°C. Le séjour n'a donc pas été affecté par les fluctuations importantes de température à l'extérieur. Cela s'explique par le rôle de l'inertie, et son caractère régulateur. (Figure 4.6)

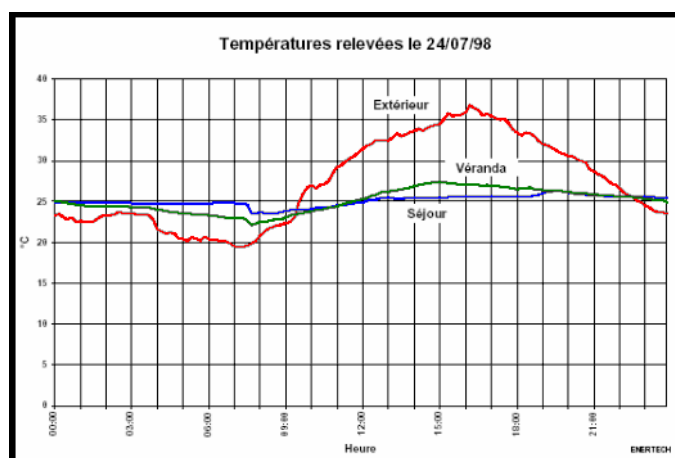


Figure 4.6 *Forte inertie - Fréquences cumulées des températures au cours du mois de juillet 1999. source cabinet sidler.*

T. Kesik et M. Simpson¹, par un travail de recherche élaboré dans ce contexte, aboutissent à des résultats similaires à l'étude précédente et affirment que, pour un bon fonctionnement d'une véranda orientée au sud, la masse thermique du mur orienté au sud doit être augmentée.

¹ Olivier SIDLER. L'Inertie thermique en climat méditerranéen. Confort et consommations d'énergie ». L'apport des campagnes de mesure. *Sté ENERTECH*

4.2.1.3 Orientation de la véranda

L'orientation d'une véranda dépend de sa destination, de ses besoins en lumière naturelle, du rayonnement solaire attendu pour le chauffage de la maison ou, de la nécessité de la protection de la surchauffe, et des besoins de ventilation pour le rafraîchissement en été.

Les différentes simulations réalisées par R. Chareille et coll², à travers le programme de simulation Clim 2000, ont permis de montrer que la température maximale est nettement plus basse pour une orientation nord que pour les autres orientations de la véranda.

Dans le cadre des travaux de recherches sponsorisés par le centre de technologie d'énergie CANMET³, une recherche s'est fixée l'objectif de la modélisation et l'analyse d'une maison individuelle typique avec et sans serre attachée, par le logiciel ESP-r.

Plusieurs variations sur la construction et le comportement sont entreprises. Elles sont relatives à l'orientation de la serre, sa connexion physique à la maison, la masse thermique, les caractéristiques du vitrage, et au mouvement de l'air entre la maison et la serre attachée.

La serre étudiée dans ce travail est de taille modeste, placée dans une des quatre villes canadiennes représentatives des climats principaux de Canada : Ottawa, Toronto, Edmonton et Vancouver.

Ce travail a été conclu par plusieurs résultats. Concernant les charges de chauffage et de refroidissement pour Ottawa où le climat est relativement sévère :

- L'orientation la moins efficace de la maison est l'orientation ouest, les vitrages impliquant les plus hautes charges de rafraîchissement.
- Pour une orientation sud, une réduction de la demande annuelle de chauffage de 13415(KWh), et une réduction de la charge de refroidissement de 3045 (KWh) est réalisée, mais seulement quand un bon niveau d'efficacité d'énergie est appliqué à l'enveloppe de la serre.

¹ Ted Kesik Mark Simpson. *Thermal performance of attached sunspaces for. canadian houses*. Faculty of Architecture, Landscape and Design, University of Toronto.

² R. Chareille, and all. *impact of a veranda on the reduction of the energy consumption in residential buildings : an application of the clim2000 software*. Seventh International IBPSA Conference

Rio de Janeiro, Brazil. August 13-15, 2001.

³ Ted Kesik et Mark Simpson. *Thermal performance of attached sunspaces for. canadian houses*. Faculty of Architecture, Landscape and Design, University of Toronto

- l'orientation des surfaces de fenestration principales de la maison est plus significative que la taille de la serre, en ce qui concerne le potentiel de chauffage solaire passif. (Table 4.2)

OTTAWA			
File Code	Heating (kWh)		Cooling (kWh)
	<i>Sunspace</i>	<i>Total</i>	<i>Total</i>
ccht-S	N/A	13415	3045
ccht-N	N/A	12717	3208
ccht-E	N/A	13528	4209
ccht-W	N/A	13665	4037

Table 4.2 Réduction de la demande annuelle de chauffage de et de refroidissement, selon différentes orientations (T. Kesik et M. Simpson, 2004. Adapté par auteur).

C.Boonstra et R. Vollebregt¹ ont obtenu des résultats similaires par des études entreprises pour la rénovation de bâtiment, et l'introduction de l'énergie solaire. Les études de simulation ont été effectuées sur des balcons vitrés afin d'étudier leur effet sur l'énergie dans les bâtiments collectifs.

Les paramètres de conception principaux d'un balcon vitré qui ont fait objet d'étude sont : l'orientation, la ventilation, le type de vitrage, et le type de balcon. La demande en énergie chauffante a été calculée avec le programme de simulation TCM-Heat, les températures dans le balcon et à l'intérieur du logement ont été calculées avec le programme TSBI3.

Les résultats peuvent être résumés comme suit :

- Une économie d'énergie allant jusqu'à 15 kWh/m² selon l'orientation, est attribuée à la fermeture des balcons.
- La plus grande économie de l'énergie est obtenue pour une orientation sud, la moins importante est celle du nord.
- Les économies relatives aux autres orientations sont encore significatives et représentent au moins 60% de l'économie réalisée par une orientation sud, car non seulement le balcon vitré économise de l'énergie par captage solaire, mais il réduit également les pertes par transmission et par ventilation.

¹ Chiel Boonstra and Rik Vollebregt . *Advanced Glazed Balconies: Integration of Solar Energy in Building Renovation*. IEA SHCP, Task 20 "Solar Energy in Building Renovation". EuroSun'96. pp1795-1797

- Bien que l'orientation sud soit bénéfique, l'orientation de façon générale a une influence légèrement plus petite que le type de verre et la ventilation, sur l'économie d'énergie.

4.2.1.4 Type de vitrage de la véranda

Le vitrage sert de piège au rayonnement infrarouge, c'est le point de passage d'importants apports solaires, l'hiver comme l'été, et il est également responsable de déperditions thermiques.

D'importants efforts de recherche sont effectués afin de déterminer le type de vitrages dont les caractéristiques pourraient être adaptées aux vérandas et aux diverses conditions climatiques. Cependant les résultats se croisent sur la performance du vitrage à faible émissivité.

Les simulations faites par R. Chareille et coll¹, en variant le type de vitrage (classique, à forte isolation ou à basse émissivité), indiquent que l'influence du type de vitrage n'est pas significative pour le confort au sein de la véranda, mais concernant l'énergie, les vitrages avec une forte isolation thermique sont les plus efficaces.

Selon l'étude de C. Boonstra et R. Vollebregt², l'économie d'énergie peut aller jusqu'à 50 kWh/m² selon le type de vitrage, le vitrage à faible émissivité est le plus performant.

4.2.1.5 Type du vitrage de séparation (véranda / espace habitable)

Le phénomène de convection se charge du passage de l'air chaud à l'espace adjacent plus frais à travers portes, fenêtres, ou prises d'air placées dans le mur de séparation véranda-espace habitable. La transparence des ouvertures percées dans ce mur permet également le passage de la lumière. La sélection du type de vitrage aussi bien que sa proportion à la surface totale du mur, sont des facteurs très importants pour l'établissement des conditions thermiques favorables dans l'espace.

Le choix du type de vitrage des ouvertures est étudié à partir des simulations entreprises par R. Chareille et coll¹. Les températures maximales, moyennes et minimales de la véranda ont

¹ R. Chareille, and all. Impact of a veranda on the reduction of the energy consumption in residential buildings : an application of the clim2000 software. Seventh International IBPSA Conference Rio de Janeiro, Brazil. August 13-15, 2001.

² Chiel Boonstra and Rik Vollebregt . *Advanced Glazed Balconies: Integration of Solar Energy in Building Renovation*. IEA SHCP, Task 20 "Solar Energy in Building Renovation". EuroSun'96. pp1795-1797

été calculées. Elles ont donné une première évaluation du confort dans le logement. Le double vitrage utilisé pour la séparation est le plus efficace du point de vue économie de l'énergie. Concernant le confort dans la véranda, l'influence du type de vitrage de séparation n'est pas significative.

4.2.1.6 Taille du vitrage de séparation (véranda / espace habitable)

Entre la fonction de stockage des gains solaires et leur passage à l'espace habitable, se place l'enjeu de trouver les proportions les plus adéquates permettant de mettre les gains instantanés et les gains stockés au profit de l'espace habitable.

Les résultats des expériences menées par R. Chareille et coll² en 2001, indiquent que l'augmentation de la surface vitrée du mur de séparation induit une réduction d'économies d'énergie.

Une étude similaire effectuée par T. Kesik et M. Simpson³, a montré qu'une proportion de 100 % de vitrage de séparation est meilleure pour la pénétration du flux solaire et de la lumière, mais du point de vue échanges thermiques elle est moins efficace qu'un mur opaque. (Figure 4.7)

Les simulations ont pu définir une proportion du mur opaque égale à 39 % de la paroi de séparation, qui constitue une capacité thermique et qui a un bon facteur d'échanges thermiques.

Concernant le confort thermique, les chercheurs ont prouvé que l'influence de la portion de vitrage n'est pas significative du point de vue confort.

¹ R. Chareille, and all. *impact of a veranda on the reduction of the energy consumption in residential buildings : an application of the clim2000 software*. Seventh International IBPSA Conference

Rio de Janeiro, Brazil. August 13-15, 2001.

² R. Chareille, and all. *impact of a veranda on the reduction of the energy consumption in residential buildings : an application of the clim2000 software*. Seventh International IBPSA Conference Rio de Janeiro, Brazil. August 13-15, 2001.

³ Ted Kesik et Mark Simpson. *Thermal performance of attached sunspaces for. canadian houses*. Faculty of Architecture, Landscape and Design, University of Toronto

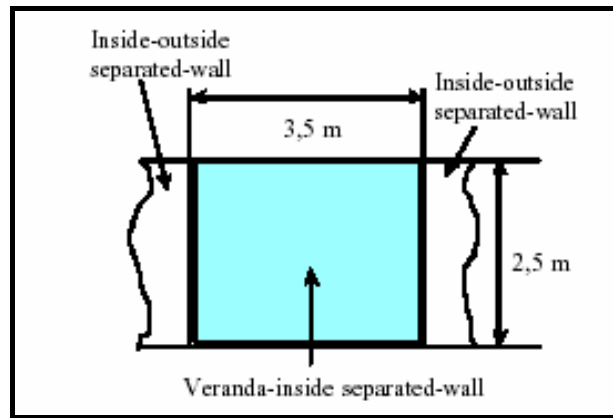


Figure 4.7 Proportion de 100% du vitrage de séparation.

4.2.1.7 Le type de véranda

Les vérandas peuvent prendre des formes variées qui dépendent des possibilités offertes, de la destination et des exigences de chaque cas. (chapitre 2)

Cependant, les variations dans le dessin architectural et la typologie des vérandas ont un impact direct sur leur performance et leur rendement énergétique.

G. Oliveti et coll¹ en 2005, ont pu déterminer un rapport direct, entre typologie et configuration des éléments vitrés, et contribution solaire. Ces éléments doivent être pris en considération d'une façon appropriée dans le calcul de l'apport énergétique des bâtiments.

Les résultats des expériences menées par R. Chareille et coll² en 2001, sur un appartement lié à une véranda, montrent qu'une véranda encastrée a plus de pertes de chaleur qu'une véranda accolée. Ceci est la conséquence de la présence de grandes surfaces d'échanges avec l'appartement.

Ted Kesik et Mark Simpson³ ont pu montrer qu'une véranda encastrée est plus efficace qu'une véranda accolée du point de vue confort. Mais, concernant la consommation énergétique, elle est moyennement égale, dans les deux types de véranda : encastrée et accolée.

¹ G. Oliveti et coll. *Solar contribution evaluation for building attached sunspace in the Mediterranean climate*. International Conference "Passive and Low Energy Cooling 841, for the Built Environment". Santorini, Greece May 2005.

² R. Chareille, and all. *impact of a veranda on the reduction of the energy consumption in residential buildings : an application of the clim2000 software*. Seventh International IBPSA Conference Rio de Janeiro, Brazil. August 13-15, 2001.

³ Ted Kesik et Mark Simpson. *Thermal performance of attached sunspaces for. canadian houses*. Faculty of Architecture, Landscape and Design, University of Toronto.

À propos de la nature du toit de la véranda, la véranda à toit opaque est la solution idéale du point de vue énergétique. Elle est meilleure que toute autre configuration du toit vitré.

Les pertes de chaleur par radiation nocturne sont réduites pendant la saison chauffante, pour une véranda à toit opaque. Ce même toit constitue une occultation en saison chaude et réduit les charges de refroidissement. Ce type de véranda fournit une amélioration de l'efficacité énergétique globale et annuelle de l'ordre de 3.2 % pour la ville de Ottawa.

Trois types de balcons vitrés ont été étudiés par C. Boonstra et R. Vollebregt¹ : encastré, semi encastré et accolé. Une différence de 15 kWh/m² a été observée entre la meilleure configuration et la configuration la moins performante. La plus grande valeur d'énergie économisée est attribuée au balcon encastré (loggia).

4.2.1.8 Les tailles de la véranda

R. Chareille et coll², à travers une comparaison entre deux vérandas de tailles différentes, ont réalisé que la température maximale de la grande véranda augmente de 7,5°C Comparée à la température maximale de la plus petite. La grande véranda est ainsi plus confortable en mi saison, mais les températures atteintes pendant la période chaude de l'année sont très élevées.

Les économies d'énergie augmentent avec la taille de la véranda, de 12 % pour une véranda de 13,5m² à 15 % pour une véranda de 19,5m².

Concernant le potentiel de chauffage solaire passif, l'orientation des principales zones de fenestration de la maison est plus significative que la taille de la véranda.

4.2.1.9 Influence des débits de ventilation

Le maintien des ouvertures entre la véranda et l'espace adjacent assure le passage de l'air préchauffé à l'intérieur de l'espace habitable, rapprochant ainsi l'ambiance des situations de confort en période froide. Elle est également le seul moyen d'évacuation et de dissipation de la chaleur excédentaire accumulée pendant la journée en période chaude.

¹ Chiel Boonstra and Rik Vollebregt . *Advanced Glazed Balconies: Integration of Solar Energy in Building Renovation*. IEA SHCP, Task 20 "Solar Energy in Building Renovation". EuroSun'96. pp1795-1797

² R. Chareille, and all. *impact of a veranda on the reduction of the energy consumption in residential buildings : an application of the clim2000 software*. Seventh International IBPSA Conference

Rio de Janeiro, Brazil. August 13-15, 2001.

R. Camponovo et coll¹ ont montré à travers l'étude thermique de l'immeuble réhabilité 'Libellules', que le flux thermique entre l'espace intérieur et extérieur devrait être commandé par un thermostat modulant son passage par la loggia vitrée.

L'influence du débit de l'air et de sa distribution à partir du balcon, sur l'économie d'énergie dans l'espace habitable a été étudiée par C.Boonstra et R.Vollebregt² : les résultats ont montré que l'économie réelle des balcons vitrés dépend de plusieurs paramètres. La ventilation fait partie des plus importants.

Selon la même étude, une ventilation adéquate peut rapporter un gain énergétique de 20 kWh/m².

4.2.1.10 Contribution solaire et performance de la véranda

Dans un but d'évaluation de la dépendance de la contribution solaire, de certains facteurs, une simulation d'une période d'une année a été conduite par G. Oliveti, M. et coll³ pour le climat Méditerranéen et plus précisément dans la ville de Cosenza située au Sud de l'Italie, à 39°18 ' de latitude, et 16°15 ' de longitude.

Ces facteurs sont : la surface du vitrage de la véranda, le rapport de la surface vitrée à la surface opaque du mur de stockage thermique, le type de verre, les propriétés optiques des surfaces opaques et l'orientation de la véranda. Un volume vitré représentant une véranda, ayant la forme géométrique la plus simple, a été étudié en variant la taille du vitrage sur le mur frontal de 20 % à 100 %. La véranda est en communication avec la pièce par un mur avec vitrage de taille variable, les surfaces transparentes peuvent être disposées dans diverses orientations.

Les évaluations ont été effectuées avec le programme de simulation DEROB-LTH. Oliveti et coll¹ ont procédé à 16 différentes combinaisons obtenues en associant des valeurs de coefficient d'absorption des murs verticaux w et du sol f variant entre 0,2 et 0,5. (Figure 4.8).

¹ Reto Camponovo, et coll. *Thermal rehabilitation: assignment of balconies into conservatories; the 'Libellules' case study*. The 23rd Conference on Passive and Low Energy Architecture, Geneva, Switzerland, 2006

² Chiel Boonstra and Rik Vollebregt . *Advanced Glazed Balconies: Integration of Solar Energy in Building Renovation*. IEA SHCP, Task 20 "Solar Energy in Building Renovation". EuroSun'96. pp1795-1797

³ G. Oliveti et all. *Solar contribution evaluation for building attached sunspace in the Mediterranean climate*. International Conference "Passive and Low Energy Cooling 841 for the Built Environment". Santorini, Greece May 2005.

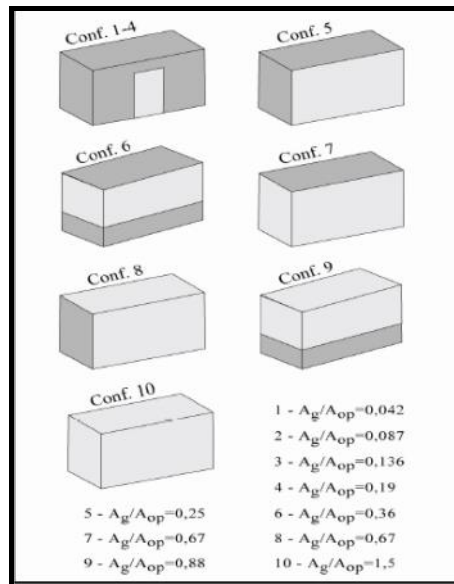


Figure 4.8 Configurations du volume vitré considéré, avec rapport surface vitrée sur opaque. (Oliveti et coll, 2005)

L'analyse thermique a montré que la capacité de captage de l'énergie solaire d'un volume dépend surtout de la configuration désignée par le rapport de la surface vitrée à la surface opaque (A_g/A_{op}) et des propriétés optiques des surfaces. (Table 4.3)

Le coefficient d'absorption est seulement légèrement influencé par l'exposition et par le mois considéré pour les configurations de 1 à 5. Contrairement, pour les autres configurations, le coefficient d'absorption dépend directement de l'exposition, des caractéristiques angulaires de radiation solaire qui sont mensuellement variables.

Les résultats obtenus par cette simulation ont été résumés dans table 1, qui illustre que, pour une véranda orientée au Sud et à l'Est, le coefficient d'absorption atteint la valeur maximale de 0,97 pour la configuration 1, et en prenant $f = 0,5$ et $w = 0,5$. De même il aura la valeur minimale de 0,31 pour la configuration 10 avec $f = 0,2$ et $w = 0,2$.

Pour une orientation au Nord la valeur minimale est réduite à 0,22 en moyenne, mais avec un double vitrage on obtient une augmentation du coefficient absorbant de 10 %.

Les résultats sont différents pour un système combiné (véranda et pièce adjacente) orienté au Sud, où le coefficient d'absorption total est la somme du coefficient d'absorption de la serre et de la pièce adjacente, ce coefficient n'excède pas la valeur de 0,64 pour les configurations

¹ G. Oliveti and all. *Solar contribution evaluation for building attached sunspace in the Mediterranean climate*. International Conference "Passive and Low Energy Cooling 841, for the Built Environment". Santorini, Greece May 2005.

(5 et 10) et avec $f = 0,5$ et $w = 0,5$, et quant le système est orienté à l'est sa valeur est de 0,55.

α_f	α_w	Conf. 1	Conf. 2	Conf. 3	Conf. 4	Conf. 5
0,2	0,2	0,89	0,79	0,72	0,65	0,60
	0,3	0,92	0,84	0,78	0,72	0,68
	0,4	0,94	0,88	0,82	0,77	0,74
	0,5	0,95	0,90	0,86	0,81	0,79
0,3	0,2	0,91	0,82	0,75	0,69	0,64
	0,3	0,93	0,86	0,81	0,75	0,71
	0,4	0,94	0,89	0,84	0,80	0,77
	0,5	0,95	0,91	0,87	0,83	0,81
0,4	0,2	0,92	0,85	0,79	0,73	0,69
	0,3	0,94	0,88	0,83	0,78	0,75
	0,4	0,95	0,91	0,86	0,82	0,79
	0,5	0,96	0,92	0,89	0,85	0,83
0,5	0,2	0,93	0,87	0,82	0,77	0,72
	0,3	0,95	0,90	0,85	0,81	0,77
	0,4	0,96	0,92	0,88	0,85	0,82
	0,5	0,97	0,93	0,90	0,87	0,85

α_f	α_w	Conf. 6	Conf. 7	Conf. 8	Conf. 9	Conf.10
0,2	0,2	0,52	0,40	0,43	0,38	0,31
	0,3	0,59	0,46	0,50	0,44	0,35
	0,4	0,65	0,50	0,56	0,49	0,38
	0,5	0,70	0,55	0,62	0,53	0,41
0,3	0,2	0,55	0,44	0,44	0,39	0,32
	0,3	0,62	0,50	0,54	0,47	0,38
	0,4	0,67	0,54	0,59	0,51	0,41
	0,5	0,71	0,58	0,64	0,55	0,45
0,4	0,2	0,59	0,49	0,51	0,45	0,39
	0,3	0,65	0,53	0,57	0,49	0,42
	0,4	0,69	0,57	0,62	0,54	0,45
	0,5	0,73	0,61	0,67	0,57	0,48
0,5	0,2	0,62	0,53	0,55	0,48	0,42
	0,3	0,67	0,57	0,60	0,52	0,45
	0,4	0,71	0,61	0,65	0,56	0,48
	0,5	0,74	0,64	0,69	0,59	0,51

Table 4.3 Orientation sud. Moyennes mensuelles des valeurs du coefficient d'absorption fonction des variations de f et w pour toutes les configurations. (G. Oliveti et coll, 2005)

De table 4.3, il apparaît que le calcul de la contribution solaire dans l'analyse énergétique des bâtiments, la typologie et la configuration des éléments vitrés doivent être pris en considération, d'une façon appropriée.

Une autre recherche sur la distribution d'énergie solaire à l'intérieur de plusieurs solariums, est entreprise par R. Gupta et G. N. Tiwari¹ pour cinq villes d'Inde (New Delhi, Leh, Jodhpur, Kolkota et Bangalore). L'étude analyse par le programme Auto-Cad 2000, la distribution de l'énergie solaire en termes de fraction solaire pondérée qui tombe sur la cloison nord. (Solarium orienté au sud).

R. Gupta et G. N. Tiwari ont défini ce terme de fraction solaire pondérée par le rapport de la radiation solaire qui tombe sur la partition opaque du mur nord du solarium à la radiation totale. Cette partie de radiation solaire n'est pas piégée à l'intérieur de la serre et peut être utilisée pour l'espace vivant.

La simulation est appliquée à un jour typique de chaque mois de l'année, et pour un azimut et angle solaire bien définis, afin de permettre la prédiction de la performance d'une serre pour le chauffage et le refroidissement passif.

¹ Ravi Gupta and G. N. Tiwari. *Effect of latitude on weighted solar fraction of north partition wall for various shapes of solarium*. Building and Environment. Volume 39, issue 5. May 2004, pp 547-556.

Selon R. Gupta et N.Tiwari ,¹ Quant-il s'agit d'une faible altitude, la fraction solaire pondérée a un rôle important dans le chauffage thermique d'un solarium pendant les mois hivernaux. Elle dépend principalement de la forme et de la dimension du solarium et du temps du énième jour de l'année.

Dans cette étude une orientation Est- Ouest reste toujours fixe, pour cinq formes considérées: even (régulière), uneven (voûte irrégulière), modified arch (modifiée), iari (modifié), et vinary. (Figure 4.9).

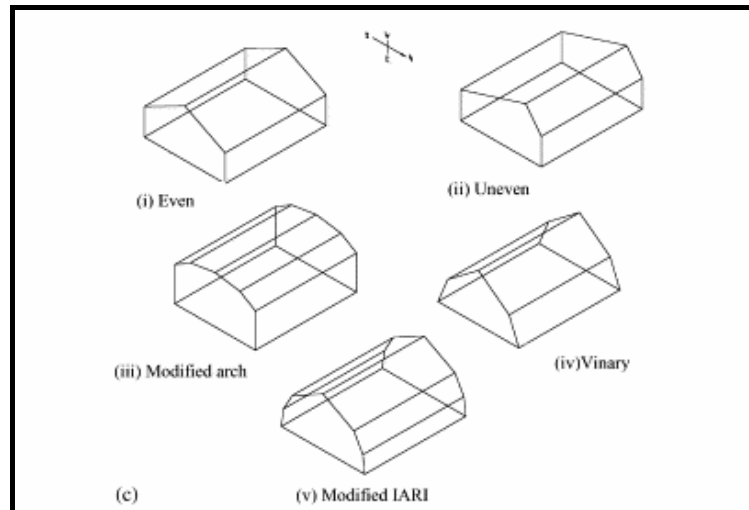


Figure 4.9 Les cinq formes de toitures étudiées. (R. Gupta et N.Tiwari, 2004. adapté par auteur).

La fraction solaire pondérée (F_n) a été étudiée pour chaque mois de l'année, pour les différentes régions et pour toutes les formes citées. Il a été observé que, F_n est plus élevée pendant les mois d'hiver et plus basse pendant les mois d'été pour toutes les régions, cependant, pour un jour typique F_n atteint sa valeur la plus haute à 10.00 h et la plus basse à 12h (midi) pour toutes les formes².

La simulation a prouvé que la serre régulière possède les plus hautes valeurs de fraction solaire en hiver et les valeurs les plus petites en été. Elle est donc la meilleure pour le chauffage thermique de l'espace solarium et l'espace adjacent pour toutes les régions.

¹ Ravi Gupta and G. N. Tiwari. *Effect of latitude on weighted solar fraction of north partition wall for various shapes of solarium*. Building and Environment. Volume 39, issue 5. May 2004, pp 547-556.

² Ravi Gupta and G. N. Tiwari. *Effect of latitude on weighted solar fraction of north partition wall for various shapes of solarium*. Building and Environment. Volume 39, issue 5. May 2004, pp 547-556.

La comparaison des résultats relatifs aux différentes régions, a déterminé que la forme régulière est la meilleure pour Leh suivi par Delhi, Jodhpur, Kolkota et Bangalore. (Figure4.10)

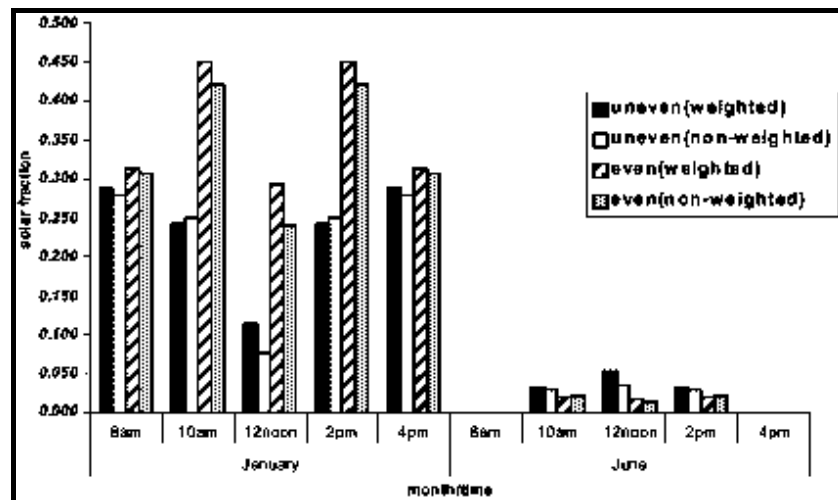


Figure 4.10 . Valeur de la fraction solaire pondérée pour un jour typique pour les cinq formes prédéfinies. (R. Gupta et N.Tiwari, 2004)

4.3 Problèmes liés à l'utilisation de la véranda

4.3.1 Risque de surchauffe

Si la véranda assure des gains solaires pour les jours froids de l'hiver, elle doit être conçue en considérant les conséquences pour les conditions de l'été. La stratégie d'hiver doit être inversée en été: il faut protéger la véranda du rayonnement solaire par un contrôle solaire efficace.

La serre a trouvé une application dans les conditions climatiques slovaques sévères (hivers froids et étés chauds). Après identification des surchauffes dans les serres attachées aux maisons individuelles de Stupava Bratislava, M. Janak ¹ a procédé à une simulation qui a mis en évidence que la conception de la serre, qui est très avantageuse en termes de chauffage passif, produit un sérieux problème de surchauffe en été. Des températures proches de 40 °C sont prévisibles dans cet espace, et impliquent une incommodité thermique aussi bien dans la serre que dans les pièces contiguës. (Figure 4.11).

¹ Milan Janak, Summer Overheating Assessment for Conservatory Stupava, Slovakia. Slovak Technical University, Bratislava, Slovakia. [en ligne] www.esru.strath.ac.uk

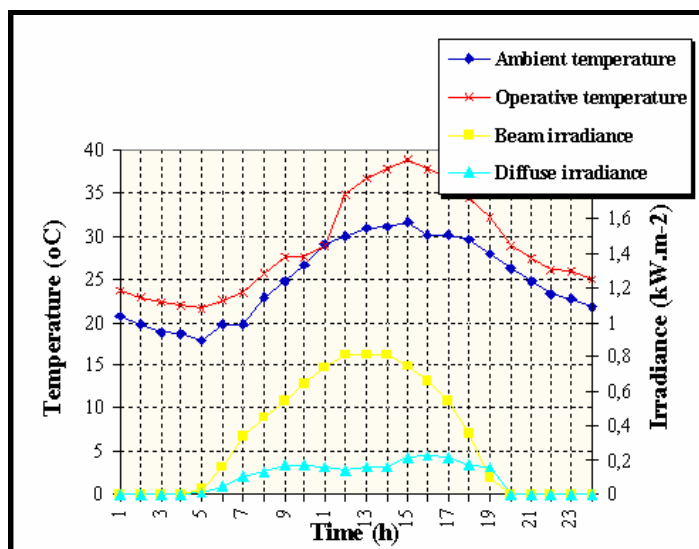


Figure 4.11 *Températures dans une serre sans occultation pendant un jour chaud de juillet.* (M. Janak, consulté en 2007).

Des simulations ont été effectuées pour voir l'influence de chacun des appareils de contrôle solaires suivants:

- Les stores internes mobiles opaques de couleur blanche, localisés sur le toit sud et le mur ouest.
- Une occultation externe mobile et horizontale au sud, et stores internes placés sur le mur ouest.
- Usage d'un réflecteur solaire sur le toit sud et le mur ouest.
- Usage d'un réflecteur sur le toit sud et de stores internes sur le mur ouest.

Les calculs ont déterminé qu'aucun des appareils de contrôle solaire cités, n'a été capable de diminuer la température en vigueur dans la serre au dessous de 26 °C. Par conséquent, le moyen de contrôle solaire le plus performant est l'application d'un réflecteur supplémentaire sur le toit sud et les vitrages du mur ouest de la serre. Les autres moyens de contrôle solaire ont montré une performance relativement bonne avec des températures maximales de 31.9 °C et 32.6 °C (Figure 4.12)¹.

¹ Milan Janak, Summer Overheating Assessment for Conservatory Stupava, Slovakia. Slovak Technical University, Bratislava, Slovakia. [en ligne] www.esru.strath.ac.uk

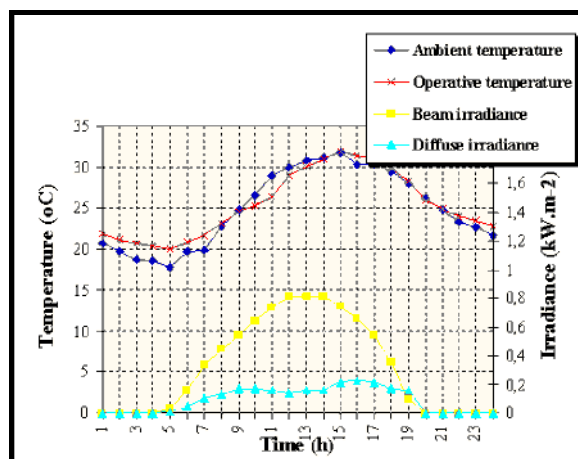


Figure 4.12 *Température dans une serre avec moyens de contrôle solaire appliqués pendant jour chaud de juillet.*

L'étude a déterminé que, dans les espaces vitrés exposés au soleil, la bonne performance se produit habituellement, si le climat intérieur ne devient pas plus chaud que la température ambiante. L'usage de moyens de contrôle solaires est nécessaire dans ce cas, parce qu'un dessin particulier avait déjà été construit.

La simulation faite par G. Mihalakakou¹ pour les quatre villes citées plus haut, a révélé un sérieux problème de surchauffe dans un bâtiment associé à une serre pour les villes de Milan et Athènes pendant la période estivale. (Table 4.4).

vile	Température à l'intérieur du bâtiment qui n'est pas associé à une serre	Température à l'intérieur du bâtiment associé à une serre
Milan	Entre 14.2 et 32.6°C	Entre 14.9 et 36.2°C
Dublin	Entre 10.3 et 18°C	Entre 11.1 et 19.6°C
Athènes	Entre 21.1 et 33.7°C	Entre 23.6 et 38.1°C
Florence	Entre 13.6 et 29.9°C	Entre 14.1 et 31.9°C.

Table 4.4 *valeurs de températures intérieures pour un jour représentatif de la période chaude. (G. Mihalakakou, 2002. résumé par auteur)*

¹ G. Mihalakakou On the use of sunspace for space heating/cooling in Europe Renewable Energy 26 Elsevier Science Ltd. (2002)

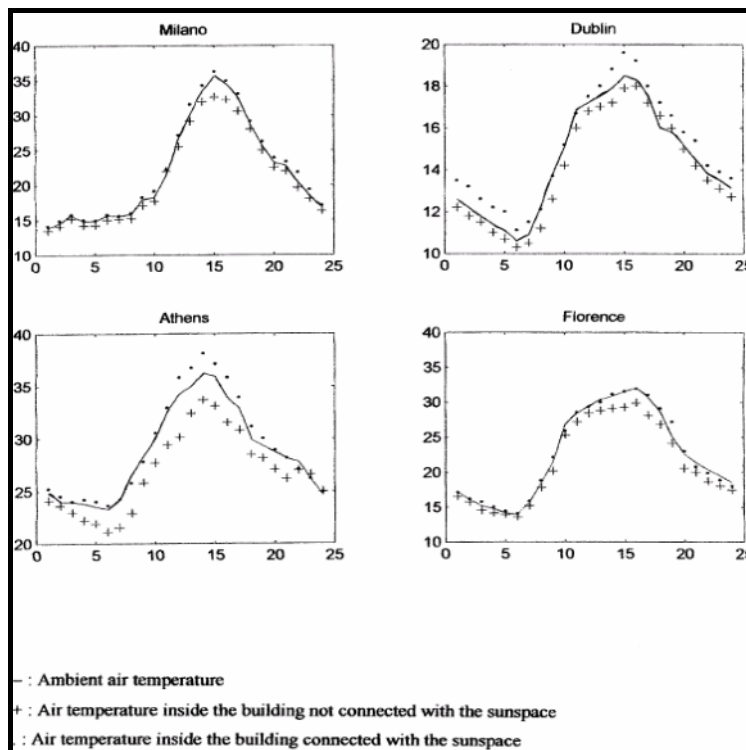


Figure 4.13 La distribution ambiante de la température de l'air dans le bâtiment, pendant un jour représentatif de juillet (G. Mihalakakou, 2002)

Les puits canadiens, la ventilation nocturne et les dispositifs d'occultations ont été employés séparément puis combinés pour l'amélioration de la performance thermique du bâtiment.

1- Usage du puits canadiens :

La serre est associée à un système de puits canadien pour améliorer son comportement thermique. La vitesse de l'air dans ce dispositif était de 8 m/s. Les calculs ont été exécutés pour les deux périodes froide et chaude de l'année.

2- Usage de techniques de la ventilation nocturne :

Les techniques de la ventilation nocturne ont été appliquées dans la serre reliée au bâtiment, pendant la période chaude. La ventilation nocturne peut fournir un moyen approprié pour le refroidissement passif des bâtiments. Le mouvement de l'air fournit une considérable augmentation de la dissipation de la chaleur de la structure du bâtiment¹.

¹ G. Mihalakakou On the use of sunspace for space heating/cooling in Europe Renewable Energy 26 Elsevier Science Ltd. (2002)

Portée à cinq volumes d'air par heure durant la nuit, et à un volume d'air par heure pendant le jour, la ventilation nocturne fournit des effets légèrement meilleurs que ceux attribués au système des puits canadiens.

3- usage de dispositifs d'occultations :

En appliquant des outils de projections d'ombres, une amélioration de la température intérieure est observée, quoiqu'elle restée incapable de résoudre le problème de surchauffe. (Table 4.5)

4- Combinaison des trois techniques passives :

Pour résoudre complètement le problème de la surchauffe pendant l'été, les trois méthodes passives ont été simultanément appliquées au bâtiment associé à une serre. Le résultat observé a révélé que la combinaison des trois méthodes passives pour prévenir la surchauffe est efficace.

G. Mihalakakou a pu tirer des calculs la conclusion suivante : la serre peut significativement contribuer à la réduction de la charge chauffante pendant l'hiver, tandis que pendant l'été elle crée un sérieux problème de surchauffe particulièrement dans les régions de l'Europe du Sud comme Athènes.

En outre, l'utilisation des trois méthodes de réduction de gains solaires combinées est la plus efficace pour fournir le rafraîchissement de l'espace et empêcher la surchauffe pendant la période chaude de l'année.

ville	Usage de puits canadien	Usage de la ventilation nocturne	Usage de dispositifs d'occultations	combinaison des trois solutions
Milan	6°C	7°C	5°C	10°C
Athènes	7°C	8°C	6°C	11°C

Table 4.5 *différence maximale entre la température à l'intérieur d'un bâtiment associé à une serre, et d'un autre similaire pour. (résumé auteur)*

D'après C. Boonstra et R. Vollebregt¹, en raison de pertes par transmission réduites vis-à-vis des gains solaires plus élevés, des mesures appropriées sont nécessaires pour empêcher la

¹ Chiel Boonstra and Rik Vollebregt . *Advanced Glazed Balconies: Integration of Solar Energy in Building Renovation*. IEA SHCP, Task 20 "Solar Energy in Building Renovation". EuroSun'96. pp1795-1797

surchauffe du balcon vitré. Un balcon vitré doit être ouvrable en été. En effet, les simulations ont montré que la ventilation seule est suffisante pour limiter la température du logement à la valeur de 28°C, tandis que sa combinaison à une occultation solaire réduit la température maximale du balcon à 26°C.

Selon le travail de R. Camponovo et coll¹ sur le bloc de "Libellules", les températures intérieures des loggias vitrées à exposition solaire maximale, peut produire une pointe bien au-dessus de 38°C, surtout en absence d'une protection solaire adéquate.

4.3.2 Rôle de l'utilisateur

L'occupant par son comportement, et la manipulation des prises d'air dispose d'un rôle majeur dans l'établissement des situations de confort, et dans la consommation énergétique de son espace.

L'étude d'un village solaire faite par Ben Croxford et coll,² montre l'importance du rôle de l'occupant dans l'efficacité des dispositifs solaires. Situé à Athènes, le village nommé "3 solaire Pefki" (figure 4.14), faisait partie d'un ambitieux programme solaire actif et passif, il était habité à la fin des années 80. Sa conception combinait plusieurs systèmes passifs, serres, murs de stockage thermique, murs trombe, et panneaux thermosiphon.

Il a été construit selon des stratégies principales :

- La majorité des ouvertures principales, les terrasses et balcons font face au sud.
- les ouvertures du nord responsables de déperditions sont réduites à un minimum, et pour éviter la surchauffe les murs Ouest ou Est, sont aveugles.
- Les logements disposent d'un haut niveau de l'isolement.
- Fenêtres à double vitrage avec volets.
- Grande masse thermique de l'enveloppe.
- Prévision de stores à utiliser pendant été.

¹ Reto Camponovo, et coll. *Thermal rehabilitation: assignment of balconies into conservatories; the 'Libellules' case study*. The 23rd Conference on Passive and Low Energy Architecture, Geneva, Switzerland, 2006

² Ben Croxford, Achilles Kalogridis. *Lessons learned from the pefki solar village in athens, nearly 20 years on*. Bartlett School of Graduate Studies. University College London. 2006.

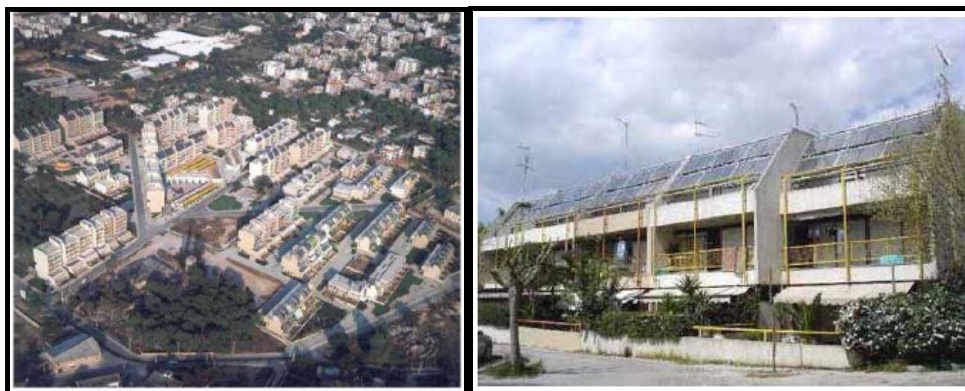


Figure4.14 *A gauche : vue générale du Village "3 solaire Pefki", à droite vue des serres sur la façade sud des logements. (B. Croxford, et coll, 2006).*

Les résultats de ce travail de recherche ont montré que 86% des serres sont utilisées comme espace vivant. Les habitants les ont modifiées en salle de jeux, ou en espace de rangement.

Un questionnaire présenté aux résidents en juillet 2005, a révélé qu'un grand nombre d'occupants manque de croyance en la valeur des systèmes passifs. Un pourcentage de 55% des familles, utilise toujours les systèmes passifs, tandis que 30% admettent qu'ils n'utilisent jamais le système puisqu'il est consommateur ou inutile quant à économie d'énergie.

Des simulations, B.Croxford et coll ont prouvé que les systèmes passifs peuvent être efficaces pour la plupart de l'année. Cependant, les jours hivernaux nuageux exigent un chauffage supplémentaire.

La simulation a également indiqué une charge refroidissante beaucoup plus haute que son estimation, ce qui a poussé les propriétaires de beaucoup de maisons à installer un système de refroidissement.

Selon B. Croxford et coll¹, l'étude de la performance du système sur les années passées a montré que les occupants n'avaient pas assez appris des séminaires instructifs. Un grand nombre d'entre eux n'a jamais cru en principes de la bioclimatique, par conséquent, les systèmes prévus telles que les serres, opèrent pauvrement.

Bien que le dessin original de la stratégie de refroidissement reposait sur les techniques de la ventilation naturelle, en été, la charge de refroidissement est six fois plus haute qu'elle n'a été

¹ Ben Croxford, Achilles Kalogridis. *Lessons learned from the pefki solar village in athens, nearly 20 years on.* Bartlett School of Graduate Studies. University College London. 2006.

prédite. L'occupation des serres avait deux conséquences négatives: l'inactivation du système passif et la création d'une charge de chauffage et de refroidissement supplémentaire.

L'agence de l'Environnement et de la maîtrise de l'énergie ENERTECH¹ a étudié l'effet de l'usage d'ouvertures internes et externes de la véranda sur les températures du séjour.

Les chercheurs ont souligné différents comportements des usagers vis-à-vis de la fenêtre de la véranda donnant sur l'extérieur. Ces comportements sont représentés dans la figure 4.15 par pourcentage du temps de la saison de chauffe. La retombée du comportement des locataires sur la performance énergétique du système de chauffage passif est également étudiée.

Un comportement intermédiaire est représenté par le logement désigné moyen (extrême droite de la figure 4.15), où les fenêtres sont ouvertes approximativement la moitié du temps pendant la saison de chauffe². Alors que les comportements extrêmes sont relatifs aux logements 120 et 121. La meilleure performance énergétique est attribuée au bâtiment moyen, pendant que le logement 121 présente de grandes déperditions thermiques vers l'extérieur.

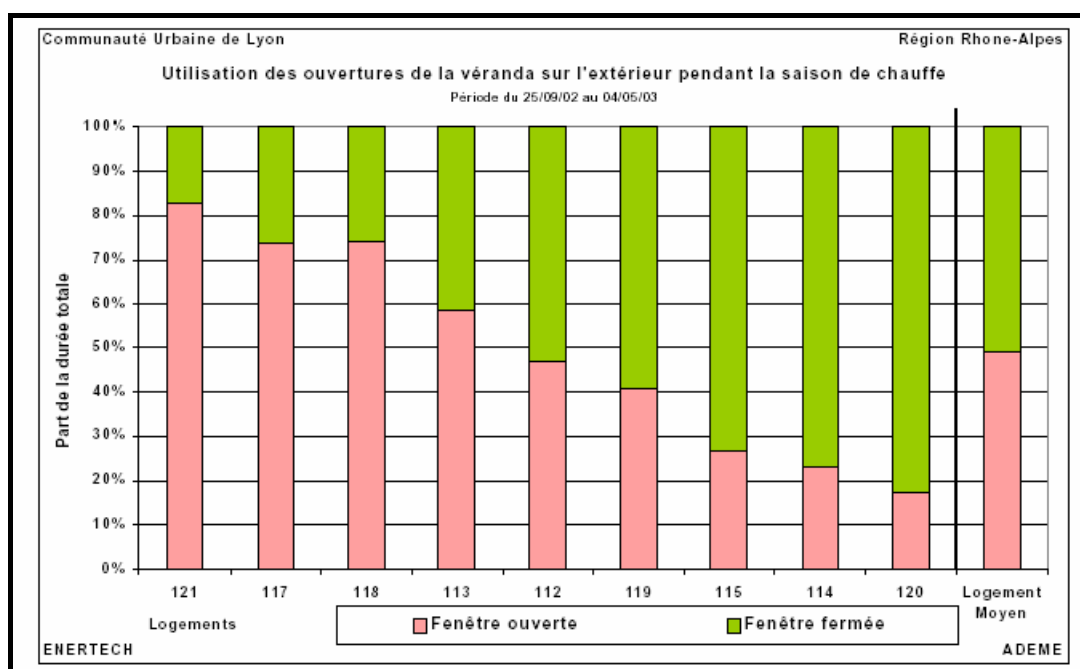


Figure 4.15 Véranda : utilisation des ouvertures sur l'extérieur. source Enertech, 2004.

¹ Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie. Programme ReStart. Evaluation des performances Rapport final. Enertech. 2004

² Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie. Programme ReStart. Evaluation des performances Rapport final. Enertech. 2004

Les résultats de l'étude, relatifs à l'utilisation de la porte-fenêtre séparant la véranda du séjour, indiquent que pendant 43 % du temps de la saison de chauffe, le comportement des occupants n'était pas favorable au bilan thermique. Le logement 118 témoigne d'une mauvaise gestion de la porte fenêtre qui reste ouverte jusqu'à 100 % du temps. (Figure 3.16).

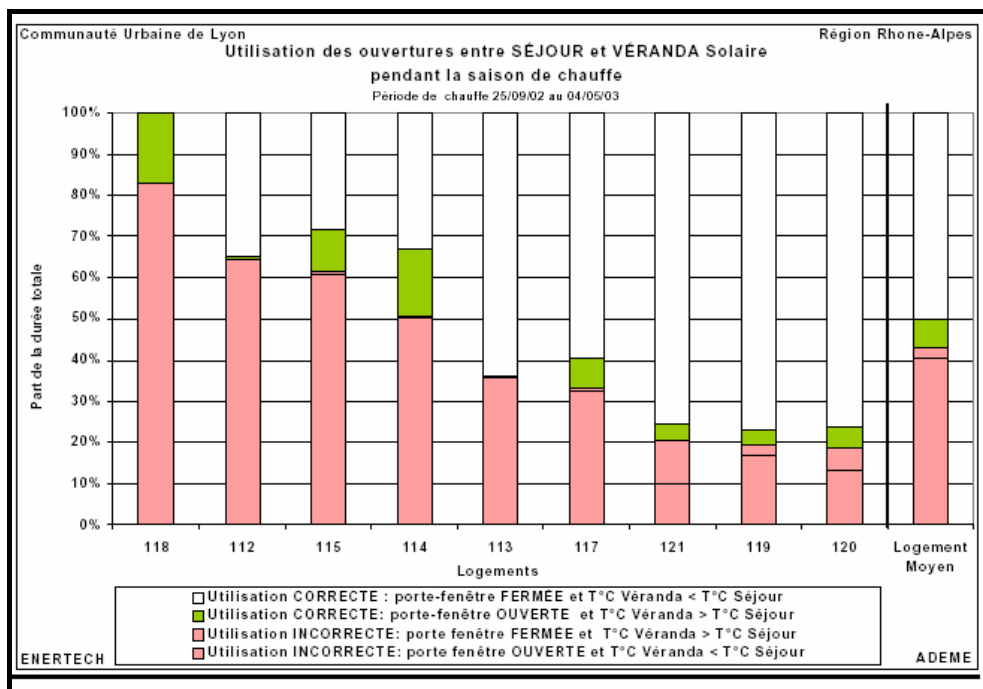


Figure 4.16 Séjour : utilisation de la porte-fenêtre sur la véranda. (enertech,2006)

Concernant l'effet de l'usage d'ouvertures internes et externes de la véranda sur les températures du séjour, les résultats sont représentés par la figure 4.17

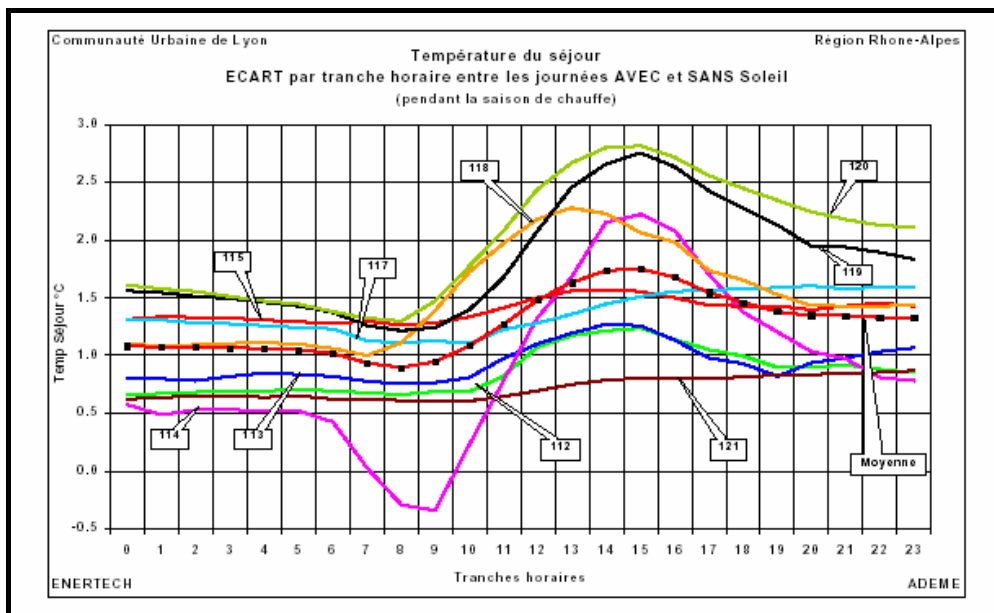


Figure 4.17 . Températures du séjour pour différents comportements des usagers. (ENERTECH,2006).

Les travaux de recherche de C. Boonstra et R. Vollebregt¹, affirment également qu’une opération appropriée des ouvertures de connexion est aussi critique, dans le calcul du rendement énergétique d’une véranda.

Selon la même source, la connaissance d’une opération correcte du système par les occupants était essentielle mais, malheureusement, un grand nombre d’occupants a montré une difficulté de comprendre comment opère cette approche.

C. Boonstra et R. Vollebregt² confirment qu’une augmentation significative de la consommation d’énergie pour le chauffage d’espace peut être causée par une utilisation fortuite du système, exemple de l’ouverture permanente des portes. Par conséquent, une information adéquate sur l’utilisation du système est nécessaire.

Ils ont également indiqué que les vérandas surchauffent en été ; l’intégration d’une fenêtre ouvrant à un niveau haut dans la véranda, fourni une possibilité de contrôlabilité à l’occupant dans de telles conditions.

¹ Martin Liddament. *Energy conservation in buildings and community systems programme*. International energy agency.27th AIVC conference. 2006

² Chiel Boonstra and Rik Vollebregt . *Advanced Glazed Balconies: Integration of Solar Energy in Building Renovation*. IEA SHCP, Task 20 “Solar Energy in Building Renovation”. EuroSun’96. pp1795-1797

La simulation de T. Mestik¹ indique des réductions de la charge du rafraîchissement, pour la serre avec fenêtres laissées ouvertes toute la saison de rafraîchissement, mais cette solution a tendance à augmenter la demande de l'énergie chauffante en période froide.

4.3.3 Combinaison de procédés passifs

Comme il a été vu dans l'étude précédente de G. Mihalakakou², une combinaison de plusieurs procédés peut porter des solutions judicieuses pour les problèmes rencontrés et augmenter la performance de la serre. Parmi lesquels : la ventilation nocturne, le puits canadien, et les occultations.

Une application de serres opposées par J. Owen Lewis³ en est un exemple ; Il s'agit d'un système développé et destiné aux bâtiments à plusieurs étages. Les serres opposées assurent le chauffage solaire passif et le chauffage de l'air. Ce système fonctionne par le biais de deux serres l'une orientée au sud et destinée au captage solaire, la deuxième orientée au nord. La circulation de l'air par effet thermosiphon permet de transporter l'énergie solaire gagnée par la serre sud, à la serre du nord à travers des conduits d'air placés dans le plafond et le sol (Figure 4.18). Ce concept passif a l'avantage de fonctionner avec une intensité solaire basse, dans la mesure où son but principal n'est pas de chauffer les espaces internes par énergie solaire, mais d'augmenter la température des espaces entre la double enveloppe (locaux placés entre les deux serres) par réduction des pertes de chaleur.

Le système serait aussi utilisé pour le refroidissement en été en fermant les conduits de l'air supérieurs et ouvrant les fenêtres supérieures des deux espaces vitrés.

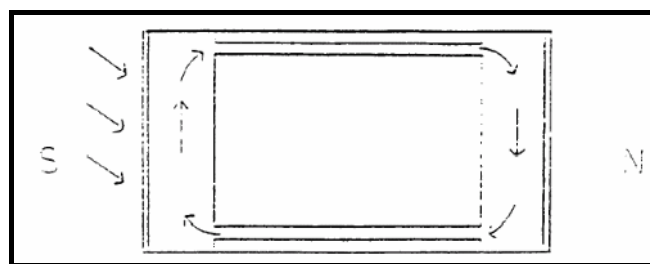


Figure 4.18 Opération hivernale des serres opposées. (J. Owen Lewis , 1997)

¹ Ted Kesik Mark Simpson. *Thermal performance of attached sunspaces for. canadian houses*. Faculty of Architecture, Landscape and Design, University of Toronto.

² G. Mihalakakou On the use of sunspace for space heating/cooling in Europe Renewable Energy 26 Elsevier Science Ltd. (2002)

³ Melih Tan. *Opposite sunspaces passive solar air heating system*. Turkish International Cooperation Agency. 1997

4.4 Conclusion

La véranda a trouvé une large application dans l'architecture bioclimatique. Demeurant une approche prometteuse sur le plan énergétique et environnemental, elle constitue une matière de recherches récentes.

L'augmentation de la température du bâtiment connecté à une véranda est témoignée par les chercheurs, la fréquence du problème de surchauffe en été, également. Néanmoins, la surchauffe peut être évitée par des protections solaires et une ventilation naturelle adéquates.

La prévision de vérandas pour les nouveaux logements, ou son intégration dans les anciens, requiert donc une réflexion approfondie lorsqu'il s'agit de régions à caractéristiques climatiques extrêmes.

Les aboutissements des recherches sur la performance de la véranda en tant que système solaire passif, ont défini les paramètres affectant directement son rendement énergétique et son impact sur le confort thermique.

Pour une économie d'énergie optimale, et pour plus de confort pour ses occupants, la véranda doit être : de typologie encastrée, à toit opaque, et d'orientation sud. La séparation entre la véranda et le logement doit être partiellement vitrée pour favoriser le passage de la lumière, mais une proportion considérable de cette séparation doit être un mur, afin de constituer une masse thermique pour le stockage des gains solaires. Le vitrage à faible émissivité s'avère le plus performant.

La conception de cet espace tampon, doit prévoir une possibilité d'isolement du reste du bâtiment et un certain degré de contrôlabilité, afin de réduire les problèmes de perte de la chaleur en hiver, et le surplus de gains de chaleur en été.

Le comportement de l'utilisateur agit directement sur l'établissement des situations de confort, et la consommation énergétique. Une information sur le mode d'opération de la véranda est incontestablement cruciale.

Chapitre 5 : Analyse climatique. descriptif du cas d'étude et méthodologie

5.1 Introduction

La fonction essentielle d'un bâtiment est de créer un volume qui permet à l'individu de vivre sans gêne quelque soient les conditions extérieures. En effet, un bâtiment bien conçu peut optimiser les aspects favorables du climat et assurer une protection contre ses aspects défavorables. Il favorise également la création des conditions rapprochant l'ambiance des niveaux acceptables quant au confort thermique et à l'efficacité énergétique.

Or, les ambiances intérieures ne répondant pas toujours aux exigences des occupants, font appel à des appareils de conditionnement d'air, et s'opposent à cet effet à la réduction de consommation de l'énergie pour le chauffage et la climatisation, devenue un objectif mondial. La réalisation de cet objectif découle directement d'une bonne connaissance et une meilleure compréhension des paramètres climatiques, et de décisions sur les éléments de conception adaptés au climat.

Cette préoccupation de réduire la consommation énergétique et d'obtenir une meilleure qualité thermique des ambiances, a favorisé l'apparition de la notion du confort thermique, et la mise au point de nombreux outils graphiques qui permettent de ramener les conditions intérieures dans la zone de confort.

C'est à la base d'une analyse des données climatiques, que tous nos jugements sur les situations de confort dans les logements à loggias vitrées seront objectivement portés.

5.2 Analyse climatique de la ville de Constantine

5.2.1 Définition du climat

Le **climat** est la synthèse des conditions atmosphériques d'une région donnée pendant une longue période. Il peut être défini par différents variables qui sont les facteurs

météorologiques du climat. Selon B.Givoni¹, les facteurs météorologiques qui doivent être considérés, lors de la conception de bâtiment sont essentiellement.

- La radiation solaire.
- Le rayonnement du ciel de grande longueur d'onde.
- La température de l'air.
- L'humidité de l'air.
- Les précipitations.
- Les vents.

Le climat d'une région dépend de sa situation géographique, de la forme du relief, de l'influence maritime et des régimes des vents qui provoquent des conditions climatiques très variées².

Concernant la ville de Constantine, ville interne d'Est d'Algérie, elle est située à 36°,17' de latitude Nord, et à 7°,23' de longitude Est, elle s'élève sur 675 m d'altitude. (Figure 5.1)

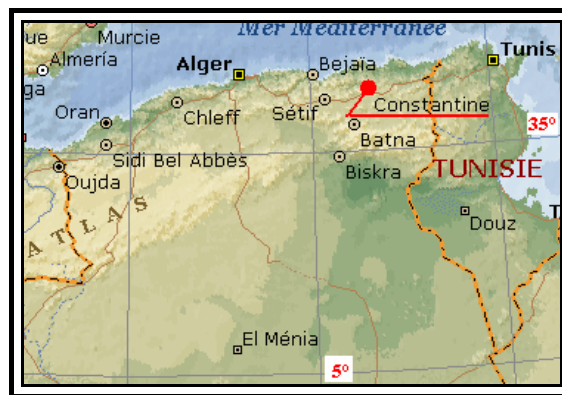


Figure 5.1 *Situation de la ville de Constantine. (Encarta, 2005).*

En analysant chacun des paramètres climatiques cités, on dispose dans un premier temps d'informations relatives aux variations de ces paramètres en fonction des différentes périodes de l'année.

¹ B. Givoni. *L'Homme, L'Architecture et le Climat*. Édition : Le Moniteur, Paris 1978. p 21

² R. J. Onimihamina r.h. *contribution a la validation et application du code de calcul de simulation thermique de l'habitat (codyma) : proposition des recommandations dans la construction a Madagascar*. Thèse de doctorat. Université de la réunion. 2004.

5.2.2 Analyse des paramètres climatiques de la ville de Constantine

5.2.2.1 La température de l'air

Définie par une grandeur physique qui indique le taux d'échauffement et de refroidissement de la surface de la terre¹ ; la température de l'air dépend des apports solaires en grande partie, de la pression atmosphérique, de la teneur en eau, et des échanges avec les corps environnants. Cette grandeur permet le calcul de degrés jours, indispensables pour l'évaluation des charges de chauffage ou de la climatisation dans un bâtiment.

Elle intervient dans les transferts conductifs et convectifs de chaleur au niveau des parois.

La figure 5.2, issue de données de températures de la région de Constantine, indique que la température moyenne annuelle est de 15.05°C, pendant que les températures moyennes de l'air présentent une évolution régulière.

Bien que la température moyenne de l'air présente une valeur de 25,5°C aux mois les plus chauds de l'année : Juillet et Août, la maximale atteinte pour ses deux mois est très élevée ; elle est de 34°C.

En saison hivernale, la température moyenne de l'air chute pour atteindre la valeur de 6,6°C au mois de Janvier (mois le plus froid de l'année), tandis que la température moyenne minimale, enregistrée le mois même est de 2.6°C. Les mois de Décembre, et Février possèdent pareillement des températures moyennes faibles.

L'origine de ce caractère faible des températures des mois cités, est principalement liée à l'abondance des précipitations atteignant 219,2 mm pour les mois d'hiver.

L'amplitude entre les températures des deux mois le plus chaud et le plus froid de 18,5 °C, révèle les caractéristiques contrastées du climat de la région, dues principalement à son éloignement de la mer.

¹ Centre de recherche en architecture et en urbanisme (CRAU) en collaboration avec l'université des nations unies (UNU). *Village Solaire Intégré*. Edition. OPU 1988. p.186

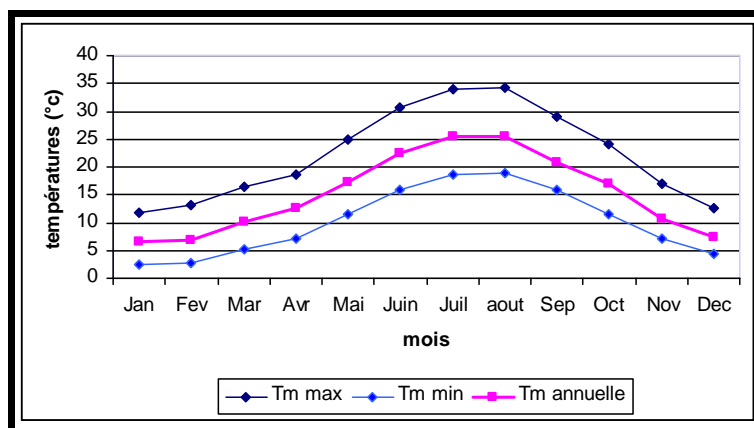


Figure 5.2 Courbes de température moyenne mensuelle –Période 1995-2005. (O.N.M, 2007)

Le climat de Constantine est donc caractérisé par: Une saison chaude qui s'étend de juin à Août, et une deuxième saison froide et plus longue qui s'étend de Novembre à Avril. Les mois de Mai, Septembre et Octobre constituent une transition entre les deux périodes, froide et chaude.

L'amplitude diurne qui est une indication de la qualité d'ensoleillement reçu, et l'amplitude nocturne qui est en liaison avec la couverture nuageuse nocturne, ainsi que l'amplitude saisonnière, donnent un premier aperçu sur la consommation énergétique dans la construction. En effet, rapprocher le climat du bâtiment de la zone de confort, en hiver et en été, fait appel à des systèmes mécaniques, faute à une défaillance d'une conception, qui prend en considération, les contrastes climatiques journaliers et saisonniers.

5.2.2.2 L'humidité relative

L'humidité de l'air peut s'exprimer de plusieurs manières, tension de vapeur P_v , l'humidité absolue H_a , ou relative H_r . Exprimée en %, l'humidité relative H_r représente la distance entre l'état actuel de l'air et son point de saturation¹. Elle augmente en saison humide, pour diminuer sensiblement en saison sèche.

La lecture des courbes de l'humidité relative (figure 5.3), indique que la valeur minimale de 48 % est enregistrée au mois d'Août alors que la valeur maximale de 79,64 % est enregistrée au mois de Janvier.

¹ Laetitia Adelard. *Caractérisation de bases de données climatique. Proposition d'un générateur de climat. Application en thermique de l'habitat.* Thèse de doctorat. 1998

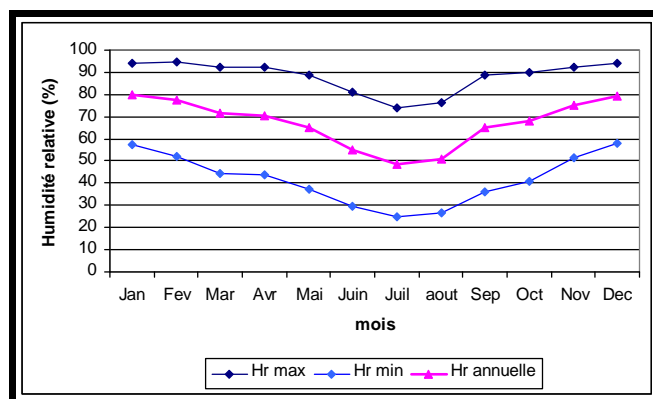


Figure 5.3 Courbes d'humidité moyenne mensuelle –Période 1995-2005. (O.N.M, 2007).

L'humidité est fortement liée à la température de l'air et à la pression atmosphérique.

L'association humidité température détermine la situation de confort de l'individu, fixant explicitement les consommations énergétiques en traitement d'air¹.

Une superposition des valeurs de l'humidité aux courbes de températures de l'air, indique une croissance régulière de la courbe de l'humidité relative, dans le sens inverse de celle des températures.

En effet, l'humidité normale augmente particulièrement pendant le matin et la nuit, quant la température de l'air décline. Ce phénomène est également observé entre les mois chauds et froids de l'année. (Figure 5.4)

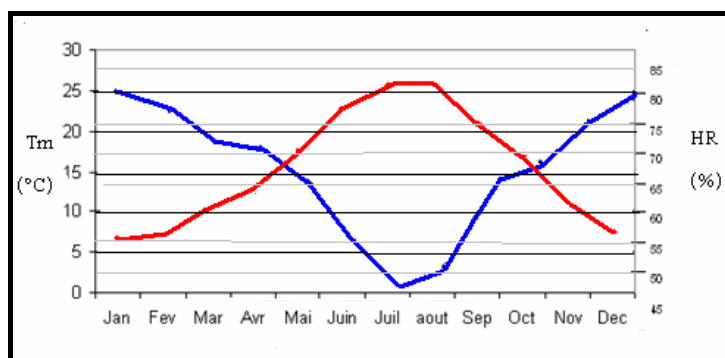


Figure 5.4 Courbe d'Humidité relative moyenne (%) en bleu, courbe de Température moyenne mensuelle en rouge –Période 1995-2005. (O.N.M, 2007)

**la comparaison entre les valeurs moyennes de l'humidité relative de l'air correspondant aux deux périodes 1990-2000 et 1995-2005, montre une légère hausse de l'humidité de l'air de 64,57% à 67,17% pour ces dernières années. Ceci est probablement dû au remplissage du

¹ Laetitia Adelard. *Caractérisation de bases de données climatique. Proposition d'un générateur de climat. Application en thermique de l'habitat.* Thèse de doctorat. 1998

barrage Béni-Haroun, situé à 50Km de la ville de Constantine, à l'évaporation de sa surface, et le transport de l'air chargé de vapeur vers la ville. (Figure 5.5)

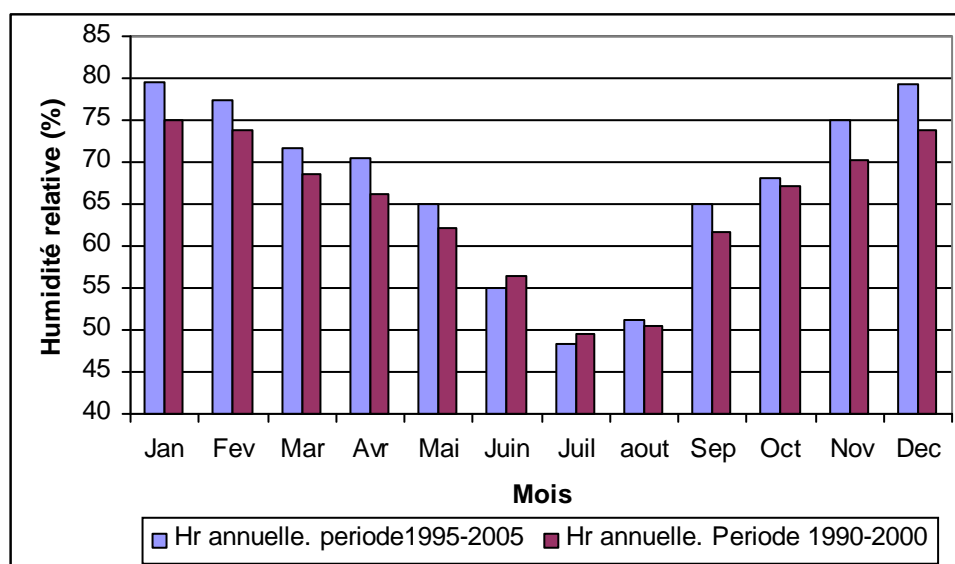


Figure 5.5 évolution de l'humidité relative moyenne entre les périodes : 1990-2000 et 1995-2005. (O.N.M, 2007)

5.2.2.3 Le vent

Ayant un impact substantiel sur le microclimat et sur la demande énergétique des bâtiments, le vent est un paramètre important à prendre en considération dans la recherche du confort thermique, dans le bâtiment et son environnement. Il est défini comme un mouvement atmosphérique directionnel.

Selon Laetitia Adelard¹, le vent est lié à plusieurs facteurs tels que la rotation de la terre, la distribution spatiale de la pression atmosphérique, les phases alternantes de refroidissement et de réchauffement diurne, et enfin à la topographie de l'environnement physique étudié.

Il est aussi défini par deux paramètres : la direction, et la vitesse moyenne qui est un facteur important dans les échanges par convection et par évaporation.

À Constantine, la vitesse du vent varie entre 2,1 et 2,9 m/s avec une moyenne annuelle de 2,4 m/s, et un total de vent calme de 44,3 %. Les journées de vent faible sont plus fréquentes pendant les mois de Septembre et Octobre. Le mois de décembre enregistre la valeur maximale de vent froid, qui participe à dégrader les conditions de confort par le refroidissement des parois non isolées, et par son infiltration dans le bâtiment.

¹ Laetitia Adelard. *Caractérisation de bases de données climatique. Proposition d'un générateur de climat. Application en thermique de l'habitat.* Thèse de doctorat. 1998

De façon générale, on peut dire que le vent de la période hivernale est caractérisé par sa nature froide et humide pendant que les vents de sable (sirocco) soufflent au moins une fois par an, et particulièrement en été.

Quant à la direction du vent, elle est variable selon les saisons. Néanmoins, les vents dominants sont de direction Nord et Nord-ouest. (Figure 5.6)

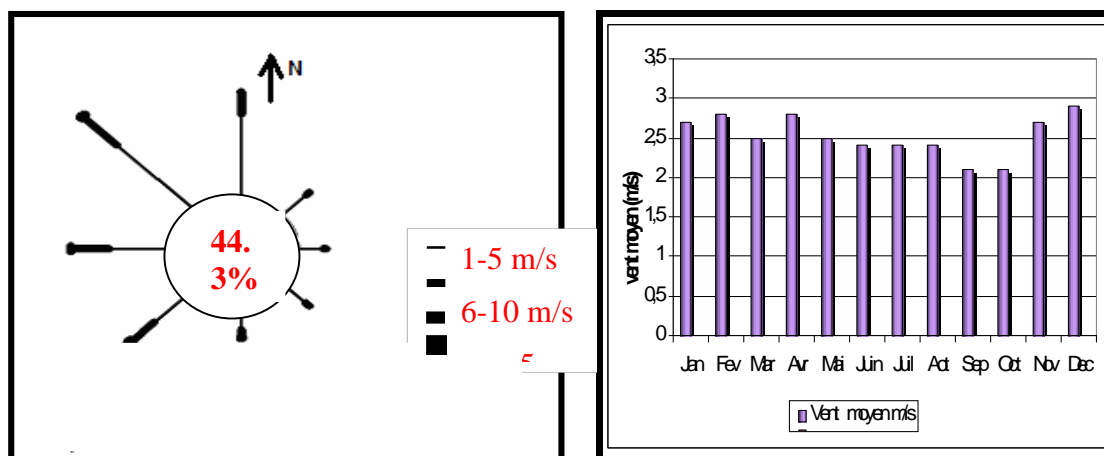


Figure 5.6 Direction et intensité moyenne du vent. Période 1995-2005. (O.N.M, 2007)

5.2.2.4 Les précipitations

La fréquence et la nature des précipitations dans une région géographique donnée, sont des caractéristiques importantes de son climat. Elles dépendent du mouvement des vents et des masses d'air humide. Elles peuvent être classées selon leur intensité et leur durée.

Les précipitations constituent un apport d'humidité non négligeable qui va généralement de pair avec une diminution de sollicitations thermiques¹.

La répartition annuelle des précipitations à Constantine (figure 5.7) est marquée par une courte période de sécheresse (Juillet et Août), d'une valeur minimale de 5,1 millimètres correspondant au mois de Juillet, et d'une période pluvieuse, dont les mois de Décembre et Janvier enregistrent les totaux les plus élevés de l'année entière. Le total de précipitations annuelles est de 523,4 millimètres.

¹ Laetitia Adelard. *Caractérisation de bases de données climatique. Proposition d'un générateur de climat. Application en thermique de l'habitat.* Thèse de doctorat. 1998

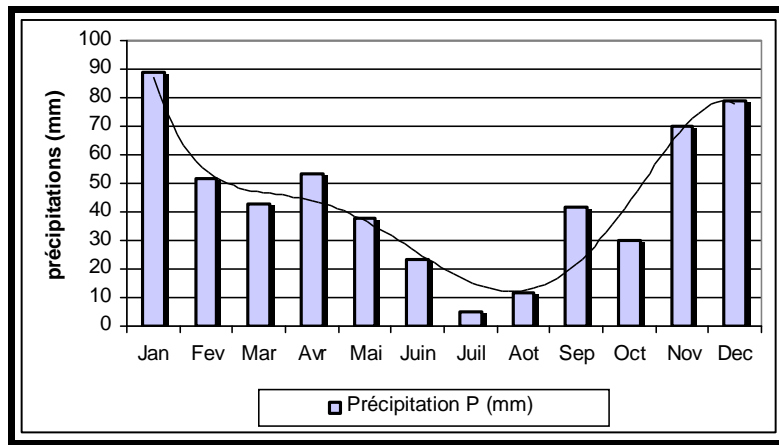


Figure 5.7 Précipitations (mm), période 1995-2005. (ONM, 2007)

5.2.2.5 Le rayonnement solaire

L'intensité des radiations solaires varie en fonction de la durée d'insolation, de la hauteur du soleil au-dessus de l'horizon, et de l'inclinaison de ses rayons sur la surface frappée.

C'est à partir de l'application de l'ensemble de ces connaissances que l'énergie solaire est maîtrisée dans le bâtiment, que le choix de l'orientation des façades et des vérandas et la proportion des vitrages devient rationnel.

La figure suivante (5.8) indique la Hauteur et l'Azimut du soleil aux solstices d'hiver et d'été et aux équinoxes dans la région de Constantine. Elle indique également qu'au solstice d'hiver le soleil garde la hauteur minimale, au solstice d'été, sa hauteur est maximale. Une surface verticale reçoit donc le maximum de radiation au solstice d'hiver, par contre la surface horizontale reçoit le maximum d'énergie solaire au solstice d'été.

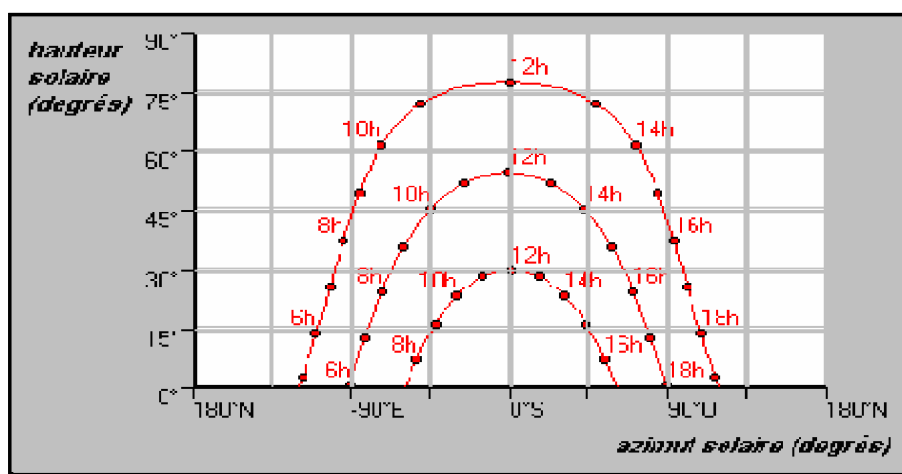


Figure 5.8 Position du soleil (de bas en haut) au solstice d'hiver, aux équinoxes et au solstice d'été dans la région de Constantine. (Léonardo, réadapté par auteur).

Le programme "Léonardo"¹ a permis de calculer la déclinaison, l'heure du lever, l'heure du coucher, l'azimut au lever, l'azimut au coucher, et la durée du jour pour les solstices d'hiver et d'été et aux équinoxes. (Table 5.1)

N° du jour	80 correspond au 21 mars	172 correspond au 21 juin	355 correspond au 21 décembre
Déclinaison	0°	23° 34'	-23° 33'
Heure du lever	6h00	4h 45	7h 14
Heure du coucher	18h00	19h 15	16h 46
Azimut au lever	-90° est	-119° 47' Est	-60°22' Est
Azimut au coucher	90° ouest	119° 47' Ouest	60°22' Ouest
Durée du jour	12h00	14h 30	9h32

Table 5.1 *Caractéristiques physiques de la position solaire et durée du jour dans la région de Constantine (Léonardo, 2007)¹.*

Dans la région de Constantine, l'ensoleillement est considérable sur les deux plans, durée et intensité :

La durée journalière de l'ensoleillement

L'ensoleillement croît du lever de soleil, atteint sa valeur maximale à midi (TSV : temps solaire vrai), pour décliner ensuite. La durée d'ensoleillement dépasse les 14 heures par jour au mois de juin, alors qu'elle diminue de manière significative pendant la période froide pour atteindre environ 9h par jour au mois de décembre.

La durée de l'ensoleillement influence directement l'exploit de l'énergie solaire en architecture bioclimatique, et dirige un bon choix de l'orientation des baies vitrées ; Une paroi verticale orientée au Sud peut bénéficier d'une exposition solaire la plus favorable en période hivernale à clarté atmosphérique, alors qu'une mauvaise orientation Ouest en période estivale, peut prolonger la durée de l'inconfort en plusieurs heures pendant la journée.

L'intensité moyenne du rayonnement solaire

Elle est importante dans la région étudiée, elle est de l'ordre de 4230 W / m²/jour sur une surface horizontale.² En hiver le rayonnement solaire global sur un plan horizontal atteint sa

¹ Programme Léonardo. [En ligne] <http://audience.cerma.archi.fr>

valeur minimale de 152 w/h/ m² au mois de Décembre. Sa valeur maximale de 337 w/h/ m² est atteinte au mois de Juillet. (Figure 5.9).

Le potentiel solaire qu'offre le climat de Constantine est donc prometteur pour l'intégration des procédés solaires passifs dans les bâtiments résidentiels et tertiaires, cependant une problématique de surchauffe se pose pour la période estivale.

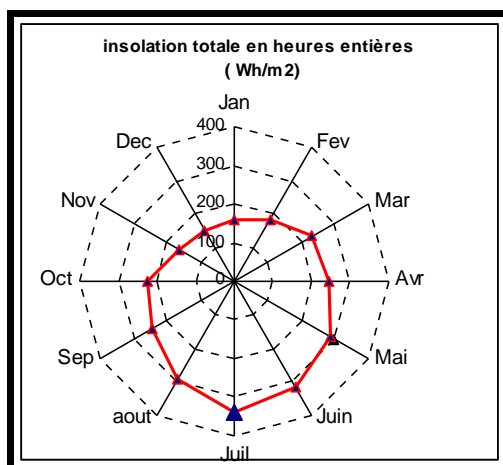


Figure 5.9 *Insolation moyenne pour la région de Constantine. 1995-2005, (O.N.M, 2007)*

Connaissant la course du soleil et l'angle d'incidence de son flux sur l'enveloppe du bâtiment, un calcul précis de la longueur et de la profondeur d'une occultation fixe peut être établi. L'application de la méthode graphique a montré qu'à Constantine, une combinaison de flancs et casquette peut réduire le passage des rayons solaires en saison chaude, pendant les heures de surchauffe. (Voir chapitre 4)

5.2.3 Classification du climat pour la conception bioclimatique

La détermination des types de climats et des zones représentatives de chaque type, se base d'abord sur les dispositifs et les données météorologiques. Trois climats de base sont définis: chaud- humide, chaud-sec et transitoire, avec trois secondaires ; climat de montagne, maritime et désert, et île tropicale³.

¹ Programme Léonardo. [En ligne] <http://audience.cerma.archi.fr>

² Office national de la météorologie. Constantine 2007

³John Martin Evans. *The comfort triangles: a new tool for bioclimatic design*. Thesis submitted in partial fulfilment of the requirements of the award of Doctor of Philosophy. September 2007

5.2.3.1 Méthode de Koenigsberger

Selon J. M. Evans¹ « Koenigsberger et autres (1970), Koenigsberger et autres (1977), Evans (1980), Lloyd Jones (1998) et d'autres auteurs emploient la classification de climat présentée ou une autre semblable, afin d'établir des directives de conception pour différentes régions bioclimatiques. ». Les variables climatiques caractéristiques de cette classification climatique sont récapitulées dans (Table 5.2).

Climatic variable		Warm humid	Hot dry	Comfort	Cold	Very cold
Typical temperature °C		20 – 30	15 – 35	15 – 25	5 - 15	< 5
Relative humidity %		> 80 %	< 60 %	60 – 80	-	-
Temperature swing deg C		< 10° C	> 12° C	8 – 12	< 10° C	-
Climate classification	Latitude					
Warm humid	0 -15°	X				
Hot dry	20 - 35°		X	X		
Transition	10 - 30°	X	X	X		
Monsoon	5 - 30°	X	X	(X)	X	
Equatorial upland	0 - 20°			X	(X)	
Maritime desert	20 – 35	X	X			
Subtropical	30 – 40	(X)	X	X	X	
Temperate	40 – 50			X	X	
Alpine-Andean	30 – 50			X	X	X
Cool temperate	40 - 55			X	X	
Cold	> 50°			(X)	X	X
Very cold	> 60°				X	X

Table 5.2 *Classification climatique. La note (x) indique des saisons courtes aux conditions définies, ou les variations possibles de climat. (J. M. Evans,2007).*

Selon cette méthode, les mois de Juin, Juillet et Août dont la température varie entre 15 et 35°C, et l'humidité est inférieure à 60%, sont des mois à climat chaud et sec.

Pour les mois de Septembre, Octobre, et Mai : la température se situe entre 15-25°C, l'humidité relative entre 60-80%, ils sont caractérisés par le confort.

La température des mois de Novembre, Décembre, Janvier, Février, Mars et Avril, se situant entre 5 et 15°C les classe dans la catégorie du climat froid. (Figures 5.2 et 5.3)

¹ John Martin Evans. *The comfort triangles: a new tool for bioclimatic design*. Thesis submitted in partial fulfilment of the requirements of the award of Doctor of Philosophy. September 2007

En se basant sur la répartition des saisons principale et secondaire du climat qui vient d'être expliquée, le climat de la région de Constantine s'avère un climat à états largement variables. Caractérisé par des mois chauds et secs, des mois de confort et des mois froids.

En regard de sa latitude de 36°17' Nord, la région de Constantine s'inscrit dans la zone à climat subtropical. (Table 5.2)

5.2.3.2 Indice de MARTONNE

L'indice d'aridité est calculé à partir de la formule suivante.

$$I = P / (T + 10)$$

Ou : I : indice d'aridité.

P : Précipitations annuelles.

T : Température moyenne annuelle.

l'application de la formule de MARTONE pour le calcul de l'indice d'aridité a donné la valeur de 21,2.

$$P = 535,3 \text{ mm}$$

$$T = 15,25^\circ\text{C}$$

$$I = 535,3 / (15,25 + 10) = 21,2$$

L'identification du type du climat, se fait en situant cette valeur 21,2 dans son intervalle. Elle indique que le climat de la région de Constantine est un climat semi humide. (annexes.)

Ce passage du climat semi aride au semi humide, qui s'est produit ces dernières années peut être le résultat de la présence de la grande étendue d'eau du barrage de Béni-Haroun, dont le bassin versant est estimé¹ à 7725 Km². cet énorme barrage est situé dans la wilaya de Mila à distance de 50Km de Constantine. L'évaporation de sa surface, augmente la vapeur d'eau contenue dans l'atmosphère. Les vents du nord sont responsables du transport de l'air chargé de vapeur vers la ville de Constantine. (Figure 5.10)

Or, ce phénomène ne peut être confirmé en absence de données météorologiques. La nécessité d'établissement d'une station météorologique dans cette région, s'impose afin de prendre des mesures sérieuses et d'étudier d'éventuels changements climatiques.

L'évapotranspiration du couvert végétal, est probablement une autre cause, la végétation a regagné de la valeur suite à une prise de conscience de son importance par les citoyens.

¹ [En ligne] www.coyne-et-bellier.fr



Figure 5.10 *Barrage Béni-Haroun. (coyne-et-bellier, 2008)*

5.3 Confort thermique et Analyse bioclimatique

Présentant des conditions rigoureuses et inconfortables pour une longue période de l'année une étude bioclimatique pourra définir les techniques de contrôles micro climatique et de conception architecturale capables de créer des conditions de confort à Constantine. Elle permettra également le passage d'un état existant et critique de l'environnement, à un autre souhaitable dans le bâtiment. Pour cela, des notions de base sur le confort thermiques, doivent être connues au préalable.

5.3.1 Définition du confort thermique

Le confort thermique est une notion qui part d'une recherche de rationalisation des besoins de chaleur en hiver et de fraîcheur en été, il est défini comme la satisfaction exprimée quant à l'ambiance thermique. C'est une sensation d'agrément qui prend la place d'un désagrément causé par une réaction de gêne affectant l'organisme humain vis-à-vis du chaud ou du froid.¹ La sensation de confort thermique est le reflet de la température de la peau laquelle résulte d'un équilibre entre le flux de chaleur apporté par le métabolisme corporel et celui perdu vers le milieu ambiant².

¹ Galeau et coll, 1989 dans S. Masmoudi. *Relation entre géométrie urbaine, végétation et confort thermique extérieur : cas de la place dans les régions arides à climat chaud et sec*. Thèse de Magistère. Université Mohamed Kheidar. Biskra, 2003. p22

² *Recommandation pour la température interne des locaux*. Département de l'intérieur, de l'agriculture et de l'environnement. Energétique du bâtiment. 2001

Pour objectiver la sensation de confort qui, selon Y. Bouchahm¹, est un phénomène physique soumis à une faible part de subjectivité, la notion de confort thermique doit prendre en compte nombre de paramètres propres à l'individu et à son environnement.

5.3.1.1 Paramètres propres à l'individu

Le métabolisme : est la somme des réactions chimiques qui se produisent dans le corps, et libèrent une chaleur interne permettant de maintenir le corps humain à une température autour de 36,7°C. Lorsqu'une personne est en mouvement, un métabolisme de travail correspondant à son activité particulière s'ajoute au métabolisme de base du corps au repos².

L'habillement : la résistance thermique aux échanges de chaleur entre la surface de la peau et l'environnement, est assurée par la vêtue, qui préserve la chaleur du corps humain.

L'état de la santé, âge, sexe.

5.3.1.2 Paramètres propres au bâtiment

Environnement thermique : la température opérative (T_o) est d'une influence majeure sur la perception du confort thermique. Elle est définie à partir de la température ambiante de l'air (T_a) et la température superficielle des parois (T_p). $T_o = (T_a + T_p)/2$

La vitesse de l'air influence les échanges de chaleur par convection et augmente l'évaporation à la surface de la peau, elle abaisse la température du corps, ce qui présente un facteur recherché en été, mais pouvant être gênant en hiver.

La vitesse du vent, l'humidité relative de l'air, et les radiations solaires: sont des paramètres qui ne sont perceptibles que lorsqu'ils atteignent des valeurs importantes; ce qui est rare dans des locaux ordinaires.

Des interactions entre les paramètres de confort thermique, ont émané les indices thermiques, qui permettent de définir le niveau de confort.

¹ Y . Bouchahm. *Une Investigation Sur La performance thermique du Capteur à vent pour un rafraîchissement passif dans les régions chaudes et arides. Cas de Ouargla.* Thèse de doctorat d'état, université de Constantine, 2004.page.21

² *Redéfinir la notion de confort thermique.* guide pratique pour la construction et la rénovation durables de petits batiments. Recommandation pratique css13. février 2007

5.3.1.3 Indices de confort thermique

L'évaluation du confort thermique dans les espaces est un paramètre crucial dans toute conception architecturale et urbaine, et dans la recherche d'un équilibre thermique entre le corps humain et son environnement.¹

De nombreux travaux de recherches, réalisés à l'intérieur des bâtiments, dans des conditions expérimentales parfaitement contrôlées, ont recensé les principales causes d'inconfort et ont permis d'établir un certain nombre d'indices, nommés « indices de confort thermique ».

Parmi lesquels, on peut citer : La température moyenne radiante (MRT), la température effective corrigée (CET), et la température opérative (To). Quant aux recherches les plus récentes, elles prennent en considération le facteur de l'acclimatation et font intervenir l'indice PPD (Pourcentage de personnes non satisfaites), et l'indice PMV (vote moyen prévisible).

5.3.2 Les outils graphiques

En plus des indices thermiques, des tentatives ont été effectuées pour combiner les facteurs environnementaux sous forme d'outils graphiques qui permettent de ramener les conditions intérieures dans la zone de confort.

Connus sous le nom de diagrammes bioclimatiques, ils sont l'aboutissement direct de la connaissance du climat et des variables climatiques, préparés afin de déterminer l'effet de changement de certains paramètres tels que l'inertie thermique et la ventilation, sur le confort thermique des bâtiments. En changeant les paramètres cités, la zone de confort peut être considérablement prolongée même lorsque les conditions climatiques extérieures sont défavorables. Ces outils sont également développés pour permettre une évaluation rapide des zones de confort, pour 75% de la population en général.²

Les diagrammes bioclimatiques, proposent des moyens passifs ou mécaniques pour étendre les limites de la zone de confort : chauffage passif, ventilation, rafraîchissement par évaporation, et action de la masse thermique.

¹ B. Givoni. *L'Homme, L'Architecture et le Climat*. édition : Le Moniteur, paris 1978 page.39

²The demonstration component of the Joule- Thermie programme. European commission thermie. [en ligne] <http://erg.ucd.ie/ttp.html>

V.Olguay était le premier à mettre au point une procédure qui est basée sur un diagramme bioclimatique, fondé sur la température sèche et l'humidité relative. Dans ce diagramme V.Olguay détermine une zone de confort avec des plages d'été et d'hiver et des zones de contrôle, limitées par des lignes. La zone de confort est plus étendue grâce aux procédés passifs. Or les limites de températures sont données pour le climat des états unis pour une latitude de 40° Nord. (Figure 5.11)

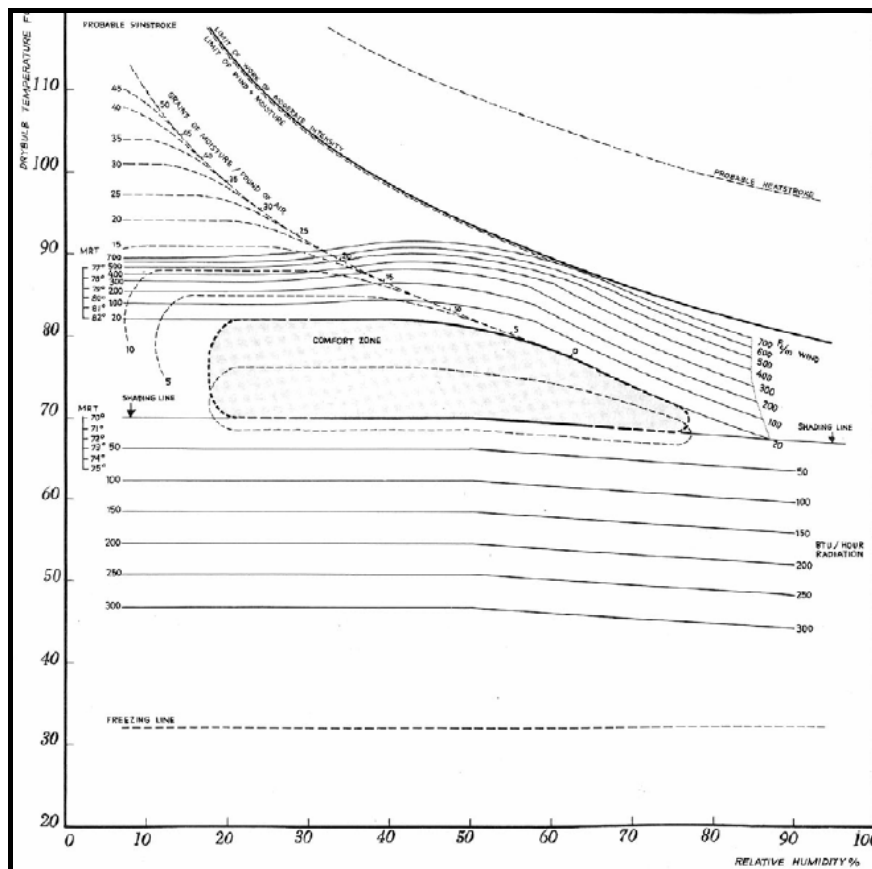


Figure 5.11 Carte Bioclimatique d'Olgyays. (J. M. Evans, 2007).

Le diagramme bioclimatique de B. Givoni est ensuite établi. Il présente une méthode plus performante que celle de V. Olgyay, dans l'évaluation des exigences physiologiques du confort. Givoni définit le confort en considérant la personne en état d'activité. Par l'intermédiaire de son diagramme bioclimatique, il a prouvé qu'avec l'application des concepts de l'architecture, l'effet de variation climatique de l'environnement extérieur peut être réduit au minimum.¹

¹The demonstration component of the Joule-Thermie programme. European commission thermie. [en ligne] <http://erg.ucd.ie/ttp.html>

Dans le diagramme de Givoni, les zones de confort et de contrôle sont définies dès le départ, c'est donc un diagramme standard dont l'utilisation est également étroite, son applicabilité est limitée à des régions spécifiques du monde.

Inversement aux deux méthodes expliquées précédemment, S. V. Szokolay a mis, une nouvelle méthode bioclimatique où l'élaboration de la zone neutre et des zones de contrôle passif et mécanique est déterminée selon les données météorologiques de chaque région est avec plus d'exactitude. Il est donc applicable à toutes les latitudes.

5.3.3 Détermination des zones de confort thermique

Le corps humain règle involontairement sa production de la chaleur interne aux conditions thermiques de l'environnement, Ainsi l'individu éprouve seulement des variations très petites de sensation de confort thermique et se sent de ce fait à l'aise. Ce mécanisme d'autorégulation de la température, laisse apparaître une zone à faible variation de sensation de confort thermique : c'est la zone dite de confort thermique.

S.V. Szokolay, a établi la notion de neutralité thermique (T_n), qui est une température faisant la moyenne d'un grand échantillon de personnes qui n'éprouvent ni une sensation de chaleur, ni de froid. Cette neutralité thermique est influencée par le climat, l'acclimatation et les corrélations physiologiques avec la température moyenne de l'extérieur (T_{moy})¹.

$$T_n = 17.6 + 0.31 \times T_{moy}.$$

5.3.3.1 Détermination de la zone de confort et des zones de contrôle potentiel pour la ville de Constantine

En s'inspirant de la méthode de Szokolay nous avons défini un diagramme bioclimatique de la région de Constantine. (Figure 5.12)

La projection des données météorologiques sur le diagramme de Szokolay a permis de déterminer les zones de confort et les stratégies à adopter pour répondre aux problèmes d'inconfort thermique, notamment de classer le climat de la région selon deux périodes distinctes :

- Une période de températures très élevées associées à une humidité relative moyenne faisant appel à un contrôle par effet de masse et ventilation nocturne. Cette période correspond aux mois de Juin, Juillet, Août et Septembre. (figure 5.12)

¹ Nugroho Susilo. *Passive Design in Warm-Humid?. A Case in Climatic Design of a School Building in Surabaya*. Department of Architecture Faculty of Engineering Petra Christian University Surabaya, Indonesia.

- Une période fraîche caractérisée par des températures basses, ou le chauffage solaire passif est à lui seul capable de rapprocher l'ambiance du confort thermique pour les mois de Mai et Octobre. Le chauffage d'appoint est une solution complémentaire pour les jours les plus froids des mois d'Avril, Mars, et de Novembre ; Tandis que, le confort thermique ne peut être atteint sans chauffage d'appoint pour les mois les plus froids de l'année : Décembre, Janvier et Février.

CIBS

Diagramme psychrométrique

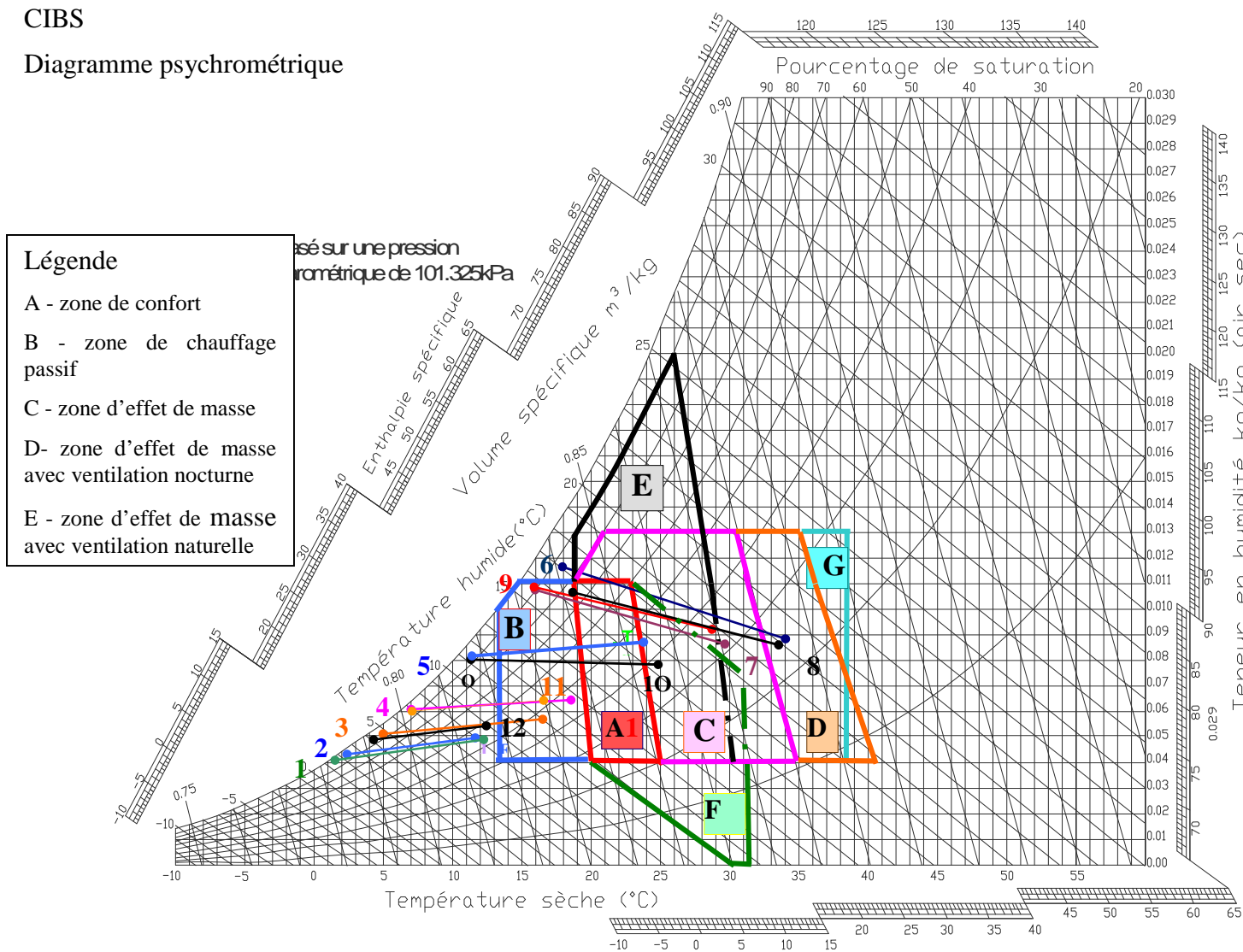


Figure 5.12 Carte psychrométrique de S. SZokolay. Les nombres de 1 à 12 représentent les douze mois de l'année.

5.3.4 Les tables de Mahoney

Le concept d'analyse du climat développé par Mahoney en 1968 a fourni la base des Tableaux de Mahoney, développés plus tard par Koenigsberger, Mahoney et Evans en 1970, Ces chercheurs proposent un ordre d'analyse de climat, se basant sur les températures mensuelles, la température moyenne annuelle, les humidités relatives et la pluviométrie de la région considérée.

À partir des tables de Mahoney, les recommandations nécessaires à la réalisation du confort hygrothermique dans un bâtiment à Constantine sont définies. (Voir annexes).

Les recommandations relatives à la densité du plan urbain, aux éléments de conception du bâtiment et aux propriétés thermiques des éléments de construction, sont classées selon deux catégories :

5.3.4.1 Recommandations générales

- a. Orientation Nord sud pour une exposition minimale des surfaces au soleil.
- b. Compacité du plan de masse et du volume. Pour une exposition minimale des façades à l'extérieur.
- c. Pas de mouvement d'air.
- d. Petites Ouvertures de 20 à 40 %, pour optimiser l'effet isolant de la grande masse thermique des murs et en même temps diminuer les gains de chaleur.
- e. Les murs extérieurs et intérieurs doivent être épais (inertie forte) : dans le but de retarder la transmission de la chaleur extérieure du jour vers l'intérieur par l'enveloppe massive et isolante du bâtiment, jusqu'à la chute de température à la tombée de la nuit.
- f. Les toits épais (massifs et isolés).
- g. Espaces extérieurs demandés, pour dormir le soir en été.
- h. Protection nécessaire contre les pluies.

5.3.4.2 Recommandations sur les détails

- a. Taille petite des ouvertures de 15-25 % de la surface des murs.
- b. Drainage adéquat pour les eaux pluviales.

Les recommandations à satisfaire dans l'espace intérieur, s'avèrent conformes à une région climatique interne ou les éléments principaux à prendre en considération sont le rayonnement solaire et la température de l'air.

5.3.5 Conclusion sur l'analyse climatique et bioclimatique

Finalement, on peut conclure que Constantine, par sa situation éloignée de la mer, présente la majorité des caractéristiques climatiques des régions internes d'Algérie, influencées par les abaissements atmosphériques, provenant de l'Ouest vers l'Est et découlant du rapprochement des eaux chaudes de la méditerranée et des eaux froides de l'atlantique.

Il s'agit d'un climat rude, caractérisé par de grandes oscillations de la température, avec des hivers très froids et humides et des étés chauds moins humides, où l'écart de température diurne est important. Les grandes fluctuations quotidiennes de la température, sont aussi un caractère déterminant dans la région. Les procédés passifs tels que l'inertie thermique, le chauffage solaire et la ventilation nocturne peuvent réduire ces fluctuations à l'intérieur du bâtiment.

5.4 Descriptif du cas d'étude et méthodologie

5.4.1 Critère du choix du collectif

5.4.1.1 Typologie de l'habitat

Le choix du terrain de l'étude expérimentale se porte sur une typologie de l'habitat la plus répandue sur le territoire national. En effet, le logement collectif, à style architectural contemporain, permet une étude du type comparatif et l'analyse de plusieurs échantillons ayant initialement les mêmes caractéristiques, et dont certains ont subi des transformations dès leur acquisition, par les habitants.

Situation

Les échantillons sont pris dans un site urbain de la commune de khroub, située au Sud-Ouest de la ville de Constantine, entre une série collinaire au nord et les hautes plaines au Sud.

La ville de khroub qui occupe le point le plus haut de la plaine de Boumerzoug¹, est caractérisée par une platitude remarquable : les pentes ne dépassent pas 15% de façon générale.

Les échantillons d'étude sont pris dans la cité 500 logements, située à l'Est de la ville de khroub sur l'autoroute menant à Constantine. (Figure 5.13)



Figure 5.13 *Situation du site d'investigation. Vue aérienne. (google maps², 2007)*

Il s'agit de 500 logements collectifs répartis sur des bâtiments de R+ 4 avec 100 commerces. Cette cité résidentielle est marquée par la nudité des espaces extérieurs et leur monotonie, par les façades à panneaux standard manquant d'esthétique.³ Les bâtiments sont construits selon un procédé importé de pays socialistes s'appuyant sur une industrie lourde de préfabrication de panneaux⁴. Ils sont réalisés par un coffrage tunnel qui permet de couler simultanément les murs et les dalles, et fournit une structure porteuse par une partie de séparations intérieures : refends porteurs et dalles pleines. Les cellules sont du type F3, F4, F5 livrées achevées à 100% aux locataires, en 1994.

¹ Merrouche Mébarka. *Statut d'un pôle périurbain gravitant autour d'un grand centre. Constantine. khroub.* Magister 1998. pp79.

² Google maps. [en ligne] www.hit-parade.com

³ Badr khadoudja. *Elkhroub. du village à la ville.* Magister 2001.

⁴ Merrouche Mébarka. *Statut d'un pôle périurbain gravitant autour d'un grand centre. Constantine. khroub.* Magister 1998. p 104

5.4.1.2 Pourquoi une loggia

La réalisation de notre étude comparative nous a orienté vers des cellules à loggias transformées par les habitants eux-mêmes, à comparer à d'autres tout à fait identiques à l'exception de la configuration initiale qu'elles ont gardée (ouverture de la loggia sur l'extérieur), ces dernières vont servir de cellule de contrôle (témoin).

Le choix d'une loggia, à une seule paroi donnant sur l'extérieur, est fixé en raison de son caractère maximisant les surfaces de stockage et d'échanges avec les espaces intérieurs, et minimisant les déperditions thermiques vers l'extérieur. Ce dessin a l'avantage de réduire les gains solaires source d'inconfort, en saison chaude.

5.4.1.3 Critères de choix des cellules

Quant au choix des échantillons, il repose sur plusieurs paramètres qui sont :

- L'absence de masques lointains ou environnementaux.
- Le choix d'un étage intermédiaire (3ème étage) qui s'élève à environ 9 m de hauteur au dessus du sol, a un double rôle : d'une part, les parois horizontales sont loin d'être sollicitées par l'inertie thermique du sol et le rayonnement solaire, d'autre part plus les logements sont hauts, plus ils sont exposés à la lumière solaire.
- Logements identiques sur le plan de conception, matériaux de construction, et caractéristiques dimensionnelles, favorisant l'étude comparative.
- Le prospect est crucial pour s'assurer de l'absence de masques environnementaux pouvant réduire le rayonnement solaire pour n'importe quelle hauteur solaire. Les bâtiments du site sont organisés en bandes avec une distance entre bâtiments variant entre 22 et 62 m. cette grande distance accompagnée d'une absence de masques environnementaux dans le site d'une part, et de la hauteur des loggias d'autre part, font que les loggias disposent d'une exposition optimale aux rayons solaires. (Figure 5.14).

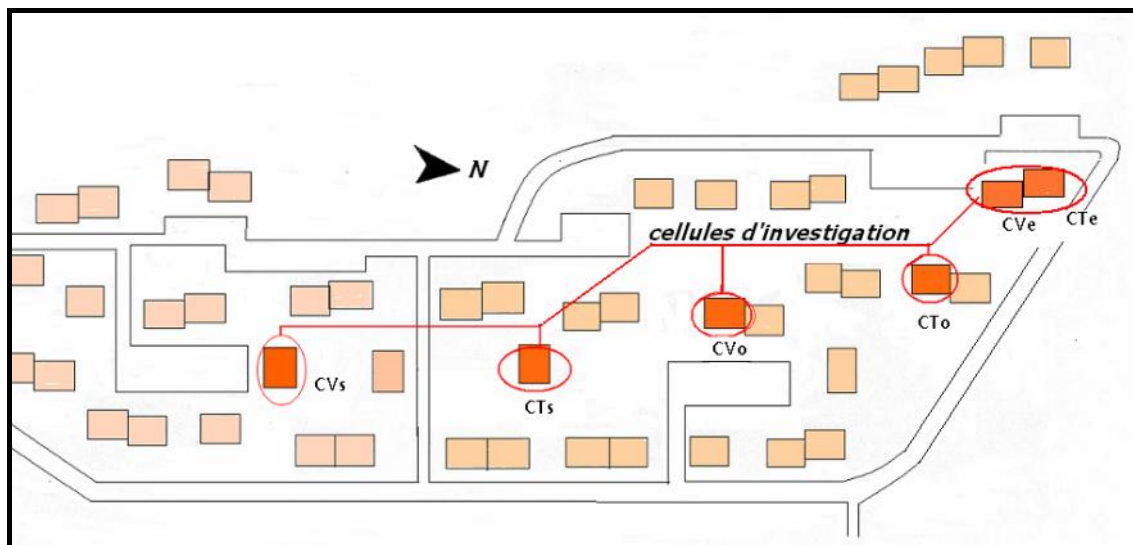


Figure 5.14 Organisation générale à caractère éclaté du site d'investigation. (service technique. CNEP. réadapté par auteur).

5.4.1.4 Le choix de l'organisation du plan

Le choix de l'organisation du plan et de la liaison loggia-séjour est fixé pour des raisons techniques ; la loggia est directement liée à deux espaces contigus. La liaison avec le séjour (objet d'étude) se fait par la paroi la plus large, percée d'une fenêtre qui assure le passage de la lumière et de l'air. Cette liaison permet de prendre des relevés de température dans le séjour et la loggia sans bouleversement du comportement des habitants envers la fenêtre de liaison, ni affectation de l'ambiance thermique du séjour par celle de son extension et vis versa, par ouverture ou fermeture de la fenêtre : le passage étant assuré par la porte latérale de l'autre pièce. (Figure 5.15).

En effet, cette disposition offre aux occupants une liberté et une indépendance dans l'usage de l'ouverture de séparation entre les deux espaces, en faveur d'une richesse dans l'exploit des retombées de la liaison loggia- séjour, et du comportement des usagers.

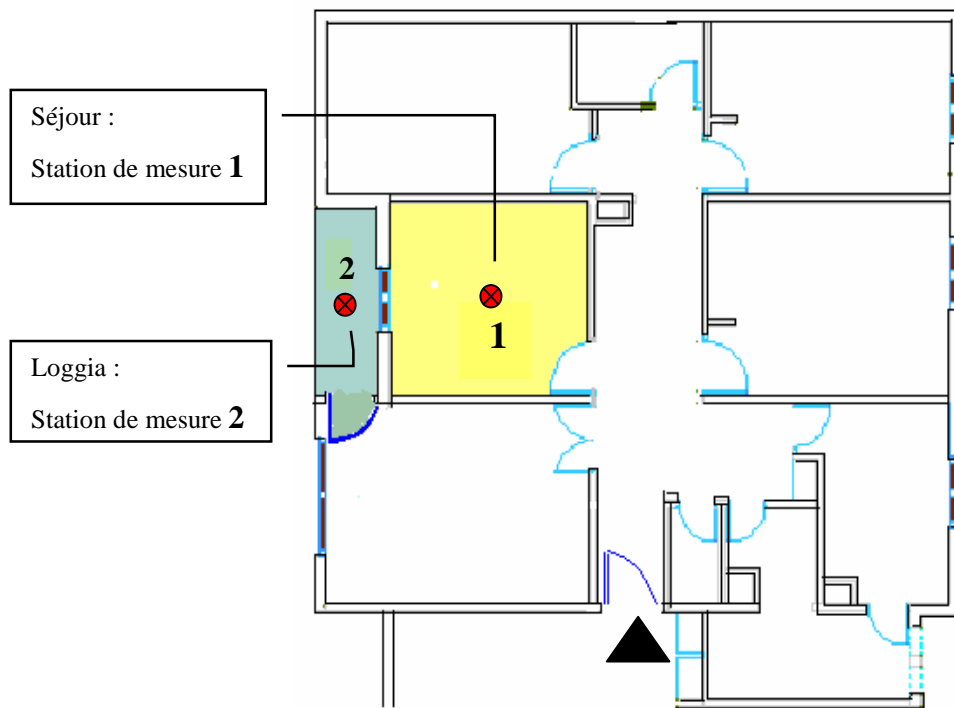
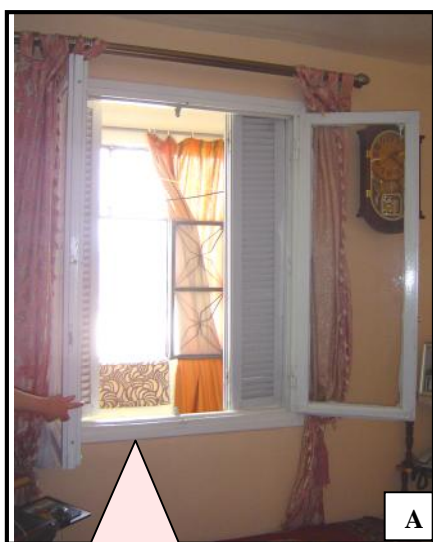


Figure 5.15 Organisation spatiale de la cellule d'investigation à loggia vitrée.

5.4.2 Description de l'échantillon

Les cellules choisies par cette investigation sont toutes des cellules F5, de 121m² avec une loggia de 3,9 m² de surface et de 1,25 m de profondeur. Elle présente une extension du même niveau au sol que les autres pièces adjacentes. La loggia est liée par une porte à une pièce spacieuse, et par une fenêtre à un espace de 12,6 m² aménagé pour nos cas d'étude en séjour familial. Ce dernier disposant de la surface de liaison la plus grande avec la loggia, que les deux autres parois latérales, va faire l'objet de l'expérimentation. (Figure 5.16)



Fenêtre de liaison Loggia-séjour



Porte de liaison Loggia- Salon

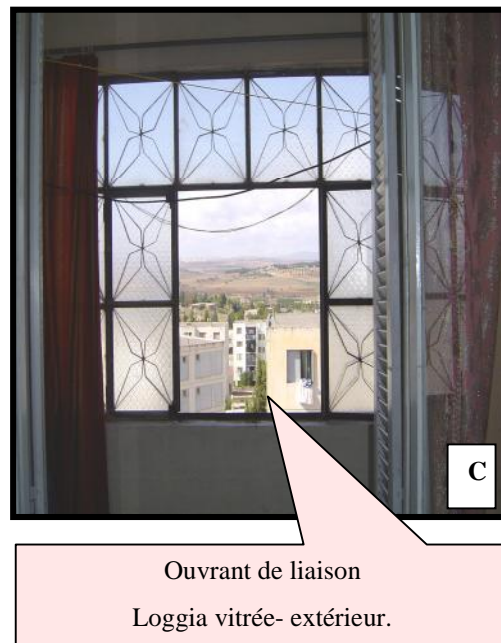


Figure 5.16 Vues sur les liaisons loggia- espaces adjacents (A et B), loggia-extérieur (C).

L'enveloppe du bâtiment est réalisée en panneaux de béton armé de 20 cm d'épaisseur, et dont la surface extérieure est à l'état brut, en effet, il n'y a que la peinture claire qui revêt le mur extérieur sur ses deux faces. Les murs de séparation de 15 et de 10 cm d'épaisseur sont également édifiés en béton, mais enduits d'une couche de ciment de 2 cm d'épaisseur. Les planchers sont en dalles plaines.

L'intervention de l'habitant a fait que le volume de la loggia est ingénieusement complété par un vitrage le transformant en espace protégé qui est la véranda.

Sa fermeture est faite pour tous les échantillons par du verre monté sur une structure en acier, dont l'inclinaison est 90°. Le vitrage utilisé est du type simple clair de 3 à 4mm d'épaisseur.

Pour une raison de sécurité, les profilés en acier occupent une portion relativement importante de la surface totale de la paroi vitrée de 5,2 m². Cette portion arrive à 15 %, dans certains cas.

La maçonnerie du mur extérieur de la véranda est en béton nu de 10 cm d'épaisseur.

Un ouvrant à deux battants de 1,20 m² de surface est placé en partie centrale de la paroi vitrée, afin de permettre l'ouverture du volume à l'extérieur pour étalage du linge et ventilation de la loggia vitrée. (Figure 5.17)

Les loggias sont peintes en couleur relativement claire : beige ou gris clair. La paroi de fond des loggias est lourde de 20 cm d'épaisseur, de couleur ocre jaune ou grise claire. Elle est percée d'une fenêtre de 1,40 m², faisant face à l'ouvrant décrit plus haut. Sa menuiserie en

bois est équipée d'un simple vitrage, et de volets en bois pour l'isolation nocturne. L'épaisseur des deux parois latérales est de 15 cm.



Figure 5.17 *Fermeture de la loggia par du verre monté sur une structure métallique.*

5.4.3 Scénario d'occupation et d'utilisation des espaces

Les cellules d'expérimentation sont occupées de ménages de 5 à 7 membres. Avec une Présence : à 100% de 20h à 8h du matin, ce pourcentage de présence varie d'un ménage à un autre le reste du temps.

5.4.3.1 *En période froide*

Le matin, la fenêtre est ouverte pendant une à deux heures de temps pour la ventilation hygiénique. Le séjour est ensuite isolé thermiquement de la loggia par fermeture de battants, les persiennes ne sont fermées qu'après le coucher de soleil.

Il n'en est pas de même pour les logements à vérandas, ou les habitants ne sont pas contraints de fermer la fenêtre : une visite exploratrice nous a révélé différentes gestions de la relation séjour-véranda allant de la fermeture complète et le scellement par calfeutrage, ou tout simplement par tissu épais placé à la base de l'ouverture, jusqu'à l'ouverture complète de battants et leur condamnation par du meuble dans le but d'agrandissement de l'espace.

Mais de façon générale, l'on ne ressent pas le souci de fermeture, mais plutôt un désir de profit de la température de l'air chaud de la véranda, les jours ensoleillés. L'entretien établi avec les habitants a révélé que certains d'entre eux laissent la fenêtre complètement ouverte la nuit, ne se souciant guère : la sécurité est assurée par l'ossature en acier et la chaleur est fournie par un chauffage d'appoint.

Cette constatation affirme que l'objectif de la fermeture de la loggia n'est pas dans la plupart des cas thermique, mais plutôt relatif à la gestion de l'espace habitable et de son agrandissement ou pour des raisons d'ordre socioculturel (chapitre 1). La question thermique

est soulevée par quelques ménages dont la loggia était orienté au nord et qui a été fermée après occupation afin d'assurer une protection contre le vent froid d'hiver.

5.4.3.2 En période chaude

Le scénario d'occupation de l'espace diffère pour les 2 types de cellules (à loggia et à loggia vitrée) :

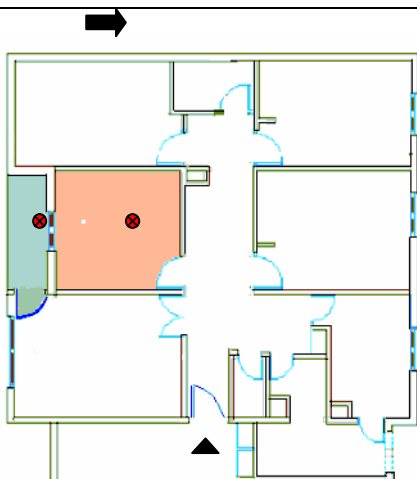
Concernant le séjour en liaison avec la loggia, on constate que la procédure de protection des agents extérieurs est inversée vis-à-vis de la procédure hivernale: les persiennes qui se ferment la nuit en hiver, sont fermés le jour pour fournir une occultation à l'espace séjour. La nuit ils sont ouverts pour favoriser la ventilation nocturne.

Le placement d'un rideau en toile épaisse sur la paroi extérieure de la loggia favorise une occultation additionnelle de l'espace intérieur pour certains ménages quant elle est conjuguée à la clôture des persiennes, ou principale quant elle est le seul moyen de protection (persiennes ouverts).

Le même scénario est adopté par les habitants des logements à loggia vitrée. Qui se partagent tous le même souci d'ouvrir quant l'air extérieur est plus frais que l'air intérieur.

En vu de la diversité dans l'emploi des dispositifs de protection contre les agents climatiques indésirables, nous avons pris des mesures de température accompagnées d'observations sur le comportement des usagers et l'utilisation des locaux concernés. Les scénarii d'occupation sont résumés dans les tableaux suivants :

1- Présentation de la Cellule à loggia Témoin orientée au Sud
CTs



Stations de mesures : Les relevés de températures de l'air et de l'humidité sont pris au centre du séjour et de la loggia.

- Loggia : surface 3,9 m²
- Séjour : surface 12,6 m²

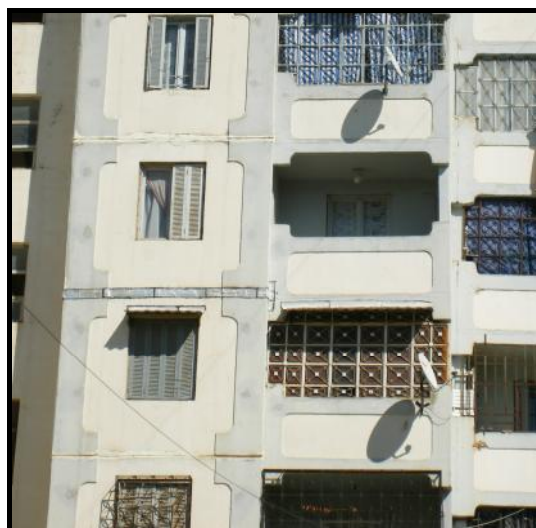
Descriptif de la cellule

Situation : cité 500 logements. Khroub.
Orientation : Sud
Niveau : 3^{ème} étage.
Type de loggia : Sans vitrage.

Déroulement de l'investigation

- Période froide: du 05 au 08 avril 2007.
Etat du ciel : Clair à passage nuageux.
- Période chaude: Du 04 au 07 juillet 2007.
Etat du ciel : Clair.

Nombre de stations de mesures: 2.
(Voir colonne gauche)



La loggia ouverte à l'air extérieur.

Scénario d'occupation

Nombre d'occupants : 6

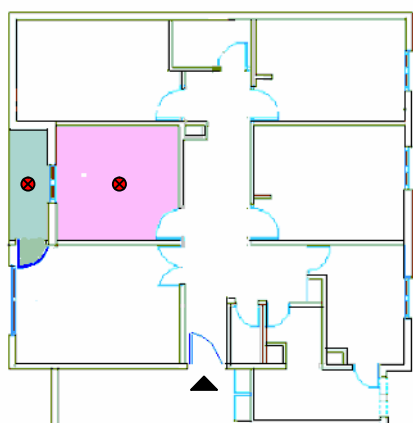
Période froide

- Jour : ouverture de la fenêtre pour la ventilation hygiénique entre 8 et 11h, pour le premier jour, 8 à 10 h pour le 2^{ème} et 3^{ème} jour, les battants sont ensuite fermés le long de la journée.
- Nuit : les persiennes et les battants sont fermés après coucher de soleil. (à 18 h)

Période chaude

- Fermeture des persiennes de la fenêtre de liaison séjour-loggia, à 9 heures du matin dans un but d'occultation.
- Persiennes et battants de la fenêtre sont ouverts pour la ventilation de l'espace séjour à partir de 17 h.

2- Présentation de la Cellule à loggia Vitrée orientée au Sud CVs



Stations de mesures : Les relevés de températures de l'air et de l'humidité sont pris dans le séjour et la loggia vitrée.

- Loggia : surface 3,9 m²
- Séjour : surface 12,6 m²

Descriptif de la cellule

Situation : Cité 500 logements. Khroub.

Orientation : Sud

Niveau : 3^{ème} étage.

Type de loggia : Fermée par du vitrage monté sur une structure métallique.

Déroulement de l'investigation

- Période froide: Du 05 au 08 avril 2007.
Etat du ciel : Clair à passage nuageux.
- Période chaude: Du 04 au 07 juillet 2007.
Etat du ciel : Clair.

Nombre de stations de mesures: 2

(Voir colonne gauche)



Vues sur le séjour, et sa liaison avec la loggia vitrée.

Scenario d'occupation

Nombre d'occupants : 5

Période froide

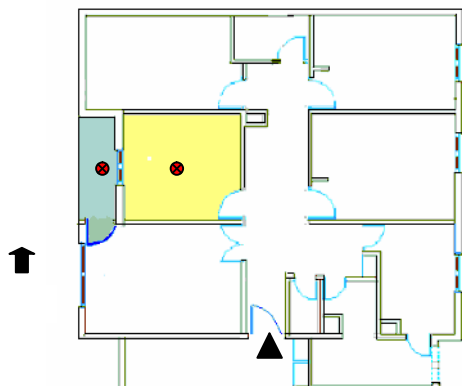
- Jour : pour le 1^{er} et 3^{ème} jour, la fenêtre de liaison séjour-loggia est ouverte pour la ventilation hygiénique entre 8 et 10h, pour être fermée le long de la journée. A l'exception, le 2^{ème} jour, la fenêtre de liaison était ouverte pendant 24h à partir de 10h. Les battants sont ensuite fermés le long de la journée.
- Nuit : Les persiennes et les battants sont fermés après coucher de soleil. (à 18h)

Période chaude

- Occultation intérieure de la loggia vitrée par tissu épais pendant le jour.
- Rideau plié après coucher de soleil.
- Liaison entre la loggia et le séjour maintenue
- 24h / 24 pour toute la période de l'investigation.
- Etalage de la lessive, dans la loggia vitrée entre 14h et 18h, le 1^{er} jour de l'investigation.

* L'ouvrant de la véranda est toujours ouvert en période chaude, et seulement aux heures de ventilation hygiénique en période froide.

3 - Présentation de la Cellule à loggia Témoin orientée à l'Ouest CTo



Stations de mesures : Les relevés de températures de l'air et de l'humidité sont pris dans le séjour et la loggia.

- Loggia : surface 3,9 m²
- Séjour : surface 12,6 m²

Descriptif de la cellule

Situation : Cité 500 logements. Khroub.
Orientation : Ouest
Niveau : 3^{ème} étage.
Type de loggia : Sans vitrage.

Déroulement de l'investigation

Période froide: Du 11 au 14 avril 2007
Etat du ciel : Clair à passage nuageux.

Période chaude: Du 01 au 04 juillet 2007
Etat du ciel : Clair.

Nombre de stations de mesures: 2
(Voir colonne gauche)



La loggia ouverte à l'air extérieur.

Scénario d'occupation

Nombre d'occupants : 6

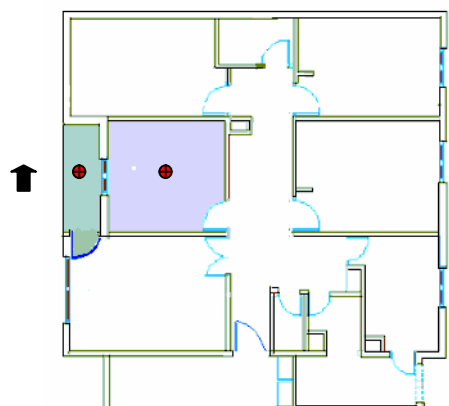
Période froide

- Jour : ouverture de la fenêtre pour la ventilation hygiénique entre 9 et 10h, les battants sont ensuite fermés le long de la journée.
- Nuit : les persiennes et les battants sont fermés après coucher de soleil. (à 18 h)

Période chaude

- Fermeture des persiennes de la fenêtre de liaison séjour-loggia, après les tâches ménagères à partir de 9 heures.
- Persiennes et battants de la fenêtre sont ouverts pour la ventilation de l'espace séjour à partir de 18 h.

4- Présentation de la Cellule à loggia Vitrée orientée à l'Ouest CVo



Stations de mesures : Les relevés de températures de l'air et de l'humidité sont pris dans le séjour et la loggia vitrée.

- Loggia : surface 3,9 m²
- Séjour : surface 12,6 m²

Descriptif de la cellule

Situation : Cité 500 logements. Khroub.
Orientation : Ouest
Niveau : 3^{ème} étage.
Type de loggia : Fermée par du vitrage monté sur une structure métallique.

Déroulement de l'investigation

Période froide: Du 11 au 14 avril 2007
Etat du ciel : Clair à passage nuageux.

Période chaude: Du 01 au 04 juillet 2007
Etat du ciel : Clair.

Nombre de stations de mesures: 2
(voir colonne gauche)



Vue sur le séjour. Liaison avec la loggia vitrée assurée par une fenêtre.

Scenario d'occupation

Nombre d'occupants : 7

Période froide

1^{er} jour, la liaison séjour-véranda est maintenue entre 12 et 20h par ouverture de la fenêtre.

2^{ème} jour, la liaison séjour-véranda est maintenue entre 12 et 22h par ouverture de la fenêtre.

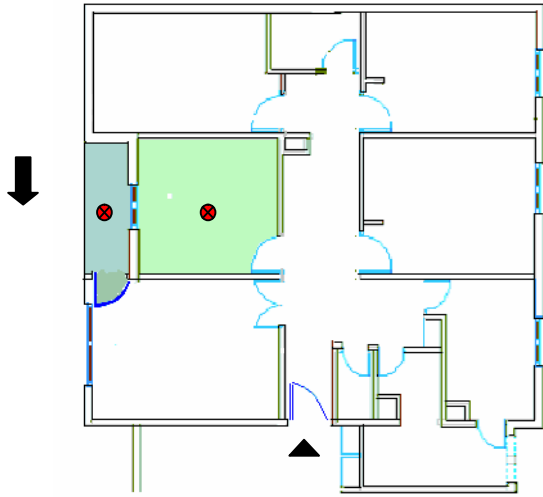
3^{ème} jour, la fenêtre de liaison est ouverte entre 8 et 9h pour une ventilation hygiénique.

Période chaude

- Occultation intérieure de la loggia vitrée par rideau épais de couleur orange pendant le jour.
- Rideau plié après coucher de soleil.
- Liaison entre la loggia et le séjour, maintenue
- 24h / 24 pour toute la période de l'investigation.

* L'ouvrant de la véranda est toujours ouvert en période chaude, et seulement aux heures de ventilation hygiénique en période froide.

5- Présentation de la Cellule à loggia Témoin orientée à l'Est CTe



Stations de mesures : Les relevés de températures de l'air et de l'humidité sont pris dans le séjour et la loggia.

- Loggia : surface 3,9 m²
- Séjour : surface 12,6 m²

Descriptif de la cellule

Situation : Cité 500 logements. Khroub.
Orientation : Est
Niveau : 3^{ème} étage.
Type de loggia : Sans vitrage.

Déroulement de l'investigation

- Période froide: Du 15 au 18 avril 2007.
Etat du ciel : Couvert.
- Période chaude: Du 7 au 8 juillet 2007
Etat du ciel : Clair.

Nombre de stations de mesures: 2
(Voir colonne gauche)



La loggia ouverte à l'air extérieur.

Scenario d'occupation

Nombre d'occupants : 6

Période froide

- Jour : ouverture de la fenêtre pour la ventilation hygiénique entre 9 et 10h, les battants sont ensuite fermés le long de la journée.

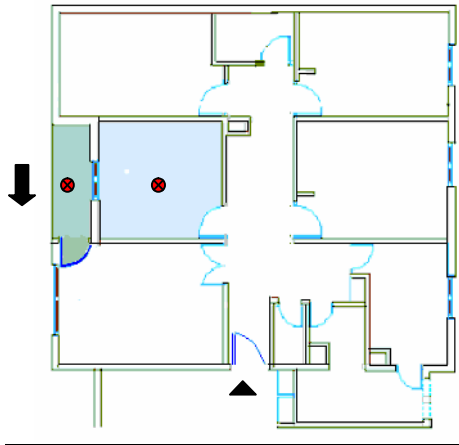
Entre 14h et 16 h (heures de sieste), fermeture des persiennes et volets.

- Nuit : les persiennes et les battants sont fermés après coucher de soleil. (à 18 h).

Période chaude

- Fermeture des persiennes de la fenêtre de liaison séjour-loggia, dans un but d'occultation à partir de 8h du matin.
- Persiennes et battants de la fenêtre sont ouverts pour la ventilation et le refroidissement de l'espace séjour à partir de 17 h.

6 - Présentation de la Cellule à loggia Vitrée orientée à l'Est CVE



Stations de mesures : Les relevés de températures de l'air et de l'humidité sont pris dans le séjour et la loggia vitrée.

- Loggia : surface 3,9 m²
- Séjour : surface 12,6 m²

Descriptif de la cellule

Situation : Cité 500 logements. Khroub.
Orientation : Est
Niveau : 3^{ème} étage.
Type de loggia : Fermée par du vitrage monté sur une structure métallique.

Déroulement de l'investigation

- Période froide: Du 15 au 18 avril 2007.
Etat du ciel : Couvert.
- Période chaude: Du 7 au 8 juillet 2007
Etat du ciel : Clair.

Nombre de stations de mesures: 2
(Voir colonne gauche)



Vue sur la loggia vitrée. Liaison avec le séjour assurée par une fenêtre.

Scénario d'occupation

Nombre d'occupants : 6

Période froide

- Jour : liaison directe avec la véranda entre 10 et 14 heures pour toute la période de l'investigation. les battants sont ensuite fermés le long de la journée. à l'exception du 2^{ème} jour où liaison séjour-véranda est maintenue entre 12 et 22h.

- Nuit : les persiennes et les battants sont fermés après coucher de soleil. (vers 18h)

Période chaude

- Occultation intérieure de la loggia vitrée par tissu épais de couleur bleu, pendant le jour.
- Rideau plié après coucher de soleil.
- Isolation du séjour de la loggia vitrée de 10 à 20h.

* L'ouvrant de la véranda est toujours ouvert en période chaude, et seulement aux heures de ventilation hygiénique en période froide.

5.4.4 Appareillage

Nous avons procédé à des relevés de la température de l'air qui est le facteur le plus déterminant du confort thermique, accompagnés de l'humidité relative.

L'appareillage utilisé dans cette investigation est du type digital permettant le prélèvement de la température de l'air ainsi que l'humidité relative dans les deux locaux : séjour, et loggia.

- La centrale météo « OTIO et THERMOTECH » modèle 94030, de $\pm 2^{\circ}\text{C}$ et de $\pm 5\%$ de précision. Cette centrale permet le prélèvement de la température de l'air dans l'espace, et son envoi vers la centrale placée à une distance de 30 m maximum.

(Figure 5.18 à droite.)

- Le thermo hygromètre, TES-1360, est un appareil qui affiche la température mesurée en $^{\circ}\text{C}$ ou en $^{\circ}\text{F}$, et l'humidité relative de l'air en pourcentage. (Figure 5.18 à gauche.)

* Les relevés de température de l'air et de l'humidité relative ont été réalisés avec un intervalle de temps de deux heures à partir de 8 h du matin sur des séquences de trois jours.



Figure 5.18 Appareillage utilisé dans le prélèvement des valeurs de températures et de l'humidité de l'air.

5.4.5 Périodes de l'investigation

Les séquences de temps du suivi expérimental doivent représenter au mieux les conditions météorologiques du site étudié. Dans la plupart des cas, pour limiter le temps d'expérimentation ou de calcul, le choix se porte sur une journée type. Journée qui représentera les conditions extrêmes des variables climatiques du site étudié.

La diversité dans les résultats de l'investigation est à l'origine de notre analyse des séquences toutes entières.

5.4.6 Méthodologie de l'investigation

Notre axe de recherche s'appuie sur une méthode comparative de cellules représentatives de l'habitat social, placées dans des conditions tout à fait identiques, ou la seule différence est le type d'extension : loggia ou loggia vitrée.

Nous avons fixé l'objectif d'affirmer que la loggia vitrée qui est un espace tampon capteur solaire, étant bien exposée au rayonnement solaire, et conçue dans un climat caractérisé par des hivers froids et étés chauds, apporte des calories gratuites pour l'espace qui lui est adjacent en période de chauffe. Cependant, en saison chaude, cet espace se transforme en une source de chaleur et d'inconfort pour les locaux en liaison avec lui.

Notre but ne s'arrête pas là, mais il est prévu de définir des critères pouvant rendre cette addition favorable et adaptée au confort thermique hivernal et estival de l'espace adjacent.

Trois périodes de trois jours chacune, ont été choisies au mois d'Avril pour représenter la période de chauffe ou la température moyenne extérieure a atteint 6,3°C, il est crucial de rappeler que le mois d'avril entre dans la zone de chauffage passif. (Diagramme de zockolay) Les habitants sensibilisés par la nécessité de se passer du chauffage d'appoint pendant la période expérimentale, ont fait que l'investigation s'est déroulée dans des conditions favorables. (Table 5.3)

Séquences de temps du suivi expérimental	Orientation
Du 05 au 08 avril 2007	Sud
Du 11 au 14 avril 2007	Ouest
Du 15 au 18 avril 2007	Est

Table 5.3 *Séquences de temps du suivi expérimental de la période de chauffe.*

Les relevés de températures et d'humidité de l'air se faisaient sous un ciel clair à passage nuageux, pour les deux orientations, optimale (Sud), et critique (Ouest). Ils sont complétés par une autre séquence de temps qui a connu un ciel couvert, mais pour une orientation Est.

L'orientation Est, n'est pas un objectif en elle-même. Cependant, elle nous permet de vérifier un autre paramètre qui est l'effet tampon de la loggia vitrée pour des journées à ciel couvert. (Difficultés rencontrées auprès des locataires, pour une prolongation du suivi expérimental pour les orientations précédentes).

Ceci est aussi dit pour la période estivale, ou l'effet de l'occultation et du comportement de l'utilisateur étaient vérifiés à partir de cette orientation.

Le mois de Juillet qui est le mois le plus chaud de l'année ou la température extérieure a atteint 38,3°C est retenu pour l'expérimentation de la saison estivale. La même durée de trois jours était fixée pour les relevés de températures et de l'humidité de l'air, sans recours par les usagers à un moyen de refroidissement autre que la ventilation naturelle. Table 5.4 situe notre travail expérimental dans le temps.

Les stations de mesures sont en nombre de deux pour chaque cellule, correspondant chacune au centre du séjour, et de la loggia à une hauteur de 1,20 Cm du sol.

Séquences de temps du suivi expérimental	Orientation
Du 01 au 04 juillet 2007	ouest
Du 04 au 07 juillet 2007	sud
Du 7 au 10 juillet 2007	est

Table 5.4 *Séquences de temps du suivi expérimental de la période de refroidissement.*

5.5 Conclusion

Ce chapitre est constitué de trois parties principales :

- 1- une analyse des paramètres climatiques de la ville de Constantine qui a permis de définir les caractéristiques contrastées du climat, à grandes oscillations de la température, posant une problématique de confort pour la majeure partie de l'année.
- 2- à partir de l'étude bioclimatique les techniques de contrôles micro climatique et de conception architecturale capables de créer des conditions de confort dans la région, sont définies.
- 3- c'est dans la partie descriptif du cas d'étude et méthodologie que nous avons justifié le choix de la configuration de la véranda, dans quelle typologie de l'habitat elle se trouve, les critères de choix de l'organisation du plan de masse et de la cellule, pour déterminer enfin les caractéristiques thermiques et architecturale du modèle choisi. La méthodologie suivie dans l'investigation est également décrite dans ce chapitre.

Chapitre 6 : Interprétation des résultats de l’investigation

6.1 Introduction

La maîtrise de l’énergie est devenue une cible mondiale. or si l’on veut la maîtriser une attention particulière doit être accordée à l’enveloppe du bâtiment, qui a la possibilité de transformer un climat extérieur fluctuant et inconfortable en un climat intérieur agréable.

La création d’espaces tampons, favorise les conditions de confort thermique en isolant cette enveloppe. Les vérandas sont un exemple de ce type d’espaces, qui en plus de leur rôle régulateur thermique, contribuent positivement au chauffage de l’habitat, en captant l’énergie solaire, qui est devenue de plus en plus significative attrayante et rentable.¹

Comme le secteur résidentiel offre des possibilités importantes en vue de réduire la consommation énergétique², et son impact sur l’environnement, une attention particulière doit être accordée aux vérandas devenues parties essentielles dans le logement contemporain.

Les performances thermiques des systèmes de vérandas dépendent fortement des gains solaires, des échanges thermiques à travers les vitrages, et de la masse thermique des surfaces de stockage, qui joue un rôle important dans la conservation de l’énergie.³

Le concepteur doit chercher le bon compromis pour réussir l’usage de cet espace, quelque soient les conditions climatiques extérieures, ce qui est une tâche difficile dans un climat caractérisé par des conditions extrêmes : hivers froids et étés chauds, et ou la véranda est appelée à jouer des rôles contradictoires sur le plan thermique.

¹ M.K. Deshmukha, S.S. Deshmukhb. *Modeling of hybrid renewable energy systems*. Renewable and Sustainable Energy Reviews. Volume 12. p 235–249. 2008.

² ADRA, Nadine. *Proposition d’une procédure de certification énergétique des logements et application au contexte libanais*.2001. [En ligne] <http://docinsa.insa-lyon.fr>

³ A. Pasupathya, and all. *Phase change material-based building architecture for thermal management in residential and commercial establishments*. Renewable and Sustainable Energy Reviews. Volume 12. p 39–64. 2008.

Un travail expérimental spécifique à une région qui a un climat contrasté, telle que la ville de Constantine s'impose, en vue de réussir à trouver ce compromis faisant de la véranda un espace de valeur pour l'année entière.

6.2 Interprétation des résultats du suivi expérimental

Le travail expérimental a été entrepris dans deux cellules de l'épreuve, cellule à véranda nommée CV, et cellule témoin à loggia conventionnelle, nommée CT pour chaque orientation. Les indices s, o, e représentent respectivement les orientations : Sud, Ouest, et Est. (Exemple : "CTs" est la cellule à loggia témoin orientée au sud.) Voir chapitre 5.

6.2.1 Investigation représentative de la saison froide

6.2.1.1 Interprétation des résultats pour l'orientation Sud

Cellule témoin "CTs"

Les relevés de température de l'air dans l'espace séjour et son extension permettent de calculer l'écart de la température entre l'intérieur et l'extérieur afin d'évaluer la performance de l'enveloppe du bâtiment.

Le profil de la température à l'intérieur de la loggia sans vitrage exposée au sud, présente une fluctuation avec oscillation entre 10,7 et 19,4°C. Tandis que le séjour présente une amplitude moins importante de 3,1°C entre les valeurs limites 18,3 et 21,4°C. La température de la météo correspondante à la même période a fluctué entre 4,3 et 17,2°C (Figure 6.1).

La courbe de la température de l'air du séjour, et celle de l'air de la loggia prennent des trajectoires différentes dans le sens, ou l'écart maximal entre les températures atteint 9,8°C. Ceci s'explique le jour par des gains solaires que reçoit la loggia et dont le séjour est partiellement privé, et la nuit par la restitution de la chaleur au niveau du séjour pendant que la température de la loggia connaît une décroissance. En effet grâce aux apports solaires, la température de l'air de la loggia peut dépasser celle du séjour.

L'ampleur de l'écart de températures nocturnes de la loggia et de l'air extérieur est due à l'inertie thermique des parois de la loggia, qui joue en faveur d'un accroissement des températures dans son volume semi ouvert, au moment où les températures extérieures déclinent progressivement, et par conséquent en faveur du confort nocturne intérieur (dans le séjour).

Une lecture observatrice des courbes relatives au 3^{ème} jour (Figure 6.1 à droite) sert d'exemple pour expliquer ce phénomène : la température de l'air dans la loggia arrive à sa valeur maximale le jour entre midi et seize heures (19,4°C), autre un pic de température de 17,1°C est observé à 24h, en absence du rayonnement solaire; au moment où la température enregistrée par la météo est beaucoup plus inférieure (11,3°C). L'explication de ce constat est la restitution de la chaleur stockée pendant les heures ensoleillées. Le séjour, quant à lui, a enregistré sa valeur nocturne maximale de 20,2°C à 22h.

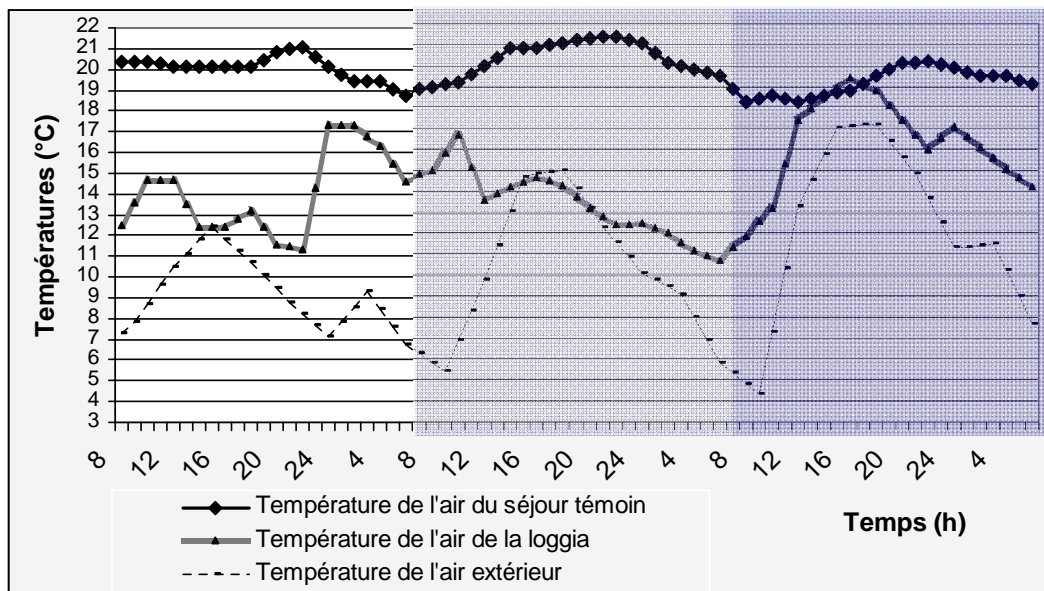


Figure 6.1 Variation horaire de la température dans une cellule témoin (CTs) orientée au sud.

Le soleil ayant une déclinaison de 11°36' le 05 du mois d'avril*, frappe le mur extérieur du séjour : une partie du rayonnement direct est transmise par le vitrage à l'intérieur et participe au chauffage du local en élevant sa température. La deuxième portion qui frappe la partie opaque du mur est absorbée et stockée pour se faire restituer plus tard, lorsque la température extérieure chute.

La température intérieure du séjour (Ti) variant entre 18,3 et 21,4°C se situe dans les limites du confort¹, avec une fréquence de 16,6 % du temps total de l'investigation. (Figure 6.2).

La valeur minimale enregistrée juste après le lever de soleil qui se produit vers 6h 30'*, et due à l'inertie thermique de la paroi qui retarde le refroidissement de l'espace intérieur.

* Programme Leonardo. Basé sur les données de l'O.N.M [En ligne] <http://audience.cerma.archi.fr>

¹ Température de confort hivernale Tn = 20,4°C.

* Programme Leonardo. Basé sur les données de l'O.N.M [En ligne] <http://audience.cerma.archi.fr>

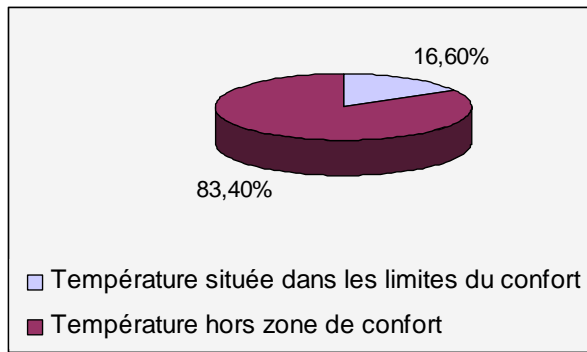


Figure 6.2 Pourcentage de temps où la température du séjour lié à la loggia témoin se situe dans les limites du confort, vis-à-vis de la durée totale du suivi expérimental.

Cellule à loggia vitrée "CVs"

La figure 6.3 montre le profil de la température intérieure dans le séjour ainsi que l'évolution de la température de l'air dans la loggia transformée en véranda et exposée au Sud.

une amplitude de 6,8°C est observée dans la loggia vitrée, où la température de l'air varie entre 13,5 et 20,3 °C, tandis que les limites inférieures et supérieures de températures de l'air dans le séjour (Ti) sont respectivement 19,2 et 24,2°C. Soit une amplitude moins importante de 5°C ; la température de la station météorologique, a connu un champ de fluctuations plus large de 12,9°C situé entre les valeurs 4,3 et 17,2°C, pendant la même période.

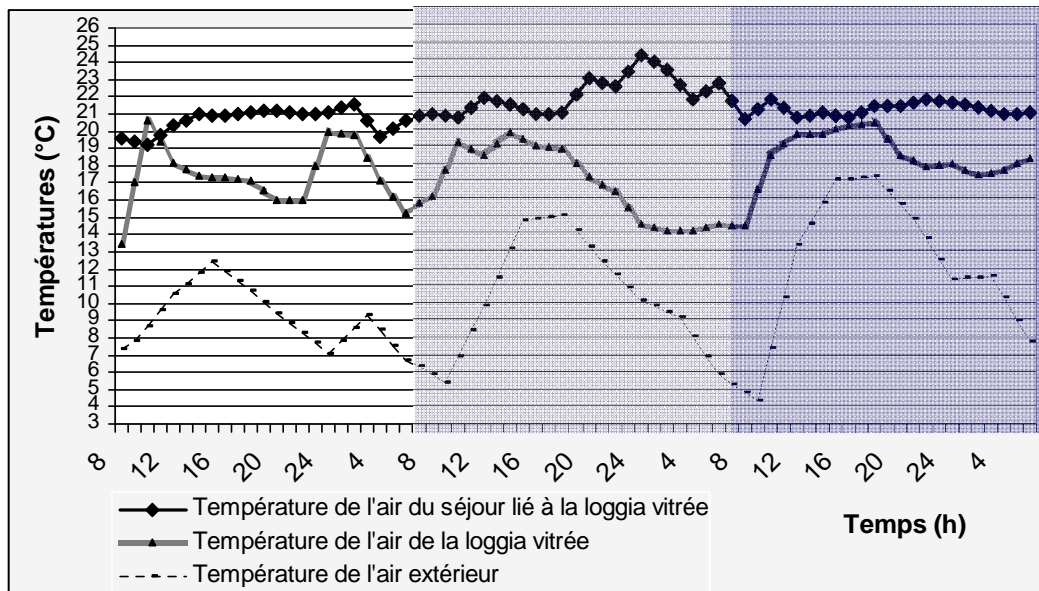


Figure 6.3 Variation horaire de la température dans une cellule à loggia vitrée (CVs) orientée au sud.

Les mêmes phénomènes de stockage et de restitution sont observés dans la cellule à loggia vitrée (CVs), avec un déphasage d'environ 10 h.

La température de l'air dans la loggia vitrée révèle un confort thermique pendant quelques heures nocturnes, en dépassant la température de confort (20,4°C) ; mais elle n'est point le seul paramètre d'évaluation du confort thermique, un autre paramètre intervient c'est l'effet de la paroi froide que l'on éprouve au voisinage d'une paroi trop froide ou trop chaude, à cause des échanges radiatifs.¹

Pendant que la température de l'air extérieur a atteint une valeur minimale de 4,3°C durant la période de l'investigation (du 05 au 8 avril 2007), la température de l'air de la loggia vitrée n'est jamais tombée au-dessous de 13,5°C, pendant que la maximale a atteint 20,3°C dans ce même espace.

Les courbes du 3^{ème} jour montrent le caractère de cet espace tampon vitré, régulateur de variations de températures. La température de l'air dans la loggia vitrée arrive à sa valeur maximale de 20,3°C à 16 h et reste au dessus de 17,3°C en absence du rayonnement solaire, et pendant que la température minimale enregistrée par la station météorologique était de 4,3°C.

La moyenne² des températures de l'air (18,14°C) enregistrées dans la loggia vitrée non chauffée, et à caractère élevé, comparée à la température moyenne extérieure³ qui était de 10,28°C, n'a aucune signification physique en absence de gains internes, que l'inertie thermique. La fenêtre de liaison entre les deux locaux (séjour et loggia vitrée) étant fermée.

En effet, la disposition d'une grande masse thermique dans la véranda*, est la raison d'une manifestation de températures assez élevées vis-à-vis de la température extérieure pendant la plage horaire nocturne (24 à 4h).

L'inertie thermique de la loggia vitrée réduit l'accroissement de température dans son volume et retarde le déphasage du pic de chaleur ayant lieu le jour vers la fin de l'après midi. Elle favorise donc la régulation des variations diurnes des apports solaires dans l'enceinte de l'espace, réduisant ainsi le besoin de chauffage et augmentant la période de confort, pendant

¹ Le portail tunisien du secteur bâtiments et travaux publics. *Isolation et inertie*. Inséré le: 13 Nov 06.

[En ligne] www.btponet.com

² Le calcul de la moyenne des températures de l'air de la loggia vitrée est établi seulement pour les heures où la fenêtre de liaison entre la loggia vitrée et le séjour était fermée

³ Calculée à partir des données météorologiques.

* La loggia vitrée est une configuration de véranda encastrée.

la soirée. Car, plus grande est la quantité stockée, plus faible sera la surchauffe et plus grande sera la disponibilité de cette énergie après la disparition du soleil.¹

C'est dans le séjour de la cellule à loggia vitrée (CVs) qu'on voit mieux le caractère régulateur induit par l'inertie de la loggia vitrée. En effet, les valeurs de températures enregistrées dans le séjour présentent moins de fluctuations de températures, et révèlent un certain confort thermique. Du moment qu'elles dépassent la température neutre² 88,8% du temps total (Figure 6.4). Les températures maximales sont enregistrées vers 22h, alors que les minimales sont enregistrées entre 6 et 8h.

Une mauvaise gestion de la liaison véranda-séjour a été observée durant toute la période de l'investigation. En fait, les vitres de la fenêtre du mur de fond de la véranda étaient fermés le jour, en présence d'apports solaires gratuits dans la véranda. Cependant les températures dans le séjour ne sont jamais tombées au dessous de 18,3°C au cours de la durée totale de la campagne de mesures.

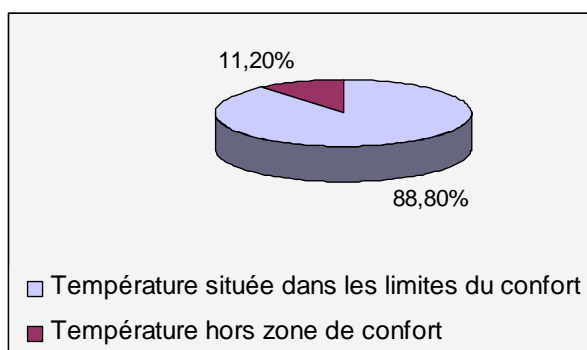


Figure 6.4 Pourcentage de temps où la température du séjour lié à la loggia vitrée se situe dans les limites du confort, vis-à-vis de la durée totale du suivi expérimental.

Etude comparative des deux cellules

Si l'effet tampon de la loggia a été constaté dans les deux cellules, témoin CTs et à loggia vitrée CVs ; une étude comparative s'impose pour discerner le rôle de la loggia vitrée dans l'établissement du confort au niveau de l'espace adjacent.

Une comparaison des températures des deux loggias : ouverte et fermée, indique que la température de la loggia vitrée suit celle de la loggia témoin, mais avec un écart en faveur de la loggia vitrée au cours de toute la séquence de temps de l'investigation. (Figure 6.5)

¹ SOL.A.R architectes ingénieurs. *Conception thermique de l'habitat. Guide pour la région Provence-Alpes-côte d'azur. Région Pacca*. Edisud 1988. P60

² Température neutre pour la saison de froid calculée à partir de la formule d'Auliciens.

Les deux courbes ont tendance à croître pendant le jour et à décliner progressivement durant la nuit ; cependant on voit nettement qu'elles reprennent une hausse subite la nuit suite à un déphasage retardé d'environ 8h.

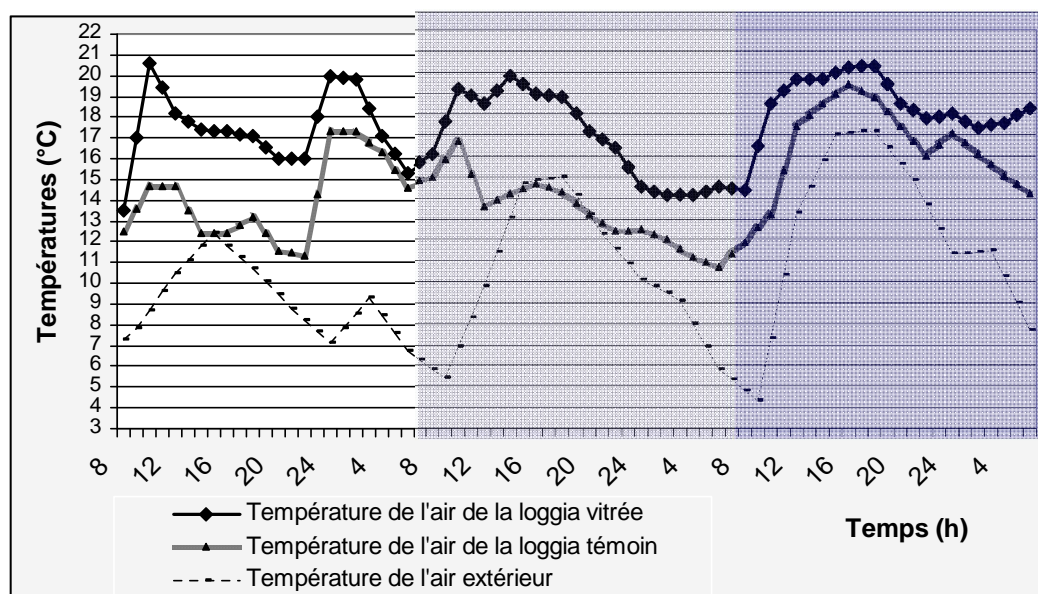


Figure 6.5 Variation horaire de la température entre loggia témoin et loggia vitrée orientées au sud.

La figure 6.6 montre les courbes des températures enregistrées simultanément dans les deux séjours, et indique un écart positif en faveur de la loggia vitrée ; A l'exception d'une baisse de température du séjour lié à la loggia vitrée CVs par rapport à celle du séjour de la cellule témoin CTs, enregistrée le 1^{er} jour entre 8 et 11 heures (extrême gauche de la figure 6.6) ;

due à la ventilation incitée par ouverture d'ouvrants de la paroi vitrée et de la fenêtre du mur de fond. En effet la température de l'air dans le séjour de la CVs* est supérieure à celle enregistrée dans le séjour de la CTs* de 2,2°C en moyenne, avec un pourcentage de temps de 89% de la durée totale du suivi expérimental (figure 6.7). La valeur maximale de l'écart entre les deux séjours de 3,1°C est d'une grande importance vis-à-vis du confort hivernal, et de la réduction de la consommation de l'énergie. Sachant qu'une augmentation de la température de chauffe de 5°C correspond à une réduction d'environ 40% de la consommation d'énergie¹. On voit donc tout l'intérêt de la fermeture de la loggia par du vitrage en période froide.

* CVs : cellule à loggia vitrée orientée au sud.

¹ Inertie thermique. Revue Xella International. [En ligne] www.xella.be/html/bel/fr

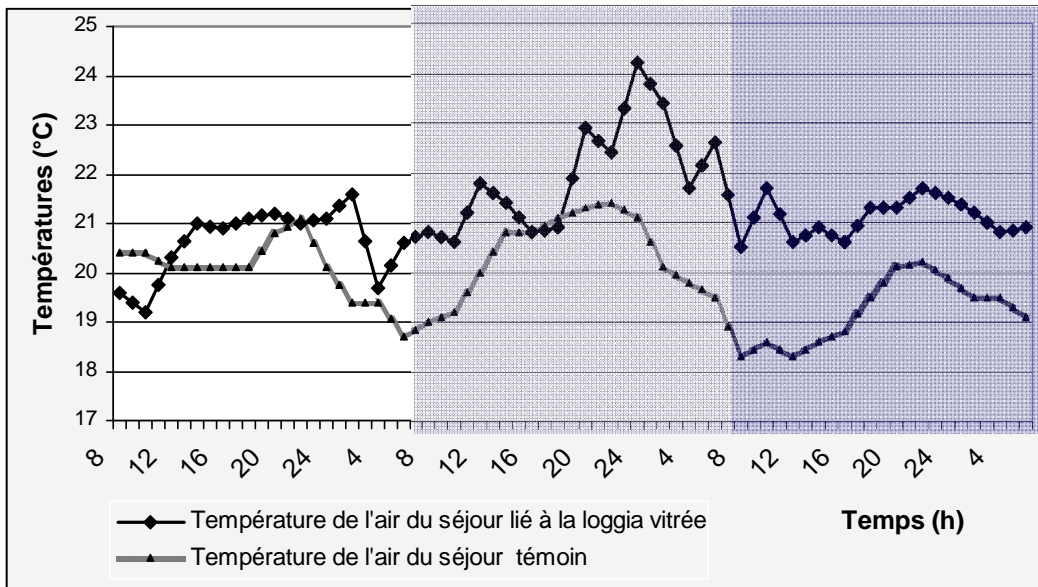


Figure 6.6 Variation horaire de la température entre les deux séjours orientés au sud.

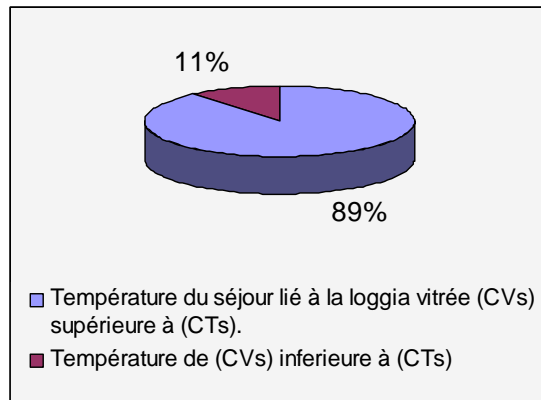


Figure 6.7 Pourcentage de temps où la température du séjour CVs* est supérieure à celle du séjour CTs*, vis-à-vis de la durée totale du suivi expérimental.

*La température minimale du séjour témoin, de 18,3°C enregistrée au moment où la température extérieure enregistrée par la météo est de 5°C, atteste également du confort thermique dans ce local. L'écart entre ces deux températures en absence de chauffage d'appoint s'avère incohérent. Néanmoins, l'explication réside dans la typologie du logement : étant une cellule du collectif, les échanges thermiques se font non seulement à travers l'enveloppe extérieure, mais à travers toutes les parois horizontales et verticales qui se trouvent en contact avec les cellules voisines chauffés par un moyen actif.

* CVs : cellule à loggia vitrée orientée au sud.

* CTs : cellule à loggia témoin orientée au sud.

Selon une étude faite par Enertech¹, l'abaissement ou la croissance de la température dans les logements, ne peut être que le résultat d'une action collective et cohérente de l'ensemble des locataires.

Givoni² confirme également l'importance des échanges entre étages, particulièrement quant-il s'agit d'unités intérieures qui ont des voisins de chaque côté, au dessus et en dessous, et affirme que : la construction étant chauffée ou conditionnée, la demande en énergie par unité résidentielle pour une qualité thermique donnée de l'enveloppe est réduite. Ce fait est appuyé par l'expression de P. Lavigne³ : « Si un compartiment est moins chauffé, il joue partiellement un rôle pour ceux qui l'entourent, d'espace tampon et, selon une terminologie, il vole de la chaleur. »

D'après M. Gorgolowsky⁴, les dalles de planchers et de plafond des immeubles multi étagés constituent en général, les régions principales d'inertie thermique. Les échanges se font principalement à travers ces parois horizontales, puisqu'il y'a une ascendance de l'air chaud en direction du plafond, et par suite une conduction de la température se fait à travers la paroi en béton non isolé en direction de l'étage suivant.

Le taux de chaleur transféré par convection naturelle dépend de la position de la surface chaude, il est maximal lorsque le plancher est la surface la plus chaude et minimal quand le plafond est la surface la plus chaude⁵.

Il en découle de ce constat, et de cette lecture qu'on ne peut attribuer à la loggia vitrée seule, le confort constaté dans le séjour, cependant l'écart de température observé par rapport au séjour témoin placé sous les mêmes conditions, met en évidence la contribution positive de la loggia vitrée à rapprocher l'ambiance intérieure de la limite du confort hivernal.

La courbe de températures de l'air du séjour lié à la loggia vitrée connaît des fluctuations de 2,4°C pour le premier jour et de 0,9 pour le troisième jour. Ces fluctuations sont relativement réduites vis-à-vis de celles du 2^{ème} jour de l'investigation atteignant 3,7°C. L'explication de la raison de l'importance exceptionnelle des fluctuations de températures observées le 2^{ème}

¹ ENERTECH. Etude sur la « basse énergie » appliquée aux bâtiments anciens. Faisabilité technique et économique. Juin 2005. <http://perso.club-internet.fr/Sidler>

² Givoni B. *Climate considerations in building and urban design*. 1998, p220

³ Pierre Lavigne et coll. *architecture climatique. Une conception au développement durable*. Edissud. 1994. tome 1. p88

⁴ Mark Gorgolowsky. *L'inertie thermique des batiments : mythes et réalités. Avantage acier été* 2004. [en ligne]

⁵ Givoni B. *Climate considerations in building and urban design*. 1998, p 110

jour, alors que celles enregistrées dans le séjour témoin étaient moins importantes (3,1 °C) le jour même, est donnée par la figure 6.3, qui a révélé l'existence de fluctuations importantes dans le volume de la loggia vitrée, le séjour en était fortement influencé.

En effet, les observations enregistrées parallèlement aux relevés de températures, montrent que le 2^{ème} jour, la fenêtre de liaison dans la CVs* était ouverte pendant 24 h à partir de 10h. Le séjour a pleinement profité des gains directs pendant les heures ensoleillées, et de l'air préchauffé dans la loggia vitrée. Il a été également fortement sollicité, aussi bien par la restitution de la chaleur stockée que par les déperditions thermiques à travers le vitrage extérieur de la loggia vitrée.

Contrairement à la cellule témoin CTs*, ou la fermeture de la fenêtre de liaison s'avère une nécessité pour la protection contre les agents défavorables du climat, les habitants de la CVs* se permettent d'ouvrir la fenêtre pour profiter de la chaleur cumulée dans la loggia vitrée, ou par simple indifférence ou ignorance de la gestion de la relation séjour-loggia.

Durant les heures d'ensoleillement, une portion de la chaleur est absorbée par la masse des murs et des toitures et toutes les surfaces de frontière et des meubles de l'espace intérieur¹, et ce n'est que le reste qui est transmis à l'intérieur². La portion de chaleur non absorbée par les éléments de stockage accroît la température de l'air à l'intérieur de la loggia vitrée. Lorsque la fenêtre du mur de fond est maintenue ouverte, l'air neuf préchauffé dans la véranda (loggia vitrée) migre vers le séjour par convection naturelle, et sert à établir le confort.

Si, pendant que la liaison est maintenue entre l'espace intérieur et son extension, la température dans le séjour a atteint sa valeur maximale (de 24,2 °C) à 24h, alors que théoriquement elle devait diminuer suite aux déperditions à travers le vitrage ; on peut déduire directement que la température de l'air de la loggia vitrée a connu un accroissement considérable en ce moment, et que la quantité de chaleur emmagasinée dans les parois du volume vitré est importante.

* CVs : Cellule à loggia vitrée orientée au Sud.

* CTs : Cellule à loggia témoin orientée au Sud.

¹ Jens Pfafferoth and al. *Design of passive cooling by night ventilation: evaluation of a parametric*

model and building simulation with measurements. Institute for Solar Energy Systems, Heidenhofstraße, Germany. *Energy and Buildings* 35 (2003) pp 1129–1143

² Givoni B. *Climate considerations in building and urban design*. 1998, p 150

Dans ce cas, pourquoi le séjour n'a pu bénéficier autant de cette remarquable quantité de chaleur emmagasinée, la nuit?

En effet cet espace tampon, est caractérisé par la totalité de parois mis à par la portion vitrée, construite en béton nu, préfabriqué plus dense que celui coulé sur place, est donc ayant une meilleure conduction de chaleur¹. Le plancher qui est une surface de stockage primaire est en béton de 10 cm d'épaisseur couvert de revêtements de sol en carreaux de couleur foncée, favorisant le stockage thermique. Le mur de stockage de fond est épais (20cm). Les coefficients d'absorption solaire des parois de la loggia varient entre 0,75 et 0,40 sachant qu'un coefficient supérieur à 0.6 est considéré comme élevé.² (Table 6.1)

Paroi	Matériau de composition principal	épaisseur	absorptivité	Rugosité
-------	-----------------------------------	-----------	--------------	----------

¹ Site : <http://perso.orange.fr>

²Programme d'action PACER – Energies renouvelables. *Architecture climatique équilibrée. Conception, démarche et dimensionnement*. 1996

Paroi vitrée	Béton préfabriqué	20 cm	0,40	Relativement Lisse
Paroi latérale de la loggia	Béton préfabriqué	15 cm	0,40	Relativement Lisse
Mur de fond de la loggia	Béton préfabriqué	20 cm	0,40	Relativement Lisse
Plancher	Béton préfabriqué	10 cm	0,75	Relativement Lisse
Toiture	Béton préfabriqué	10 cm	0,40	Relativement Lisse

Table 6.1 *Caractéristiques principales des parois de la loggia.*

Selon R. D. Seifert¹, dans le cas d'une grande masse thermique employée dans la véranda, la grande majorité de la chaleur solaire sera usée dans la véranda, et n'atteint jamais la maison.

La description de la loggia vitrée informe de sa grande masse thermique, incorporée dans le plancher, plafond et murs, mais l'emplacement le plus rentable pour la masse thermique est le sol et le mur de fond qui reçoivent directement la radiation solaire. Cette importante masse thermique va constituer une entrave à sa performance thermique, vis-à-vis de l'espace adjacent, sachant qu'un mur trop épais transmet peu de chaleur et son rendement reste faible, c'est pour quoi le stockage de la chaleur en prévision des jours nuageux conduit à augmenter la superficie du mur capteur et non son épaisseur.¹

Deux moyens permettent le transfert de la chaleur de la loggia vitrée vers l'espace adjacent. La convection conduit l'air préchauffé à l'intérieur par les ouvertures, et la conduction du mur

¹ Richard D. Seifert. The Attached solar greenhouse. November 2006. [en ligne] www.uaf.edu/ces/faculty/seifert

de séparation. La première alternative est la meilleure, pour le chauffage de l'espace adjacent, cependant elle exige l'installation d'une isolation sur la face extérieure du mur de liaison, qui valorise efficacement les apports de chauffage même ponctuels et freine le reflux de la chaleur du séjour vers la véranda. Le séjour peut mieux bénéficier de la chaleur stockée, en fin de soirée.

En absence du rayonnement solaire, et d'une isolation adéquate, les surfaces des parois commencent à se refroidir et par suite la paroi commence à se décharger de la chaleur stockée, cela se produit également dans le mur de fond : la chaleur accumulée s'écoule dans les deux directions vers le séjour et surtout en direction de la loggia vitrée, par défaut d'isolation au niveau du stockage.

La réponse à la question est là : Suite à l'existence de deux problèmes sérieux qui sont, la grande masse thermique de la véranda, et l'absence de l'isolation, le séjour se trouve incapable de bénéficier de la chaleur absorbée autant que son extension. Cependant le rôle de tampon thermique que joue la loggia vitrée équilibre cette déficience pendant la nuit, et retarde le refroidissement de la structure intérieure de l'espace adjacent.

Conclusion

- Le calcul de gains établis par la fermeture de l'espace loggia par du vitrage, a montré un excédent de température de 2,2°C en moyenne sur le total de la période de l'investigation, Avec une mauvaise gestion de liaison séjour-loggia vitrée, et pour une orientation sud, la loggia vitrée est donc un espace rapportant des calories importantes pour le chauffage de l'espace adjacent, et une économie dans la consommation de l'énergie.

- La température dans le séjour adjacent reste gouvernée par l'inertie thermique importante des parois, et le comportement des usagers.

- On note aussi qu'en moyenne pendant plus de 20 heures par jour, la température du séjour lié à la véranda est supérieure à la température dans le séjour témoin. Et on peut confirmer que la loggia vitrée joue le rôle de capteur solaire et d'espace tampon, qui protège l'espace intérieur, régule sa température et fait que cette dernière se situe dans l'intervalle 19,2 à 24,2°C, dépassant ainsi la limite du confort thermique hivernal, et rapportant des degrés de températures précieux pour le confort thermique. (Table 6.2)

¹ Mazria Ed. *Le guide de l'énergie solaire passive*- éditions parenthèses, 1981. p180

	Air extérieur	Loggia témoin CTs	Loggia vitrée CVs
Température minimale	4,3°C	10,7°C	13,5°C
Température maximale	17,2°C	19,4°C	20,3°C
Amplitude de température dans l'espace	12,9°C	8,7°C	6,8°C
Moyenne* des températures de l'air	10,3°C	10,28°C	18,14°C
Gain moyen en température sur le total de la période de l'investigation		0°C	2,2°C
Valeur maximale de l'écart entre les deux séjours		- 3,1°C	+ 3,1°C

Table 6.2 *Résultats du suivi expérimental relatifs à la saison froide pour une orientation Sud.*

6.2.1.2 Interprétation des résultats pour l'orientation Ouest

Cellule témoin "CTo"

La courbe de températures dans le séjour de la cellule témoin orienté en plein ouest (figure 6.8), montre des variations de températures de 3,3°C ou la limite inférieure enregistrée est de 20°C tandis que la limite supérieure est de 23,3°C.

La loggia présente un champ de fluctuations plus large de 15,8°C, et atteint des températures assez basses arrivant à 9,3°C la nuit.

la valeur maximale de 25,1 °C enregistrée à 14h est le résultat du rayonnement solaire participant à accroître la température de l'air dans l'espace tampon. Ce pic de température

* Le calcul de la moyenne des températures de l'air de la loggia vitrée est établi seulement pour les heures où la fenêtre de liaison entre la loggia vitrée et le séjour était fermée.

enregistré dans la loggia et apparent au milieu de la figure 6.8, voit son effet regagné dans le séjour par restitution, après plusieurs heures (environ 8 h).

Les mêmes constatations faites pour l'orientation sud, se manifestent pour une orientation ouest :

- Une faible amplitude de températures intérieures (séjour), de $3,3^{\circ}\text{C}$ comparé à $15,8^{\circ}\text{C}$ d'amplitude de température dans la loggia.
- Une restitution de la chaleur stockée par un déphasage d'environ 8h.
- Les courbes de températures de l'air du séjour et de son extension, prennent des trajectoires différentes dans le sens, mais cette fois-ci, elles se croisent entre 12 et 18h, pour le premier et le deuxième jour de l'investigation, ceci s'explique par l'importance de gains solaires reçus par la loggia l'après midi. La loggia est un espace qui met le séjour en retrait, le protégeant du vent, et le privant des gains instantanés pendant les heures d'exposition au soleil. Cependant, plusieurs heures après disparition de soleil, les gains indirects sont là : la restitution de la chaleur au niveau du séjour et le déclin des températures extérieures élargissent l'écart de température entre les deux locaux.

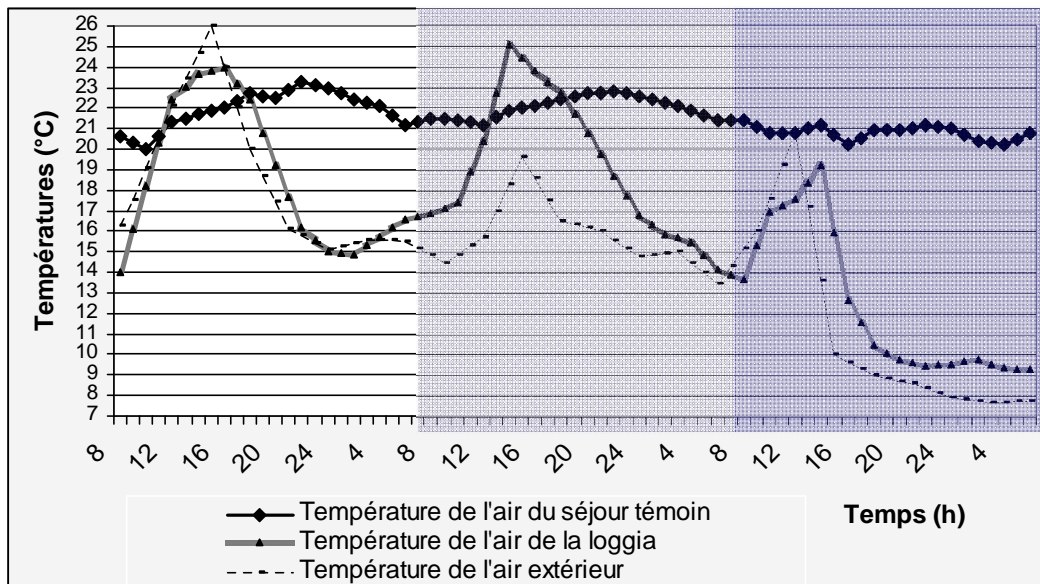


Figure 6.8 Variation horaire de la température dans une cellule témoin (CTo) orientée à l'Ouest.

Cellule à loggia vitrée "CVo"

La figure 6.9 montre les limites minimale et maximale de températures enregistrées dans la loggia vitrée, qui sont $18,3$ et $22,7^{\circ}\text{C}$ pour le premier jour, 20 et $22,2^{\circ}\text{C}$ pour le second, et

14,6 et 20°C pour le troisième. L'amplitude moyenne de variations de températures dans la loggia vitrée est de 4°C.

Or, la courbe de températures dans le séjour adjacent, montre les limites suivantes : 20,6 et 22,7°C pour le premier jour, 21,8 et 23,8°C pour le second, et 20,3 et 23°C pour le troisième. L'amplitude de variations de températures dans l'espace séjour est de 3,2°C. Le séjour présente donc moins de fluctuations de températures, et une certaine stabilité vis-à-vis de la loggia vitrée sujette aux manifestations de gains et déperditions, stockage et déstockage.

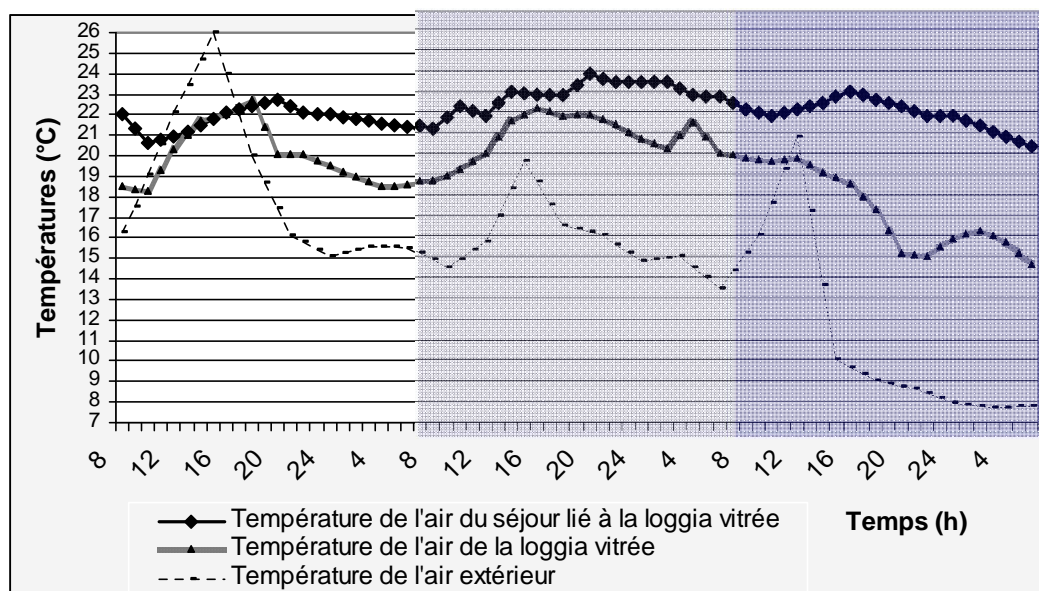


Figure 6.9 Variation horaire de la température dans une cellule à loggia vitrée (CVo) orientée à l'ouest.

Le confort thermique y est établi pour toute la séquence de l'investigation dans la mesure où la température minimale est de 20,3°C, pendant que la maximale est de 23,8°C.

Les pics de températures observés dans la loggia vitrée pendant le premier et le deuxième jour, ne sont pas relatifs aux heures d'ensoleillement, mais plutôt, à la rediffusion de la chaleur absorbée par la masse de la loggia vitrée. En absence de gains directs, la loggia vitrée a joué le rôle d'espace tampon, freinant le passage de la lumière directe du soleil au séjour. Cependant, les gains indirects stockés dans sa structure, ont participé à élever la température nocturne du séjour.

La figure 6.10, qui illustre la comparaison des courbes de températures des deux séjours : lié à la loggia témoin et celui lié à la loggia vitrée, indique des fluctuations de températures dans le

séjour de la CVo* et des températures plus stables dans la CTo*, pour le 2^{ème} jour, alors que théoriquement l'inverse devait se produire.

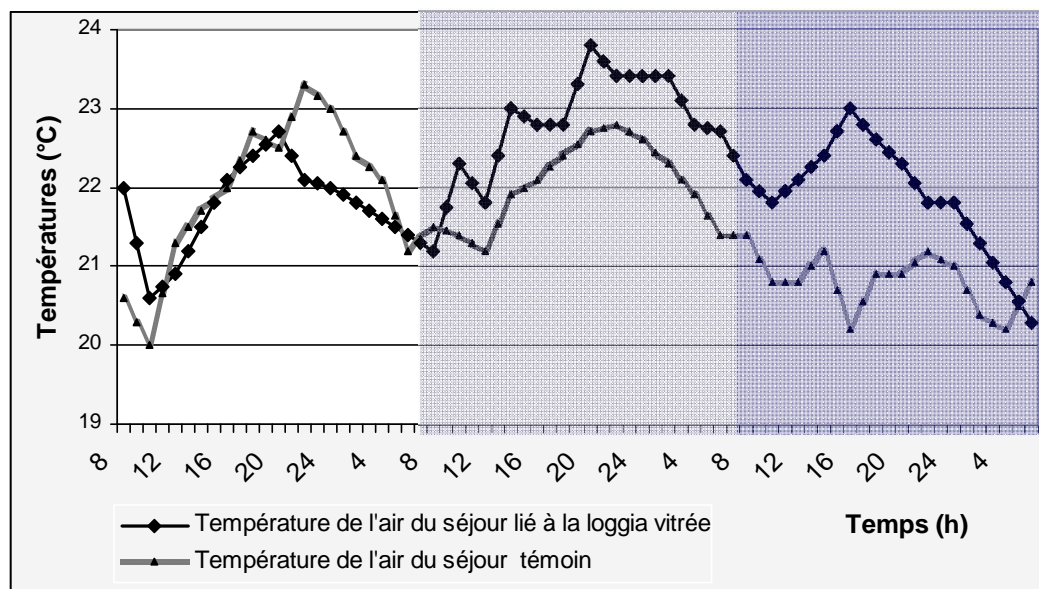


Figure 6.10 Variation horaire de la température entre les deux séjours orientés à l'Ouest.

La lecture des graphiques accompagnée d'observations sur le scénario d'occupation, dévoile une réponse de la véranda (loggia vitrée) similaire au cas précédent.

La liaison séjour-loggia vitrée est maintenue entre 12 et 22h par ouverture de la fenêtre percée dans le mur de fond, comme la loggia vitrée est soumise aux gains et pertes thermiques, le séjour n'en a pas été épargné.

Etude comparative des deux cellules

La comparaison entre les deux espaces tampon, indique que les fluctuations de températures dans la loggia pour la séquence entière sont de 15,8°C, alors que dans la loggia vitrée elles sont de 8,1°C, soit un rapport de 1/2 environ.

La nuit, la température de la loggia vitrée est supérieure à celle de la loggia témoin de 6,1°C en moyenne, mais inférieure le jour, avec un écart allant jusqu'à 2,9°C. (Figure 6.11)

* CVo : cellule à loggia vitrée orientée à l'Ouest.

* CTo : cellule témoin orientée à l'Ouest.

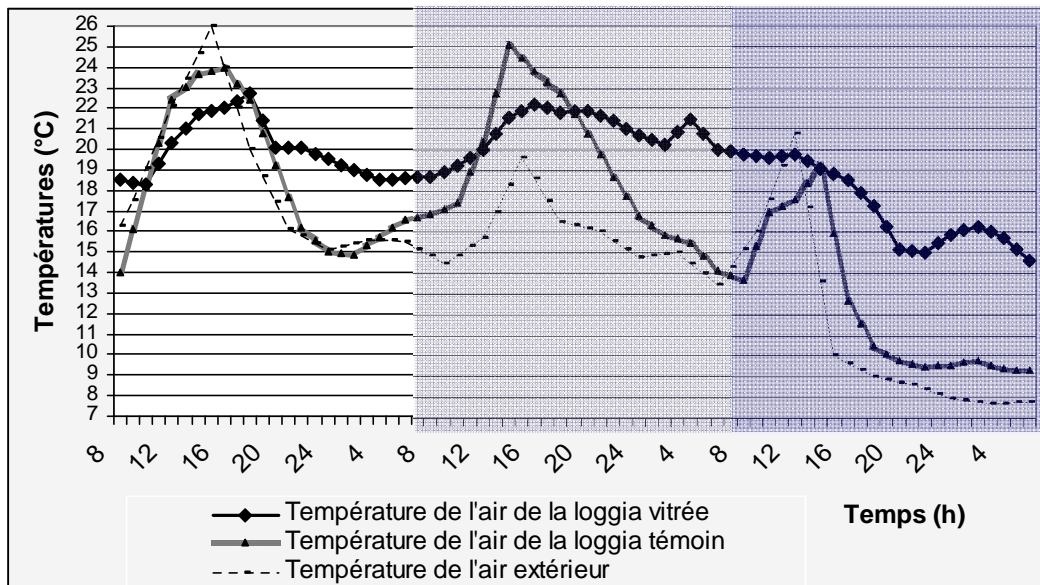


Figure 6.11 Variation horaire de la température entre loggia témoin et loggia vitrée orientées à l'Ouest.

* Avec l'importante de la radiation solaire qu'offre le climat de Constantine, on s'attendait à des pics de température considérables produits dans la loggia vitrée par effet de serre ; or notre investigation a donné des résultats imprévus : la température dans la loggia témoin est parfois supérieure à celle de la loggia vitrée.

Ceci est dû à la nature de la loggia vitrée, qui peut être qualifiée d'espace peu vitré, jouissant d'une grande masse thermique. Contrairement aux pics observés dans la loggia, dus aux gains directs, et à l'élévation ponctuelle de la température, les parois de la loggia vitrée absorbent la chaleur, grâce à l'inertie thermique considérable de sa structure et au taux de renouvellement d'air réduit dans son volume, qui inhibe les échanges convectifs et favorise par suite l'absorption de la chaleur par la masse thermique, en empêchant qu'il se crée une surchauffe dans son volume. L'effet des apports solaires est apparu plus tard pendant la nuit.

L'effet de serre est d'autant plus affirmé dans les espaces fortement vitrés tels que les serres qui présentent une grande surface de captage, et une bonne isolation thermique. Dans notre cas la loggia vitrée est un espace tampon «non chauffé» situé entre un espace intérieur et l'extérieur. Il est dit «dynamique» puisque il n'est pas chauffé seulement par les pertes de chaleur des espaces chauffés contigus, mais aussi par des gains solaires¹.

¹ Programme d'action PACER – Energies renouvelables. *Architecture climatique équilibrée*
Conception, démarche et dimensionnement. 1996

L'espace vitré joue un double rôle ; augmente le captage solaire pendant les journées ensoleillées, on peut estimer que les pertes du local intérieur à travers la paroi mitoyenne sont réduites de moitié par présence de cette espace tampon¹, et corrige la défektivité de l'enveloppe. D'après P. Lavigne : « Les espaces tampons réduisent de façon d'autant plus importante la conductance totale d'un espace habitable que la conductance de l'espace habitable est grande. »²

La nuit, la situation est inversée, la loggia vitrée connaît des valeurs supérieures à celles de la loggia ouverte à l'air extérieur et très affectée par la déclinaison de sa température. Bien qu'il se produise le même phénomène dans les deux extensions comparées, il est important de signaler que le taux de ventilation dans la loggia fermée est moins important et par suite les échanges convectifs sont réduits dans son volume fermé par rapport à un espace semi ou totalement ouvert. Par conséquent, l'écart entre les températures maximales enregistrées la nuit dans ces deux espaces est plus important. Il matérialise de façon singulière la restitution de la chaleur emmagasinée dans la masse de la loggia vitrée et l'effet tampon de cet espace.

L'exemple le plus explicite est celui du 2^{ème} jour (figure 6.11), où la température maximale enregistrée dans la véranda est restée constamment au dessous de la valeur 22,2°C enregistrée à 16h, au moment d'apports solaires intenses pour une orientation Ouest ; alors qu'on a constaté de façon très surprenante que la température a atteint un pic de 21,5°C la nuit à 4h dans le même volume. Le déphasage de 8h quant à lui atteste de l'importance de l'inertie thermique du système. En stockant la chaleur la journée, l'inertie évite seulement la montée en température de jour, en reportant le confort vers la nuit³.

Les valeurs de températures enregistrées dans le séjour lié à la loggia vitré sont supérieures à celles du séjour témoin pour le 2^{ème} et 3^{ème} jour. Avec un écart maximal de 2,8°C. (Figure 6.10)

Cette valeur témoigne de l'apport thermique considérable de la loggia vitrée orientée à l'ouest pour son espace adjacent. Mais il reste à déterminer la cause de l'exception observée entre midi et 20h le premier jour de la campagne de mesures.

¹ Mazria Ed. *Le guide de l'énergie solaire passive*- éditions parenthèses, 1981. p 219

² Pierre Lavigne et coll. *architecture climatique. Une conception au développement durable*. Edissud. 1994. tome 1. page 169

³ Richard D. Seifert. The Attached solar greenhouse. November 2006. [en ligne] www.uaf.edu/ces/faculty/seifert.

Une lecture du scénario d'occupation montre que la liaison séjour- véranda est maintenue pour cette plage horaire, par ouverture de la fenêtre de liaison, ce qui a permis d'abaisser sa température et par conséquent celle de l'espace adjacent. A ce stade, il est important de souligner l'importance du rôle de l'occupant dans la gestion des apports solaires gratuits.

Conclusion

Le calcul de gains établis par la fermeture de l'espace loggia par du vitrage, indique que 0,62°C en moyenne est gagné sur le total de la période d'investigation, Avec une gestion spontanée des apports solaires et des déperditions, par les occupants. Il est évident que l'apport énergétique de la loggia serait plus important, avec une gestion adéquate de la liaison séjour-véranda, une bonne isolation thermique du mur de séparation, et une réduction de l'infiltration de l'air dans l'espace vitré.

6.2.1.3 Comparaison entre les orientations Sud et Ouest

La comparaison des deux orientations sud et Ouest révèle la performance thermique de la loggia vitrée orientée au Sud, qui de par sa bonne exposition aux rayons solaires bas de l'hiver, et la durée d'exposition d'environ 10 heures par jour, elle a l'avantage de pouvoir collecter des gains de chaleur importants et les transférer aux espaces contigus. L'apport moyen calculé dans la cellule à loggia vitrée orientée au Sud pour toute la période de l'investigation est de 2,2°C, alors que celui calculé dans une cellule orientée à l'ouest est moins important et de 0,62°C.

Malgré le bon ensoleillement et les radiations solaires qui sont de 344 wh/m² pour le mois d'Avril sur un plan vertical¹ à Constantine, et en absence d'obstacles et de masques environnementaux dans le site, on a constaté que la température de la loggia vitrée orientée à l'Ouest, a connu des valeurs inférieures à 22,7° C.

C'est en se tenant dans cet espace qu'on trouve l'explication : il existe un problème majeur qui est les déperditions thermiques. Ces déperditions sont assez importantes pour s'opposer au piégeage du rayonnement solaire et pour constituer un deuxième obstacle à une surélévation de la température de la loggia vitrée (La masse thermique, tel qu'il a été expliqué plus haut étant le premier).

¹ O.N.M

Une infiltration d'air à travers les liaisons acier- verre est perçue. Le vitrage qui constitue un élément faible dans l'enveloppe d'un bâtiment est monté sur une structure en acier dont la conductance est considérable, l'étanchéité défectueuse de ce montage laisse filtrer un filet d'air qui accélère ainsi la perte de chaleur. L'âge de la construction (construite entre 1986-1994) aggrave la situation.

Les arrêtes et les joints entre les éléments préfabriqués augmentent les déperditions thermiques. La liaison entre les panneaux est faite en mortier monolithique non élastique ou apparaissent toujours des fentes créatrices de ponts thermiques, qui facilitent le passage de la chaleur vers l'extérieur et augmentent le risque de pénétration de l'eau¹ par les liaisons, et de condensation sur les cloisons internes. La capacité d'absorption des surfaces internes est par suite réduite, et les tensions de vapeur d'eau sont plus élevées², les déperditions thermiques sont alors accélérées par la condensation³.

Selon B. Givoni⁴ L'isolation par l'extérieur, étant inexistante, les problèmes de condensation sont les plus aigus dans les constructions préfabriquées que dans les constructions ordinaires. (Figure 6.12).



Figure 6.12 *Correction des ponts thermiques au niveau des liaisons entre panneaux par les usagers des logements du site d'investigation*

¹ J.K. Latta . 01-10-1969. Murs préfabriqués en béton ; difficultés créées par leur tracé habituel.

[en ligne]http://irc.nrc-cnrc.gc.ca/pubs/cbd/index_f

² Givoni B. *Climate considerations in building and urban design*. 1998. pp 191- 192.

³ Archi bio p72

⁴ Givoni B. *Climate considerations in building and urban design*. 1998, p195

La fuite de l'air seule, cause la plus grande perte d'énergie dans la plupart des maisons¹. Les pertes de chaleur se produisent principalement par conduction à travers les surfaces externes et par infiltration et ventilation à travers fissures et ouvertures dans l'enveloppe de bâtiment².

Selon C.A. Roulet³, les gains solaires ne peuvent apporter une part importante des besoins en chauffage que dans les bâtiments bien isolés. Cette part est non négligeable: dans un bâtiment ordinaire, elle avoisine 10 % des besoins, mais elle peut atteindre 50 % dans les bâtiments bien conçus.

Le placement d'une isolation mobile nocturne s'impose, puisque les plus importantes déperditions se produisent la nuit. Selon Ed. Mazria⁴, un simple vitrage équipé d'une isolation nocturne a un meilleur rendement qu'un double vitrage sans isolation

6.2.1.4 Interprétation des résultats pour l'orientation Est

Cellule témoin "CTe"

Il est crucial de rappeler que l'investigation qui a eu lieu pour l'orientation Est, se faisait sous un ciel couvert où, seul le rayonnement diffus est présent.

La température de la loggia liée à la cellule témoin orientée à l'Est (CTe) variait entre 9,3 et 18,8 °C selon une amplitude de 9,5°C, pendant que la température maximale enregistrée dans le séjour est de 24,9°C et la minimale est de 18,9°C, soit une amplitude de 6°C moins pointue que celle de la loggia. (Figure 6.13)

Les graphiques montrent qu'en aucun moment de la séquence choisie pour le suivi expérimental, la température de loggia n'a dépassé celle du séjour. La loggia a joué un rôle tampon pour l'espace séjour contigu.

¹ Ken Olson and Joe Schwartz . A passive solar design primer. home sweet solar home. 2002 [en ligne] www.sbicouncil.org

² G. Mihalakakou, A. Ferrante University of Athens, Greece. *Energy conservation and potential of a sunspace: sensitivity analysis*. Energy Conversion & Management 41 (2000) pp1247-1264

³ Claude-Alain Roulet. *L'énergie au futur*. ADER. 28 janvier 2002. [en ligne] www.ader.ch/index2.php

⁴ Mazria Ed. *Le guide de l'énergie solaire passive*- éditions parenthèses, 1981. p193

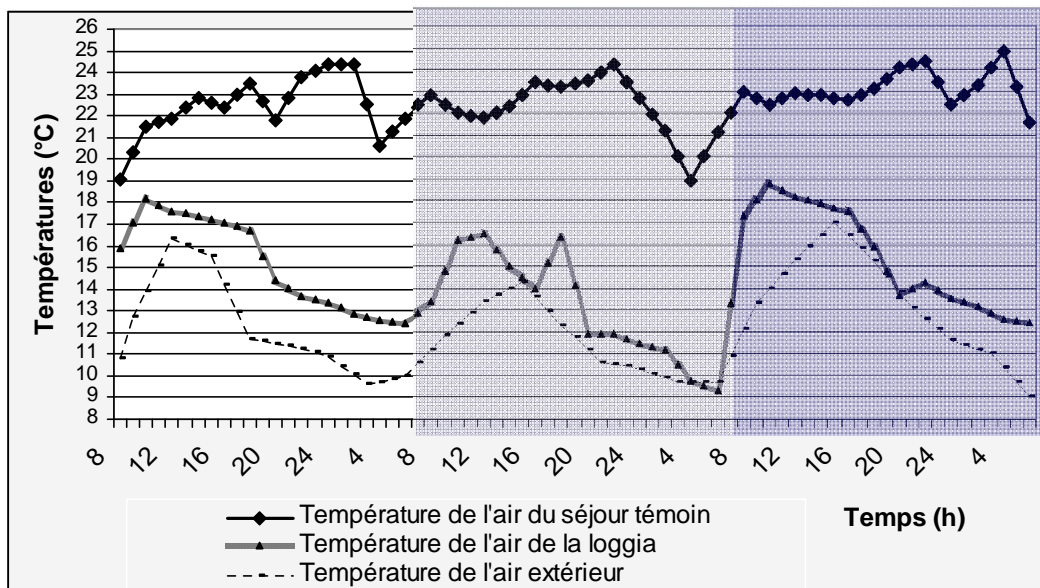


Figure 6.13 Variation horaire de la température dans une cellule témoin (CTs) orientée à l'Est.

Les courbes de températures indiquent un écart assez grand qui a atteint la valeur de 11,9°C la nuit, entre la loggia et le séjour, et attestent de la qualité thermique de la paroi de liaison de la loggia, en effet les 20 cm d'épaisseur d'un matériau lourd tel que le béton est capable de retarder le passage du flux de chaleur de l'intérieur vers l'extérieur et vis versa, et de protéger l'espace intérieur de l'air froid extérieur.

Il est à noter également que la température intérieure du séjour (T_i) se situe dans les limites du confort pour les mêmes raisons expliquées antérieurement. (Gains à travers les murs mitoyens).

Cellule à loggia vitrée "CVe"

A partir de la figure 6.14, on peut voir que la température de l'air de la loggia vitrée varie dans l'intervalle de 14,7 et 23,1°C, pendant que la température à l'intérieur du séjour fluctue entre 20,9 et 23,7°C.

La loggia vitrée de la cellule orientée à l'Est (CVe) a connu donc des variations de température plus importantes évaluées à 8,4°C. Alors que le séjour contigu avait une variation maximale de 5,3°C pendant la période rapportée.

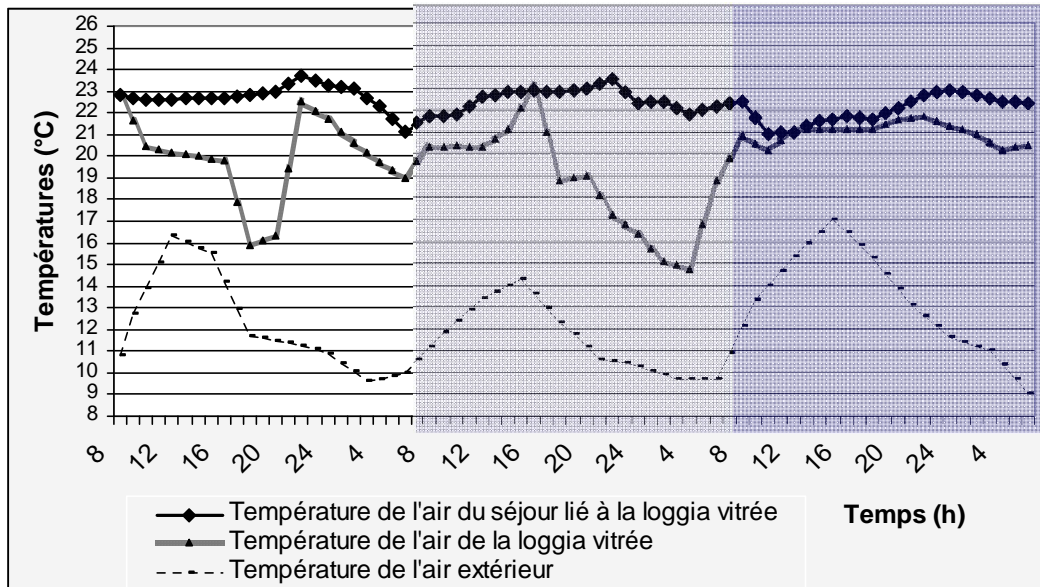


Figure 6.14 Variation horaire de la température dans une cellule à loggia vitrée (Cve) orientée à l'est

La figure 6.15 montre une comparaison entre les loggias des deux cellules Cve*, et Cte*, et fait ressortir que la loggia vitrée se trouve avec des températures plus élevées que la loggia témoin : le 2^{ème} jour, on a enregistré un écart maximal de 9,1°C à 16h. La température moyenne de la loggia durant l'investigation est de 14,57°C alors que celle de la loggia vitrée est de 19,87°C, l'écart de 5,3°C entre les deux extensions sous un ciel couvert, indique nettement l'effet tampon de la loggia vitrée.

* CVo : cellule à loggia vitrée orientée à l'Ouest.

* CVo : cellule à loggia vitrée orientée à l'Ouest.

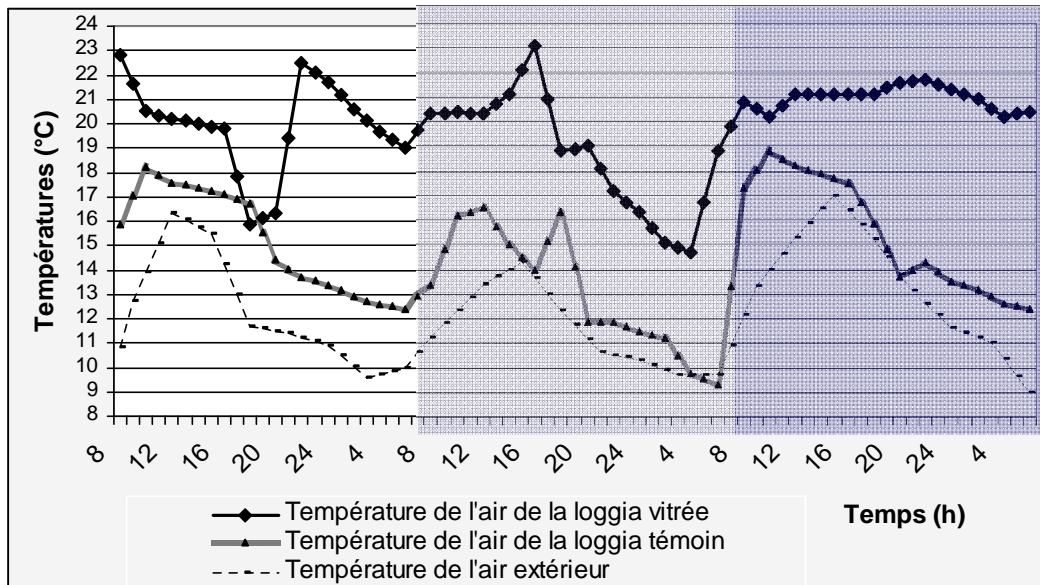


Figure 6.15 Variation horaire de la température entre loggia témoin et loggia vitrée orientées à l'Est.

L'addition de la véranda à caractère régulateur devrait conduire à une température dans le séjour plus élevée, or la figure 6.16 révèle que la fréquence avec laquelle la température du séjour de la CVe (lié à la loggia vitrée) est supérieure à celle du séjour témoin 58% du temps total de la période de l'investigation. (Figure 6.16 et 6.17)

Par contre le séjour témoin (CTe) se trouve avec des températures supérieures au séjour adjacent à la loggia vitrée avec un pourcentage de temps de 37% sur le total de la période de l'investigation. L'écart entre les températures moyennes des deux espaces s'approche de zéro.

L'origine de la déféctuosité observée dans le séjour lié à la loggia vitrée est relative au comportement des usagers.

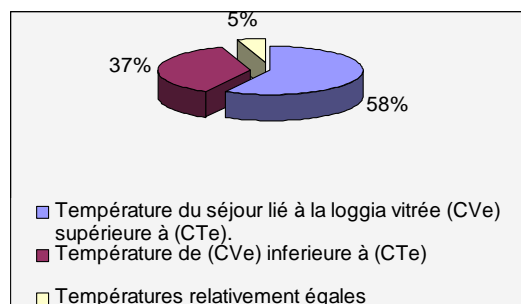


Figure 6.16 Comparaison entre la température du séjour lié à la loggia témoin (CTe*) et celui lié à la loggia vitrée (Cve*), pour la durée totale du suivi expérimental.

* CTe : cellule à loggia témoin orientée à l'Est.

* Cve : cellule à loggia vitrée orientée à l'Est.

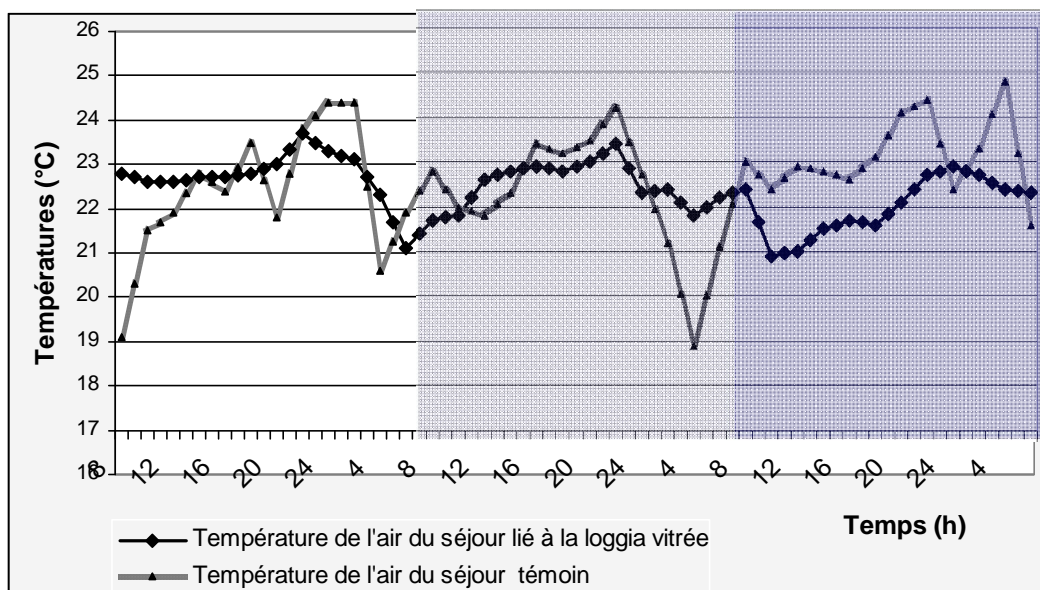


Figure 6.17 *Variation horaire de la température entre le séjour liée à la loggia vitrée et le séjour témoin, orientés à l'Est.*

En effet, la lecture des observations enregistrées simultanément avec les températures et les humidités de l'air, décrivant le scénario d'occupation, montre que les habitants ont gardé une liaison directe du séjour avec la loggia vitrée, entre 10 et 14 heures pour les trois jours de la campagne de mesures, à travers l'ouverture de la fenêtre de liaison. Ce comportement est idéal seulement en présence d'apport énergétique solaire, or il est important de rappeler que le ciel était couvert pour la séquence climatique rapportée, l'ouverture était une source de grandes déperditions thermiques vers l'espace vitré.

La protection de la lumière solaire réalisée par fermeture des persiennes par les habitants de la cellule témoin CTe entre 14h et 16 h (moment de la sieste), a réduit les déperditions vers l'extérieur, et par conséquent l'écart de températures entre les deux séjours et également réduit.

Conclusion

Les observations issues de l'étude de la performance de la loggia vitrée sous un ciel couvert, soulignent :

- Le caractère régulateur de la loggia vitrée.
- L'importance du comportement des usagers dans l'établissement des situations de confort.
- Les caractéristiques thermiques du vitrage simple qui est une source de déperditions vers l'extérieur durant la nuit et les journées nuageuses.

6.2.1.5 Conclusion sur l'investigation de la période froide

- La véranda doit favoriser la pénétration et le captage solaire, en période froide, pour cela, l'orientation sud est la meilleure puisque elle reçoit plus de contributions solaires, une bonne proportion de la surface de vitrage et des surfaces de stockage doit être mise en place.
- Plus la véranda est isolée, et l'infiltration de l'air dans son volume est réduite, plus elle est efficace pour le confort hivernal.
- Le dessin de la véranda doit favoriser les échanges convectifs avec l'espace adjacent.
- Afin de diminuer les pertes de chaleur, une attention toute particulière doit être portée à la suppression des ponts thermiques et à la réalisation de l'étanchéité du bâtiment.
- Bien isoler pour maintenir ces déperditions aussi basses que possible est indispensable au bon fonctionnement des systèmes passifs.
- La plupart des habitants ignorants du rôle thermique de la véranda sont loin d'agir correctement c'est-à-dire : en favorisant un échange d'air, lorsque la température de l'espace tampon est supérieure à celle de l'espace contigu, ou en isolant thermiquement le séjour de la véranda dans le cas contraire.
- L'isolation et l'inertie thermique, la superficie de la partie vitrée, l'orientation et le comportement des usagers sont les éléments clefs de la performance énergétique de la véranda.

6.2.2 Investigation représentative de la saison chaude

L'investigation sur la période estivale a eu lieu pendant le mois de juillet qui a connu des températures assez élevées.

6.2.2.1 Interprétation des résultats pour l'orientation Sud

Cellule témoin "CTs"

L'investigation sur la période chaude s'est déroulée du 04 au 07 juillet 2007.

La figure 6.18 indique les limites de températures de la loggia de la cellule témoin CTs,* qui sont 30,7°C enregistrée à 16 h, et 17,6°C enregistrée à 6 h, soit une amplitude 13,1°C. L'amplitude de températures dans cet espace, est la conséquence de son ouverture au vent et son exposition au soleil, notamment du climat semi aride de la ville de Constantine caractérisé par les deux rayonnements solaire et terrestre intenses. (L'amplitude des températures de l'air enregistrées par la météo dans la même période est de 18,3°C).

Les variations de températures dans le séjour de la même cellule CTs, dont la limite inférieure est 22,1°C enregistrée à 4 h, et la limite supérieure est de 28,8°C enregistrée à 18h, indiquent que le séjour est soumis à une grande amplitude qui correspond à 6,7°C, mais moins importante que celle de la loggia.

La profondeur de la loggia de 1,25m protège partiellement la paroi de fond et sa fenêtre ne reçoivent aucune radiation solaire directe, au milieu d'une journée du mois de juillet quant la déclinaison solaire¹ est de 20°30' . (Occultations, chapitre 4). La loggia étant un espace tampon plus exposé à l'extérieur, est sollicitée par le rayonnement solaire intense du mois de juillet pendant le jour. Inversement, la nuit elle regagne de la valeur du point de vue confort thermique. Son caractère ouvert, lui permet de profiter pleinement d'une ventilation nocturne. Le 1^{er} jour de l'investigation, présente de façon explicite le rôle tampon de la loggia et son effet sur la température intérieure.

* cellule témoin à loggia orientée au sud

¹ Programme Léonardo. [En ligne] <http://audience.cerma.archi.fr>

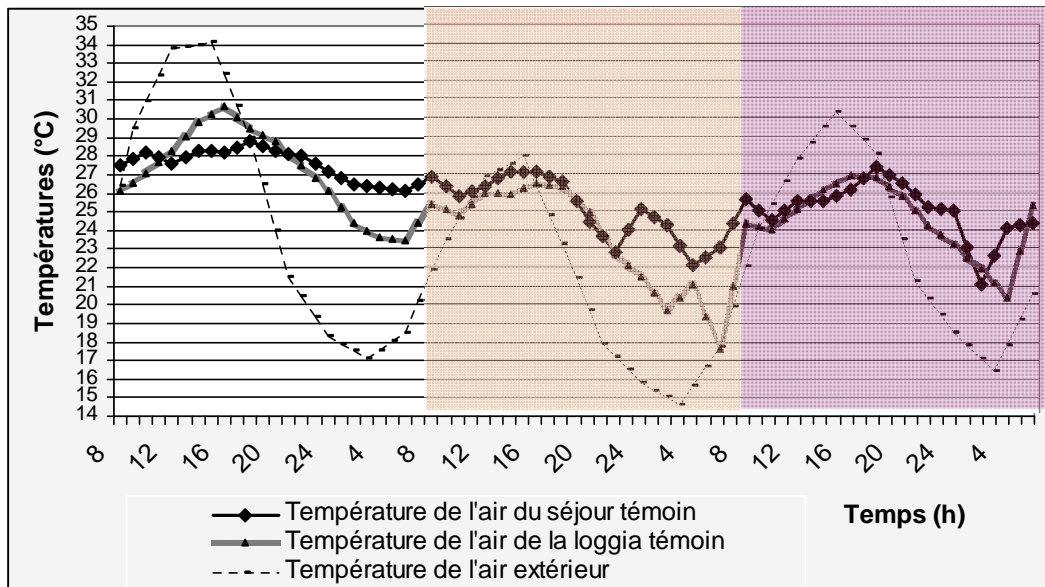


Figure 6.18 Variation horaire de la température dans une cellule témoin (CTs) orientée au Sud.

Cellule à loggia vitrée "CVs"

Quant à la CVs (Figure 6.19), les valeurs de températures mesurées dans la loggia vitrée indiquent des fluctuations de l'ordre de 5,1°C, ou la température minimale est constamment au dessus de 23,8°C, tandis que la maximale enregistrée est de 28,9°C. De part son orientation avantageuse, et compte tenu que la hauteur solaire atteint 74° vers midi, pour la période de l'investigation, la loggia vitrée ne gagne qu'une petite portion du rayonnement solaire dont l'intensité globale¹ est de 1949 wh/m².

Les pics de températures apparaissent sur la courbe, au milieu de la journée, et sont dus au rayonnement solaire et à l'élévation des températures de l'air, alors que la température minimale est observée dans la loggia vitrée au début de la journée. Cela est du à l'inertie thermique qui retarde le refroidissement de la structure jusqu'aux premières heures matinales (la restitution de la fraîcheur).

Le séjour adjacent, maintenant la liaison avec la loggia vitrée à travers la fenêtre ouverte toute la période d'investigation, et par conséquent, fortement influencé par les températures extérieures, marque les limites de 29,0°C à 14h et 23,9°C à 6 h.

¹ Office national de la météorologie, 2007.

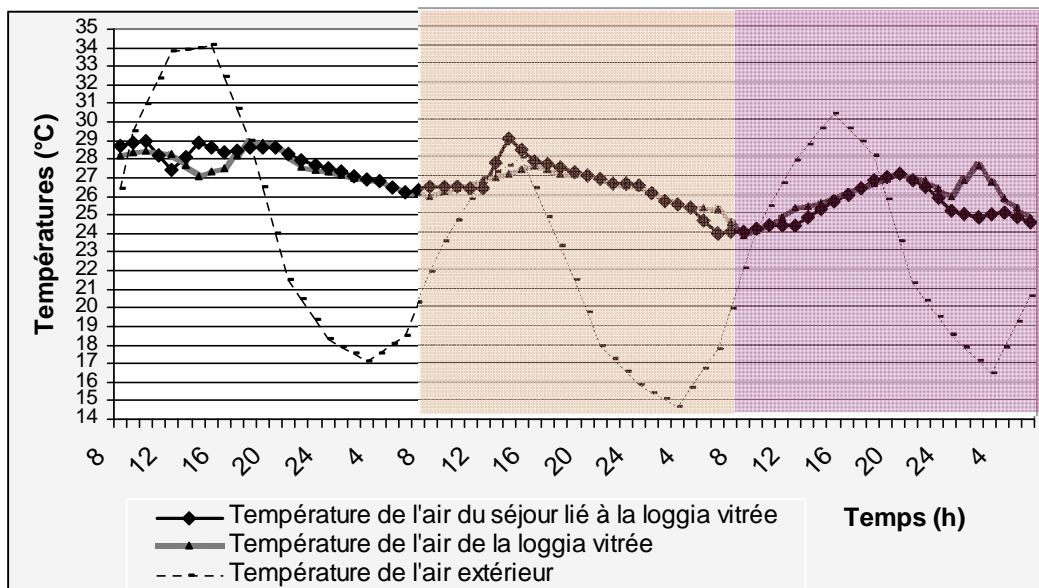


Figure 6.19 Variation horaire de la température dans une cellule à loggia vitrée (CVs) orientée au sud.

Ici, un souci d'évacuation de l'excès de chaleur cumulé dans le séjour s'exprime chez les usagers accompagné d'une ignorance de la meilleure gestion de la liaison loggia-séjour.

Contrairement à la saison de chauffe, ou la liaison doit être maintenue pendant la journée, entre le séjour et son extension vitrée ; en saison chaude, il est d'une importance cruciale d'isoler les deux locaux durant la journée, quant les températures sont élevées dans la véranda, et de maintenir la liaison directe par ouverture de la fenêtre dans un but de refroidissement nocturne de la structure. Cela favorise le bénéfice de la fraîcheur des températures extérieures. Cependant, la ventilation nocturne ne peut être efficace que s'il y a possibilité d'ouverture du volume de la véranda même à l'extérieur.

Etude comparative des deux cellules

L'amplitude de températures de la loggia vitrée est moins importante que celle de la loggia, pour les deux raisons suivantes (figure 6.20) :

- la loggia vitrée atténue les pics de températures, observés au même moment dans la loggia témoin, en agissant sur les températures maximales et minimales, en écrasant principalement les maximales¹.

- Le taux de ventilation naturelle du volume fermé de la loggia vitrée est réduit par rapport à celui de la loggia témoin, et les températures y fluctuent moins. D'autre part, la restitution des gains captés par la paroi vitrée de la loggia durant la journée participent à accroître sa température la nuit, au moment où les températures extérieures chutent.

La courbe de températures indique que, pour la durée totale de l'investigation, le volume de la loggia vitrée a maintenu constamment une température au dessus de 23,8°C. On assiste même à une restitution pendant la nuit dans le même espace, entraînant une surchauffe. L'exemple du 3^{ème} jour indique une valeur de 27,5 °C enregistrée vers 2h du matin dans la loggia vitrée au moment où la température de la loggia témoin était de 21,9°C seulement, et celle extérieure de 17,1°C, (voir extrême droite figure 6.20)

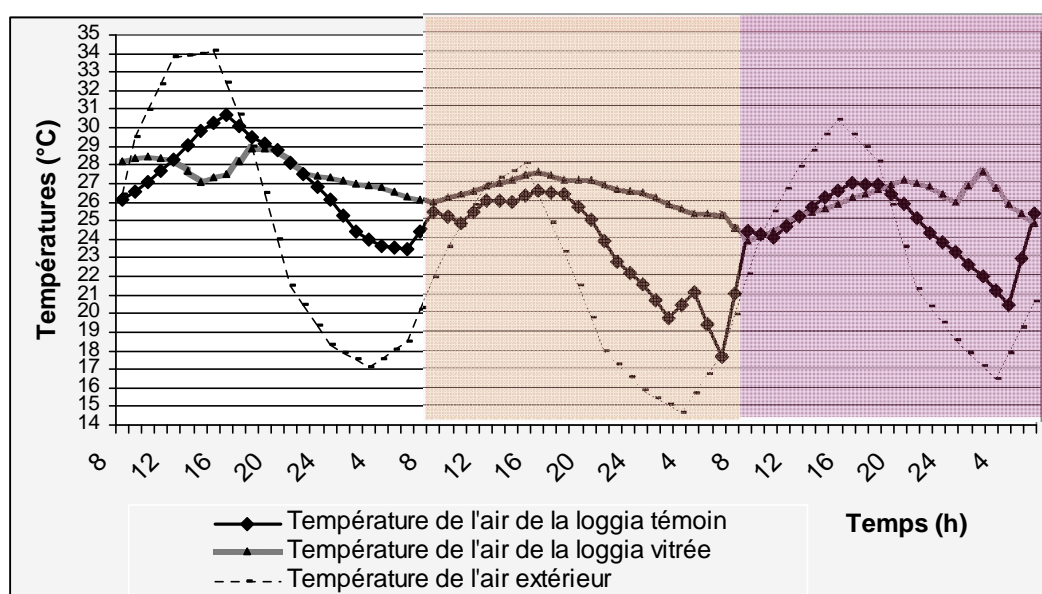


Figure 6.20 Variation horaire de la température entre loggia témoin et loggia vitrée orientées au sud.

À l'exception du 2^{ème} jour de l'investigation, les courbes de la figure 6.21, montrent que la loggia vitrée se trouve avec des températures au dessous de celles de la loggia témoin avec un pourcentage de 64% du temps total de la campagne de mesures, et de 36% sur la période diurne*. La loggia vitrée où on a supposé une élévation des températures diurnes, a révélé que

¹SOL.A.R architectes ingénieurs. *Conception thermique de l'habitat. Guide pour la région Provence-Alpes-côte d'azur. Région Pacca*. Edisud 1988. p60

* Le lever et le coucher de soleil se produisent pour le mois de juillet à 5 et 19h respectivement.

seulement le 1/3 de la journée, a connu des températures au dessus de celles équivalentes dans la loggia témoin en présence du rayonnement solaire.

Ce constat exposé mérite une interprétation et une explication logique :

Tel qu'il a été déjà expliqué dans l'analyse de l'investigation représentative de la saison froide, la masse thermique en est la cause majeure, en effet les parois de l'espace vitré absorbent la chaleur, retardant ainsi l'effet ponctuel du rayonnement solaire. La nuit, c'est l'inverse qui se produit ; la loggia témoin avec son aspect plus ouvert à l'extérieur, favorise les échanges convectifs, alors que la loggia vitrée, ne possédant qu'un simple ouvrant placé au centre de la paroi vitrée, se trouve avec un taux de renouvellement d'air réduit, et par conséquent, une difficulté d'évacuation de la chaleur restituée et de refroidissement de la structure par ventilation naturelle.

Et ce n'est que vers les premières heures matinales, (entre 4 et 6h) que les courbes se rapprochent, celle de la loggia témoin en attrapant le flux solaire, celle de la loggia vitrée en arrivant finalement à évacuer sa chaleur.

S'il y'a une cohérence entre les résultats du 2^{ème} et 3^{ème} jour, il n'en est pas autant pour le 1^{er}, ou l'on a constaté qu'entre 12 et 18h, la température de la loggia témoin a connu une élévation allant jusqu'à 5,2°C au dessus de celle de la loggia vitrée. En effet on attribue cet écart à une déclin de la température de la loggia vitrée, du au lavage et à l'étalage de la lessive dans son volume, ce qui a favorisé un important refroidissement de l'air par évaporation et par humidification. (Voir le pic inversé sur la gauche de la figure 6.21)

En se referant à la figure 6.19, on constate que la courbe de températures du séjour (thermiquement lié à la loggia vitrée à travers l'ouverture de la fenêtre de liaison le 1^{er} jour de l'investigation), indique une décroissance également, et une réduction de 1,6°C dans le séjour lié à la loggia vitrée, par comparaison au séjour témoin. Cette valeur est précieuse pour le confort estival, ou le refroidissement évaporatif direct est meilleur dans les climats secs à humidité relative moyenne estivale ne dépassant pas 40%.¹

¹ SAVE Project Team. University of Sheffield technologies and techniques. *The built environment education for the third millenium*. Supporting text for workshop presentation.1999

Si l'on prend 25,16 °C* comme valeur limite du confort estival, on réalise que la surchauffe existe et cet espace vitré devient inconfortable 91,66% du temps de la période entière de l'investigation. Mais qu'en est-il de l'espace adjacent ?

L'étude comparative des deux séjours indique que la température intérieure T_i du séjour lié à la loggia vitrée est supérieure à celle équivalente dans la CTs (cellule témoin) avec pourcentage de 55% du temps total de l'investigation (Figure 6.21). Des calculs plus précis issus de cette comparaison montrent que la température du séjour lié à la loggia vitrée est supérieure à celle du séjour témoin avec un pourcentage 36% du temps de la période diurne de l'investigation. Ce pourcentage constitue presque le même rapport (1/3) trouvé dans la comparaison des loggias, (les températures de la loggia vitrée sont supérieures à celles de la loggia témoin le 1/3 du temps total de l'investigation). Deux déductions peuvent être déduites de ce constat :

- 1- La température du séjour de la CVs est fortement influencée par la température de la loggia vitrée, du moment que la liaison entre les deux locaux, est maintenue.
- 2- Un problème de ventilation nocturne se pose.

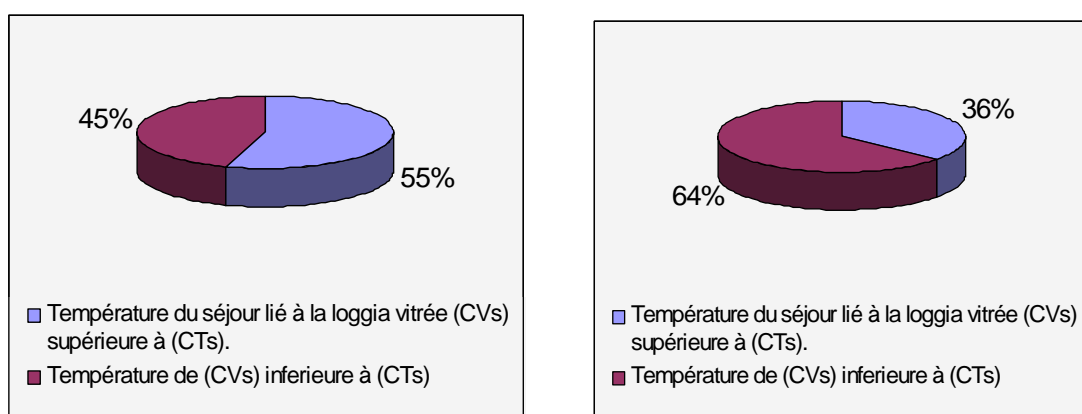


Figure 6.21 Pourcentage de temps ou la température du séjour de la CVs* est supérieure à celle du séjour témoin*, à gauche vis-à-vis de la durée totale du suivi expérimental, à droite vis-à-vis de la période diurne.

Un écart variant entre 0 et 3,8°C, en faveur du séjour témoin est indiqué par les courbes de températures de l'air enregistrées pendant la période nocturne. (Figure 6.22)

* matrice des isothermes.

* CVs : cellule à loggia vitrée orientée au sud.

* CTs : cellule à loggia témoin orientée au sud.

A la différence du premier et troisième jour, le 2^{ème} jour de l'investigation, la température du séjour à loggia vitrée était nettement supérieure à celle du séjour témoin d'une valeur atteignant 3,8°C à 22h.

Explication : les observations enregistrées simultanément avec les relevés de températures révèlent que la loggia vitrée était isolée thermiquement du séjour entre 12 et 16h (heures chaudes de la journée), pour le premier et troisième jour, ce qui a permis de protéger le séjour de la surchauffe qui règne dans la loggia vitrée, contrairement au 2^{ème} jour où la relation entre les deux locaux est maintenue par ouverture de la fenêtre favorisant les échanges convectifs entre les deux locaux au moment de l'accroissement de la température de l'air extérieur, et par conséquent une élévation de la température T_i s'est manifestée.

Le calcul de l'écart de température moyen entre les deux séjours montre une valeur autour de 0,6°C. Ce résultat obtenu par une mauvaise gestion de la relation séjour- véranda; indique que la performance de la loggia vitrée sera certainement meilleure avec une gestion adéquate de la liaison entre les deux espaces adjacents. (Figure 6.22)

Ceci nous renvoie de nouveau vers l'importance du rôle de l'occupant dans l'établissement des situations de confort ; et fait ressortir qu'une bonne gestion de la relation véranda-séjour sera basée sur l'isolement du séjour pendant les heures chaudes de la journée, et le maintien de cette liaison pendant la nuit, lorsque les températures extérieures déclinent, dans un but d'évacuation de la charge cumulée au cours de la journée.

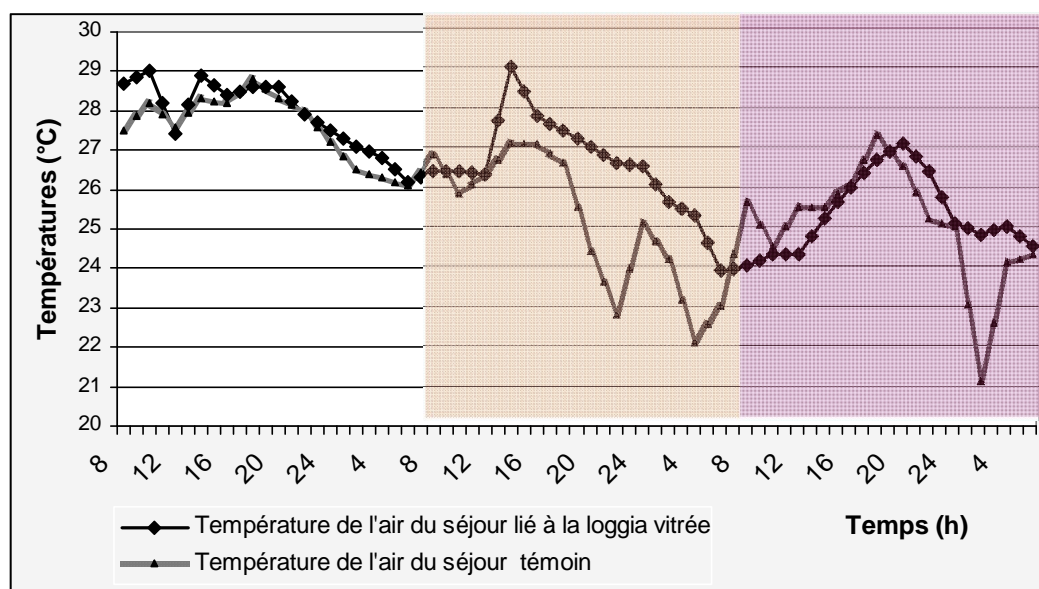


Figure 6.22 Variation horaire de la température entre les deux séjours orientés au sud.

Conclusion

On peut conclure que pour une orientation Sud

- la loggia vitrée est un espace régulateur thermique, permettant de retarder le pic de température diurne vers la fin de la journée.
- la surchauffe peut être évitée avec un bon usage de la relation séjour-véranda.
- Le problème de surchauffe se pose surtout la nuit, dans le séjour lié à la loggia vitrée, faute à une ventilation insuffisante.

6.2.2.2 Interprétation des résultats pour l'orientation Ouest

Cellule témoin orientée à l'Ouest "CTo"

Le profil de la température à l'intérieur de la loggia orientée à l'Ouest et qui a gardé son aspect initial montre une large gamme de variations limitée par les valeurs 21,1 et 35,9 °C, enregistrées à 6h et 16h respectivement, et des fluctuations de 14,8°C ; Tandis que le séjour présente une amplitude moins importante de 11,9°C entre les limites inférieures et supérieures de températures qui sont respectivement 20,8 et 32,7 °C, enregistrées à 8h et 12h. La température de plein air de la même période a fluctué entre 18 et 38,3°C. (Figure 6.23)

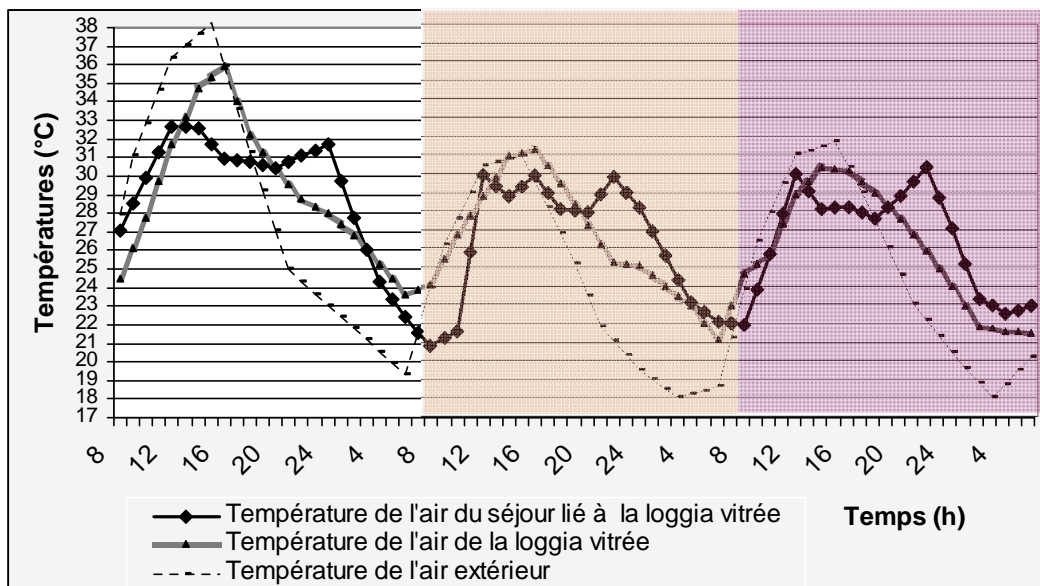


Figure 6.23 Variation horaire de la température dans une cellule témoin (CTo) orientée à l'Ouest.

Les courbes présentées par la figure 6.23 indiquent une cohérence dans le profil des températures des trois jours de l'expérimentation, et une température de l'air dans le volume de la loggia témoin supérieure à celle du séjour pour les heures diurnes, ce constat est appuyé

par le pic apparent nettement sur le graphique à 16h, la nuit c'est l'inverse qui se produit, la température de la loggia décline en suivant les températures extérieures.

Dans l'impossibilité d'une occultation totale du mur de liaison (occultations, chapitre 4), par les parois latérales la loggia de 1,25 m de profondeur, lorsque la déclinaison solaire est de $20^{\circ}30'$, la chaleur due au rayonnement solaire est absorbée par les parois de la loggia témoin pour se faire restituer plu tard après environ 8h.

On assiste alors à un pic de température dans le séjour de la CTo* de $32,7^{\circ}\text{C}$ entre midi et 14h du 1^{er} jour, du au gains ponctuels, et à un deuxième pic du au gains indirects est observé vers 24 h le même jour. Le même phénomène est observé le 2^{ème} jour ; le premier pic de $29,9^{\circ}\text{C}$ apparaît entre midi et 16 h et celui relatif à la restitution apparaît vers 22h. Le 3^{ème} jour, le pic de 30°C apparaît à midi et la restitution de $30,3^{\circ}\text{C}$ à 22h. (Après 8 à 10h de déphasage).

Cellule à loggia vitrée "CVo"

La figure 6.24 montre le profil de la température intérieure dans le séjour ainsi que l'évolution de la température de l'air dans la loggia transformée en véranda et exposée à l'Ouest

La température à l'intérieur de la loggia vitrée varie entre $23,7^{\circ}\text{C}$ enregistrée à 8h, et $32,8^{\circ}\text{C}$ enregistrée à 20h soit une amplitude de $9,1^{\circ}\text{C}$. Tandis que les limites inférieure et supérieure de températures dans le séjour (T_i) sont respectivement $25,4$ et $30,7^{\circ}\text{C}$, soit une amplitude de $5,3^{\circ}\text{C}$. La température de plein air correspondante à la même période, a connu une gamme de fluctuations plus large et a fluctué entre 18 et $38,3^{\circ}\text{C}$.

* CTo : cellule à loggia témoin orientée à l'Ouest.

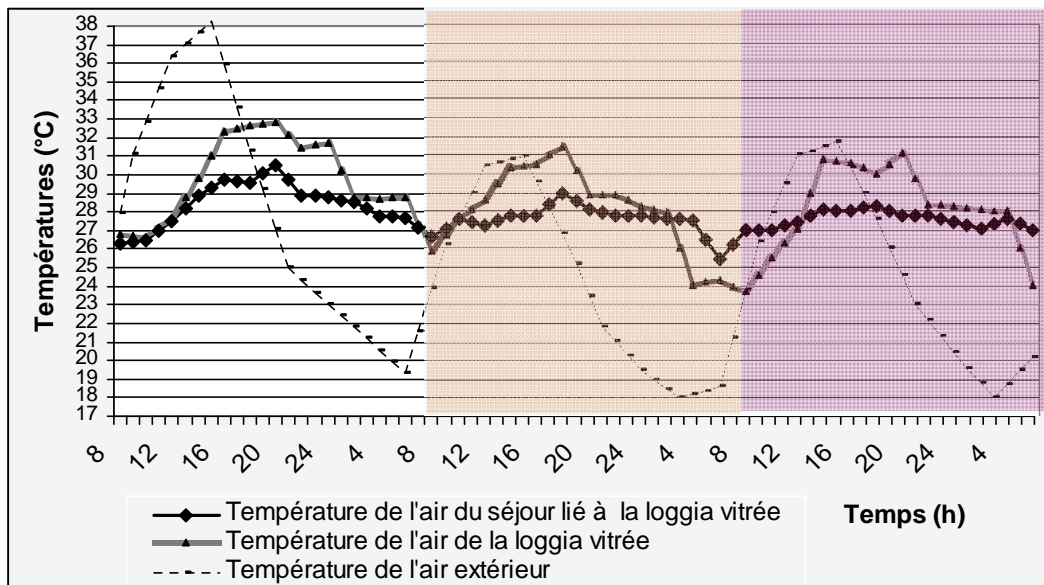


Figure 6.24 Variation horaire de la température dans une cellule à loggia vitrée (CVo) orientée à l'ouest.

L'observation des courbes relatives à la cellule CVo* montre que le profil de températures de la loggia vitrée, est celui de la température dans le séjour, mais plus amplifié.

L'amplitude de 9,1°C distinguée dans le volume vitré, ou seule une occultation intérieure par tissu épais de couleur orange existe, peut être qualifiée de grande. La température de l'air dans la loggia vitrée a atteint des niveaux très élevés dépassant parfois 32,7°C, l'après midi.

Suite à la disparition du soleil, les températures déclinent entre 20 et 6 h, néanmoins, des pics de températures résultants de la restitution de chaleur stockée pendant le jour apparaissent plutard sur la courbe après 8 à 10h.

En prenant la valeur de 25,19°C comme limite du confort estival, on voit clairement que l'ambiance intérieure de la loggia vitrée, se trouve hors la zone de confort 88,8 % du temps total de l'investigation. La surchauffe fait de cet espace un espace inconfortable, réduisant ainsi de façon directe le temps de son occupation.

Etude comparative des deux cellules

La nuit, bien que les températures extérieures déclinent jusqu'à 18°C, la température minimale de la loggia vitrée reste constamment au dessus de 23,7°C, suite à la restitution de la chaleur dans le volume vitré. La chaleur stockée dans le volume vitré, fait de cet espace qui

* cellule à loggia vitrée orientée à l'ouest.

devait être un régulateur thermique, un espace chaud par comparaison à la température de la loggia témoin. (Figure 6.25)

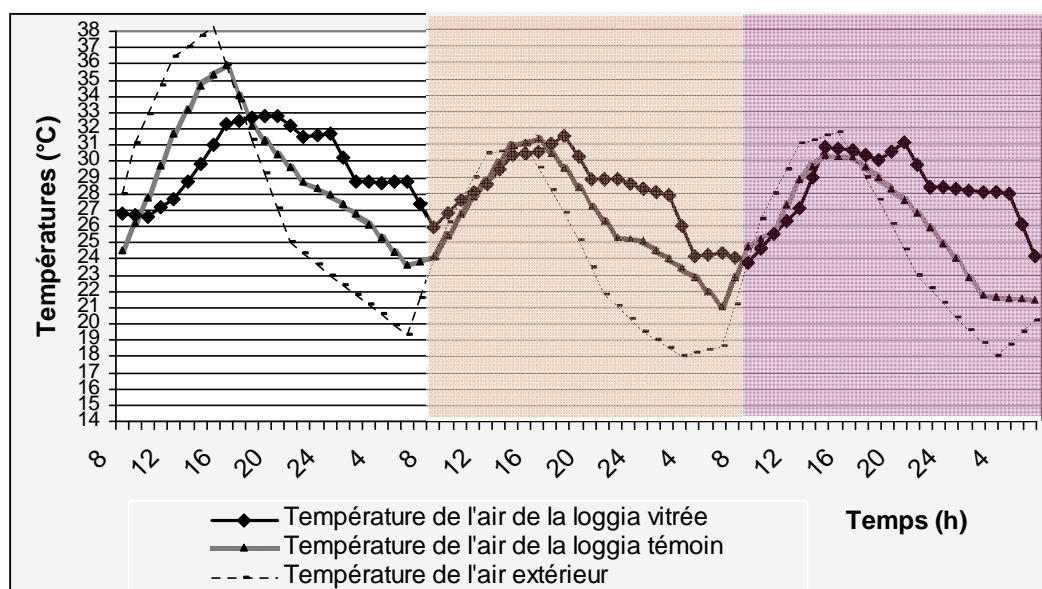


Figure 6.25 Variation horaire de la température entre loggia témoin et loggia vitrée orientées à l'Ouest.

La loggia vitrée qui est fermée dans un objectif d'agrandissement de l'espace habitable, perd sa valeur et devient un espace invivable, pendant la période chaude. Mais qu'en est-il de son impact sur l'espace adjacent ?

Le séjour lié à la loggia vitrée, dont la température minimale est de 25,4°C, est loin de répondre aux exigences du confort thermique, pareillement à la loggia vitrée. En absence de la radiation solaire, le flux de chaleur stockée dans le mur de séparation coule dans les deux sens, pour atteindre les deux surfaces extérieure et intérieure de la paroi. Ce phénomène qui conduit à une réduction du flux de chaleur libérée dans le séjour, désavantageux pour la saison de chauffe, est apprécié pour la saison de refroidissement.

La lecture du scénario d'occupation montre une mauvaise gestion de la loggia vitrée, en gardant une liaison thermique avec le séjour 24h sur 24, en effet, le maintien de la liaison séjour-véranda permet le passage de l'air chaud à l'intérieur élevant ainsi la température du séjour pendant le jour. Inversement, il s'agit d'une bonne gestion pour les heures nocturnes, le séjour est ventilé indirectement à travers l'ouvrant de la paroi vitré.

Il en découle que, contrairement à la gestion hivernale; la liaison séjour-véranda doit être maintenue la nuit, pour la ventilation naturelle, quant les températures extérieures sont

basses ; et interrompue le jour pour protéger l'espace intérieur des apports solaires, quant les températures extérieures sont plus élevées.

La comparaison de la courbe de températures de l'air du séjour lié à la loggia vitrée à celle du séjour témoin, nous révèle des résultats intéressants:

- Le séjour témoin a connu de grandes fluctuations de températures diurnes, et des moments de surchauffe où la température a atteint environ 33°C, alors que la température du séjour adjacent à la loggia vitrée a maintenu une valeur $\leq 30,5^\circ\text{C}$. L'écart diurne entre les deux espaces a pu atteindre 5,2°C. (Extrême gauche de la figure 6.26). Cette valeur est d'une importance cruciale pour le refroidissement de l'espace intérieur.

- La véranda a un rôle d'amortissement de l'effet des températures extrêmes extérieures, l'étude faite par ENERTECH¹, a montré qu'étant bien dimensionnée, c'est une source de climatisation pour un logement aux heures les plus chaudes, et pas une zone de surchauffe.

Pendant la nuit, la situation est inversée ; le séjour témoin se trouve avec des températures beaucoup plus basses que celles du séjour à loggia vitrée. Le graphique montre nettement un écart variant entre 3,3 et 5,8°C, en faveur du séjour témoin.

Lorsque la température de l'air extérieur décline, la loggia témoin bénéficie d'une ventilation naturelle meilleure. Les échanges convectifs avec l'extérieur, réduisent considérablement la température intérieure, et refroidissent la structure. Il n'est donc pas étonnant de voir les usagers assis ou dormant dans cet espace, la nuit. Par contre la loggia vitrée, de part sa nature fermée, favorise moins les échanges avec l'air frais extérieur.

¹ ENERTECH. *Etude sur la « basse énergie » appliquée aux bâtiments anciens. Faisabilité technique et économique*. Juin 2005. [en ligne] <http://perso.club-internet.fr/sidler>

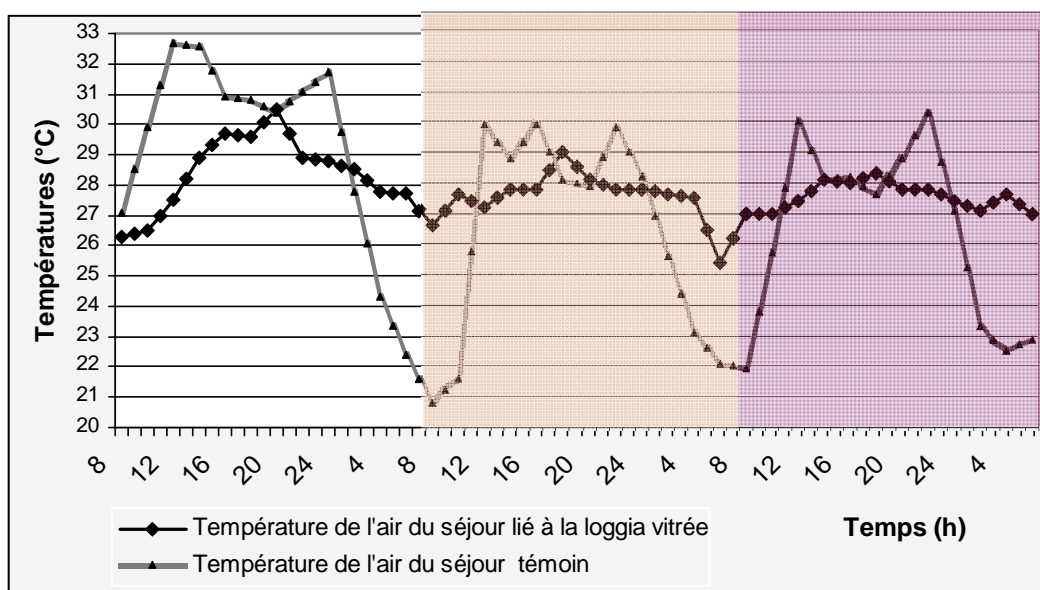


Figure 6.26 Variation horaire de la température entre le séjour lié à la loggia vitrée et le séjour témoin orientés à l'Ouest.

- La surface vitrée ouvrante dans la loggia vitrée est loin de la norme exigée pour le climat contrasté de Constantine, et constitue seulement 20 % de la surface vitrée. Or, selon le guide de recommandations¹, il faut que 20 à 30% de la surface vitrée puisse s'ouvrir.

Pour les climats à hiver froids et été chauds, il est envisageable de démonter une partie du vitrage pour élever le taux de ventilation, il faut prévoir une surface d'ouvrants au moins égale au 1/3 de la surface de la véranda².

6.2.2.3 Comparaison entre les orientations Sud et Ouest

La comparaison des résultats des suivis expérimentaux relatifs aux orientations Sud et Ouest, fait ressortir les points suivants:

- La véranda orientée au sud est plus performante que celle orientée à l'Ouest pour la saison de refroidissement. L'étude a montré une réduction moyenne de 1,6°C assurée par la loggia vitrée à son espace adjacent, comparée à 0,8°C seulement en orientation ouest.

¹ Logements a faibles besoins en energie. Guide de recommandations et d'aide à la conception Cabinet Olivier SIDLER. 2000

² SOL.A.R architectes ingénieurs. Conception thermique de l'habitat. Guide pour la région Provence-Alpes-côte d'azur. Région Pacca. Edissud 1988. p87

6.2.2.4 Interprétation des résultats pour l'orientation Est

Cellule témoin "CTe"

La période d'expérimentation pour l'orientation Est était également de trois jours, mais en l'absence de quelques valeurs bi-horaires de températures, nous avons choisi la journée du 7 au 8 juillet 2007, comme journée type à étudier.

La figure 6.27, indique le profil de la température de la loggia liée à la cellule témoin (CTe) limité par les valeurs 24,1 et 32,5°C. Soit une amplitude de 8,4°C, pendant que les températures extérieures fluctuaient entre 20,5 et 36,4°C.

Pour la période matinale, un léger pic de température de 30,1°C se manifeste sur la courbe vers 10h, suite à son exposition à la radiation solaire maximale spécifique à cette orientation, le deuxième pic de température de 32,5°C qui se manifeste à 14h, après que le soleil s'est tourné vers le sud, est dû à l'élévation de la température de l'air extérieur.

La courbe de températures du séjour (Ti), varie entre 24,1 et 28,7°C et présente donc une amplitude de 4,6°C, moins forte que celle de la loggia. L'écart de température entre le séjour et son extension se révèle grand en atteignant 5,6°C, pendant les heures d'exposition solaire. Le séjour abrité par la loggia et partiellement protégé du rayonnement direct, connaît des températures inférieures pendant le jour, la nuit sa température décline en suivant la température de l'air extérieur. (Figure 6.27)

Les irrégularités (pics, et pics inversés) dans les profils de température du séjour, sont dues aux apports directs, aux gains internes, et à la restitution de la chaleur stockée dans le mur de liaison.

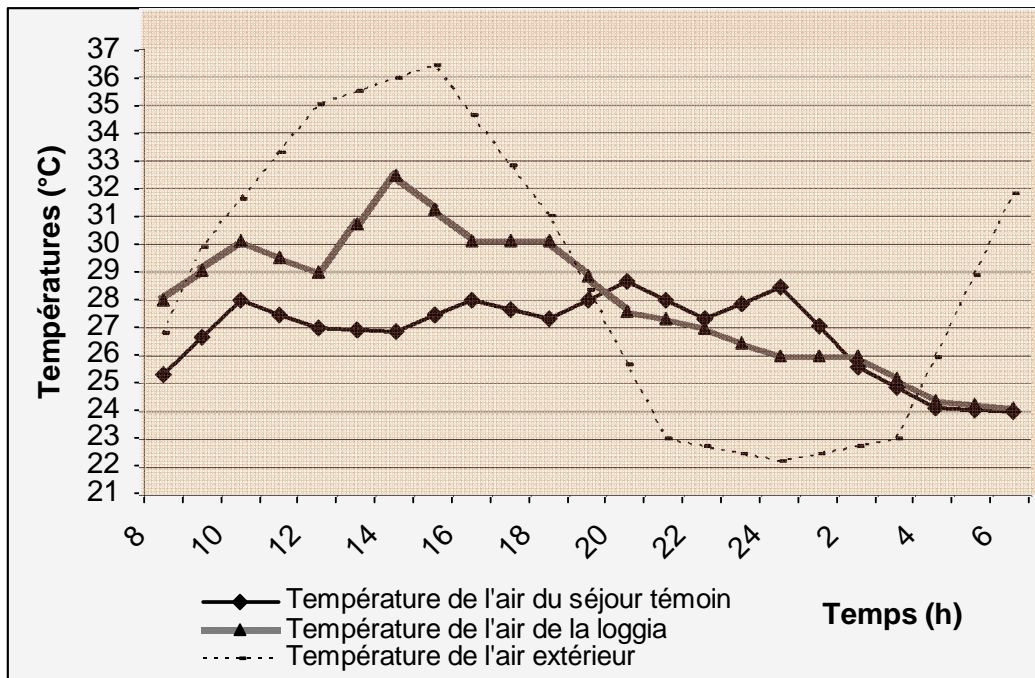


Figure 6.27 Variation horaire de la température dans une cellule témoin (CTs) orientée à l'Est.

Cellule à loggia vitrée "CVe"

La figure 6.28 montre le profil de la température intérieure dans le séjour ainsi que l'évolution de la température de l'air dans la loggia vitrée orientée à l'Est.

La loggia vitrée présente un champs de fluctuations relativement étroit de 4,5°C, et limité par les températures 26,7 30,2°C et se place donc hors zone de confort.

Pendant que la courbe de températures dans le séjour de la même cellule CVe*, montre des variations de températures de l'ordre de 4°C, donc légèrement moins importantes que dans le volume de la loggia vitrée, pendant la période rapportée, ou la limite inférieure de 26,3°C et la limite supérieure de 30,3°C enregistrées dans le séjour, révèlent un inconfort certain.

On assiste à un écart de température maximal entre le séjour et son extension, de 2°C pendant le jour et un autre plus grand de 3°C la nuit ; le séjour étant partiellement protégé par l'une des parois latérales de la loggia de l'intensité des radiations solaires qui frappent sa paroi, se trouve avec une température moins élevée que celle de la loggia vitrée; cependant, la nuit, étant moins favorisé à la ventilation nocturne que la loggia vitrée, il assiste à une restitution de la chaleur captée et devient moins confortable.

* Cellule à loggia vitrée orientée à l'Est

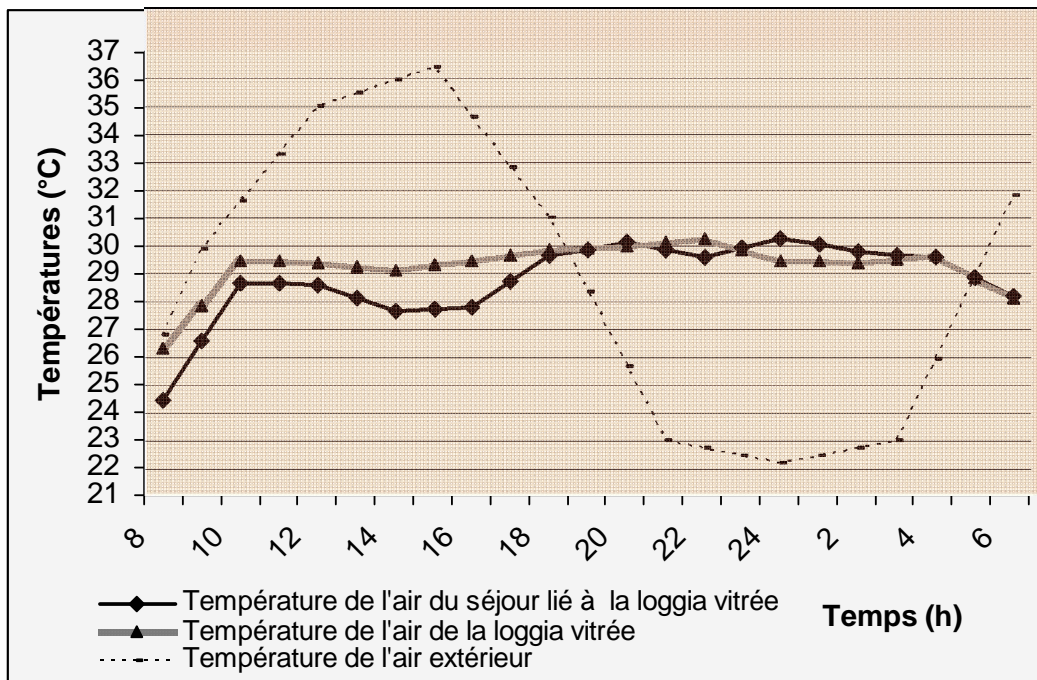


Figure 6.28 Variation horaire de la température dans une cellule à loggia vitrée (CVe) orientée à l'Est

L'addition du vitrage à la loggia qui devait conduire à une température diurne plus grande que celle nocturne, suite aux apports solaires, a fait que le séjour s'est trouvé avec des températures nocturnes plus élevées. Ceci est dû essentiellement à une bonne occultation intérieure par un rideau épais de couleur bleu, placé contre le vitrage de la loggia vitrée, accompagné d'une isolation de l'espace intérieur de son extension par l'intermédiaire de battants gardés fermés jusqu'à 20h.

Le pic de températures dû au rayonnement solaire matinal, apparent à 10h, sur la courbe de température de l'air de la loggia vitrée, est suivi d'un autre plus exposé qui apparaît après que le soleil s'est tourné de la façade Est. Il est dû à la restitution de la chaleur avec un déphasage de 10h. Les mêmes phénomènes sont observés au même temps dans le séjour.

Etude comparative entre les deux cellules

La comparaison entre les deux espaces tampons, indique que la loggia vitrée, est sujette à un champ de fluctuations de températures moins important que la loggia témoin, avec un rapport de 2/5 environ, à cause de l'occultation de sa paroi vitrée, et de son aspect fermé.

Le jour, la température de la loggia témoin est inférieure à celle de la loggia vitrée, l'écart entre les deux locaux peut atteindre 4,2°C. (Figure 6.29)

La nuit, la situation est inversée, la température dans la loggia vitrée devient vite supérieure à celle de la loggia témoin qui est très affectée par la baisse de la température extérieure. L'écart maximal entre les températures enregistrées dans ces deux espaces est plus important, et arrive à 6,0°C.

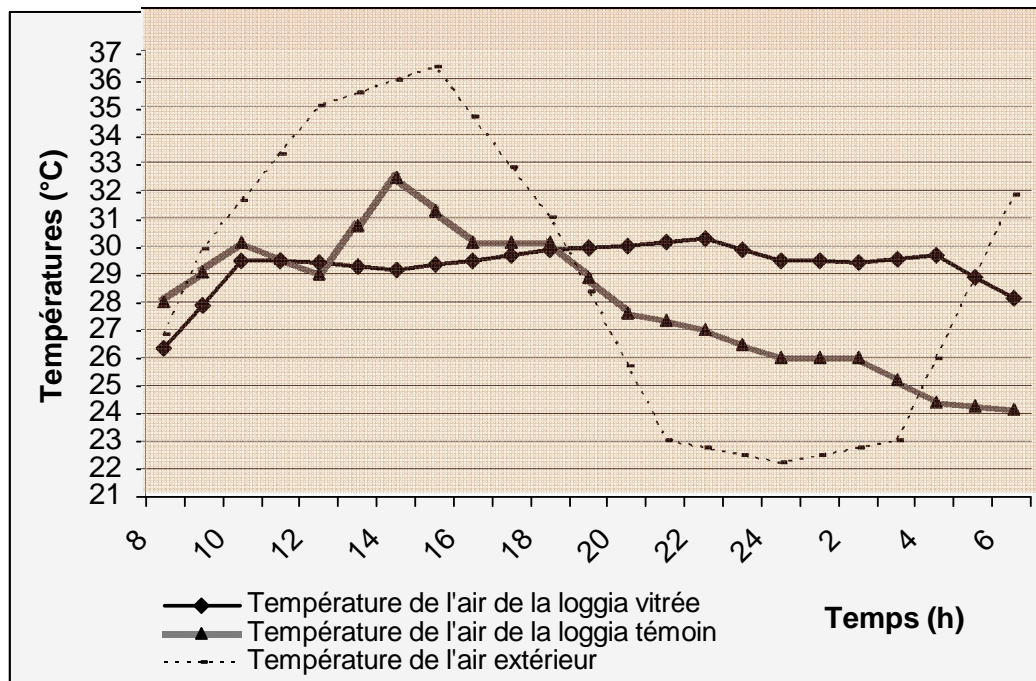


Figure 6.29 Variation horaire de la température entre loggia témoin et loggia vitrée orientées à l'Est.

Le graphique 6.30 qui compare les courbes de températures des deux séjours, indique des fluctuations de températures dans le séjour témoin, et des températures plus stables dans le séjour lié à la loggia vitrée et fait ressortir qu'entre 8 et 11h de la séquence du suivi expérimental, il n'y a aucune différence sensible, du point de vue confort thermique entre les deux séjours qui se trouvent avec des ambiances similaires, (et non identiques), l'occultation intérieure de la loggia vitrée, en est la cause majeure.

La nuit, le séjour adjacent, thermiquement lié à la loggia vitrée à travers l'ouverture de la fenêtre de liaison enregistre des températures supérieures au séjour témoin, l'écart maximal de 5,5°C est perçue vers 4h. Cette valeur éloigne considérablement la température du séjour de la zone de confort. Elle est la conséquence directe de la fermeture de la loggia, entravant la ventilation naturelle et réduisant son taux. C'est également le résultat de la restitution de la chaleur emmagasinée dans la masse de la loggia vitrée. Le séjour adjacent se trouve avec des

températures supérieures à la température du séjour témoin d'une valeur moyenne de l'ordre de 1,95°C.

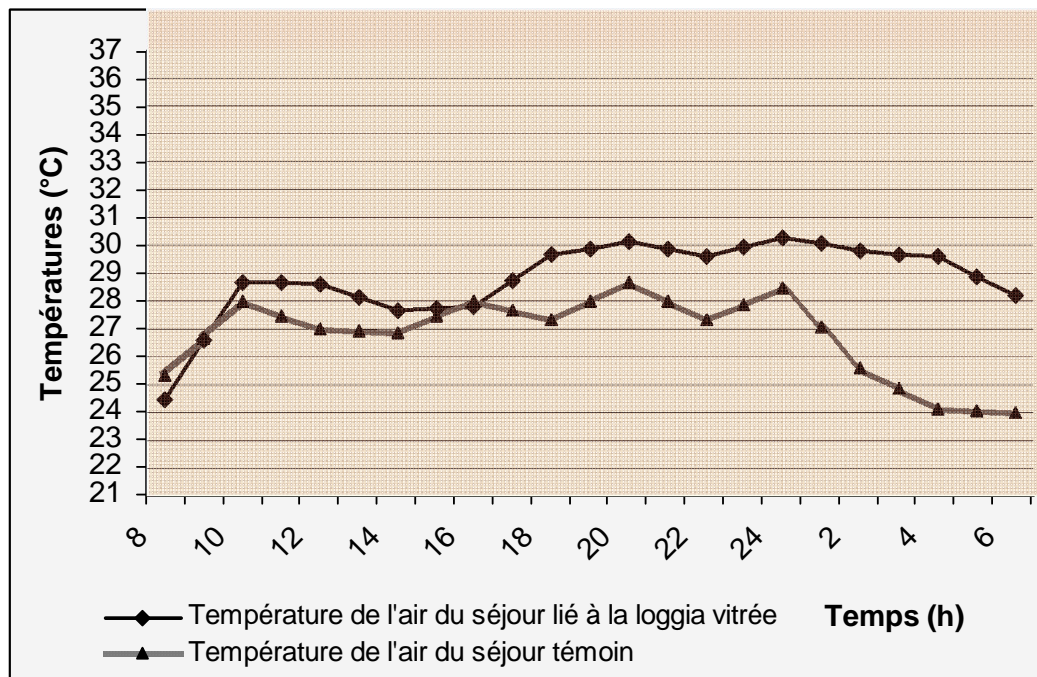


Figure 6.30 Variation horaire de la température entre le séjour lié à la loggia vitrée et le séjour témoin, orientés à l'Est.

6.2.2.5 Conclusion sur l'investigation de la période chaude

Il découle de ce suivi expérimental et de l'analyse des résultats l'importance de la prévision d'une occultation extérieure, afin d'intercepter la radiation solaire, l'occultation intérieure ne peut à elle seule empêcher la surchauffe dans la mesure où le rayonnement est déjà parvenu.

Il est donc impératif de chercher à réduire les apports externes par occultation afin de réduire le besoin de les dissiper. La ventilation de l'espace s'avère la meilleure solution pour la dissipation de la chaleur.

La loggia vitrée joue le rôle de régulateur thermique, en retardant le pic de température diurne, plusieurs heures après disparition de soleil (table 6.3). Une occultation extérieure, une gestion adéquate de la relation séjour- véranda, et une ventilation nocturne, feront de cet espace, un espace de valeur pour le confort estival.

	Air extérieur	Loggia témoin CTs	Loggia vitrée CVs
Température minimale	15,8°C	17,6°C	23,8°C
Température maximale	34°C	30,7°C	28,9°C
Amplitude de température dans l'espace	18,3°C	13,1°C	5,1°C
Moyenne* des températures de l'air	23,04°C	25,91°C	26,57°C
Gain moyen en température sur le total de la période de l'investigation		- 0,6°C	+ 0,6°C
Valeur maximale de l'écart entre les deux séjours		- 3,8°C	+ 3,8°C

Table 6.3 *Résultats du suivi expérimental relatifs à la saison chaude.*

6.3 Conclusion générale

Les performances thermiques des enveloppes de bâtiments dépendent fortement des gains solaires et des échanges thermiques à travers les fenêtres, essentiellement au niveau des parties vitrées. Il est impératif de les concevoir pour une performance optimale pour l'année entière, surtout lorsqu'il s'agit de conditions climatiques contrastées (hivers froids et étés chauds).

* Le calcul de la moyenne des températures de l'air de la loggia vitrée est établi seulement pour les heures où la fenêtre de liaison entre la loggia vitrée et le séjour était fermée.

Il a été déterminé qu'en hiver, les loggias vitrées peuvent modifier positivement le bilan journalier de la température en relevant la température maximale par les apports solaires, et en maintenant constamment la température minimale, à une valeur au dessus de la température extérieure par l'effet tampon.

Elles peuvent également apporter une contribution significative à la réduction de la charge thermique pendant l'hiver.

Le calcul de gains établis par la fermeture de l'espace loggia par du vitrage, a montré que la loggia vitrée est un espace rapportant des calories importantes pour le chauffage de l'espace adjacent, et une économie dans la consommation de l'énergie.

L'apport moyen calculé dans la cellule à loggia vitrée orientée au sud, avec une mauvaise gestion de liaison séjour-véranda et sous un ciel clair est de 2,2°C, alors que celui calculé dans une cellule orientée à l'Ouest et sous des conditions similaires est moins important et de 0,62°C.

En absence de gains solaires, et avec une bonne isolation thermique de la paroi extérieure, le caractère régulateur de la loggia vitrée peut réduire de façon significative la charge de chauffe.

En saison chaude, la loggia vitrée joue le rôle de tampon thermique, en absorbant la radiation solaire intense, le séjour adjacent se trouve avec des températures diurnes réduites de plusieurs degrés, la nuit la situation est inversée, les températures s'éloignent de la zone du confort thermique, suite à la restitution de la chaleur stockée, et à une ventilation insuffisante de l'espace. Néanmoins, on retiendra que la loggia vitrée orientée au Sud est capable d'assurer une réduction moyenne de 1,6°C, dans son espace adjacent, alors que la réduction équivalente en orientation Ouest n'est que de 0,8°C.

Compte tenu de la radiation solaire intense, pour la saison chaude, il faut penser à réduire les apports solaires par une occultation adéquate afin de réduire le besoin de les dissiper, l'occultation mobile intérieure, bien qu'elle permet de modérer la température du séjour, est incapable à elle seule de résoudre le problème de surchauffe.

L'orientation Sud est par conséquent la meilleure pour les deux saisons de chauffe et de refroidissement.

Finalement, on peut dire que la température dans le séjour adjacent reste gouvernée par l'inertie thermique importante des parois, et le comportement des usagers. En effet, l'inertie thermique des parois de la loggia vitrée a permis un gain de degrés précieux pour le chauffage

de l'espace adjacent, mais par déficience de l'isolation sur la face extérieure du mur de fond; une part de la chaleur stockée a reflué vers le volume de la véranda.

Un problème de dosage de la capacité thermique de la loggia vitrée, et l'isolation du mur de liaison se pose, il faut donc veiller à ce que la restitution nocturne de la chaleur se fasse en direction du logement à chauffer.

En été, l'inertie seule est incapable d'apporter du confort : il faut impérativement pouvoir équilibrer, les apports de chaleur et la dissipation de cette chaleur.

Les modes de gestion des apports solaires, et notamment la gestion de la fenêtre de liaison sont souvent inadaptés. Mais on retiendra que : en hiver, laisser une ouverture permanente entre la loggia vitrée et le séjour, en absence de gains solaires, augmente les déperditions, et réduit l'effet tampon.

En été, la gestion doit être inversée, il est impératif d'isoler thermiquement le séjour de la loggia vitrée pendant le jour et inciter la ventilation nocturne afin de dissiper la chaleur et de refroidir la structure.

Compte tenu de ce constat, il s'avère particulièrement crucial de concevoir en tenant compte du climat, des besoins des usagers, et de leur offrir des informations et conseils sur la conduite envers toute stratégie passive.

Chapitre 7 : Simulation du comportement thermique de la loggia vitrée

7.1 Introduction

L'objectif de la conception bioclimatique est de réduire les nuisances tout en réduisant les consommations énergétiques. En effet, une mauvaise conception thermique induit un surdimensionnement des équipements et une surconsommation d'énergie, ce qui entraîne des conséquences économiques et environnementales indésirables.

L'enveloppe du bâtiment est l'élément le plus crucial à prendre en considération, lors d'une conception architecturale liée à des préoccupations environnementale et de recherche de confort thermique. Ce dernier dépend fortement des gains solaires et des échanges thermiques à travers les parois extérieures, principalement les parties vitrées. La modélisation du comportement thermique et radiatif de cette partie représente un enjeu important.¹

La conception d'un bâtiment requiert donc une prise en compte globale et cela nécessite des supports d'aide à la décision adaptés. Cela devient possible grâce aux logiciels d'analyse thermique, devenant des outils analytiques pratiques. Ces outils permettent d'évaluer toutes les variantes possibles de la performance énergétique d'un bâtiment, au stade zéro de la conception, puis de choisir la meilleure.

La simulation est capable de reproduire les interactions entre les phénomènes physiques, les relations géométriques que les éléments de bâtiment entretiennent avec le soleil au cours du temps, sont également simulées par différents outils informatiques. Derob-LTH est l'un de ses outils informatiques, permettant de déterminer les paramètres augmentant le rendement de la loggia vitrée, afin de satisfaire les besoins de l'utilisateur au cours de l'année entière.

¹ Jean NOËL *modèle complet de fenêtre avec protection solaire du logiciel de thermique dynamique codyba.*
Juin 2005

7.2 Choix et descriptif de l’outil de simulation

Derob-LTH est l’outil choisi pour la simulation d’un logement à loggia vitrée. le choix de ce programme découle de ses possibilités de simuler le transfert thermique par l’enveloppe du bâtiment, le gain solaire de la chaleur de rayonnement, la ventilation normale, et la température, qui sont des paramètres prédictifs de confort.

Derob est une structure modulaire de simulation des systèmes énergétiques créée au Laboratoire de simulation numérique de l’école d’architecture, université de Texas à Austin. Il a connu un développement au département de la Science de bâtiment, université de Lund (LTH). DEROB-LTH est La version utilisée dans cette étude.

C’est un outil de prévision du comportement thermique d’un bâtiment basé sur une description tridimensionnelle de ce dernier. Il peut simuler des bâtiments des géométries arbitraires. Il permet de décrire finement un bâtiment, en considérant plusieurs zones thermiques et d’évaluer le niveau de confort, les charges de chauffage et de refroidissement, et d’analyser l’influence de nombreux paramètres (comme, les vitrages, les protections solaires, l’inertie, l’orientation d’un bâtiment, etc.).

Selon Helena Bülow-Hübe, ses possibilités de prévoir le chauffage et les demandes de refroidissement ont été exactement démontré dans plusieurs études et comparaisons de validation avec mesures complètes (Wall, 1996 et mur et Bülow-Hübe, 2001)¹.

Le programme traite les deux types de rayonnements solaire, diffus et direct dans les calculs. Pour un rayonnement solaire direct qui frappe une surface, une méthode approximative est employée, par laquelle chaque surface est divisée en grille de 5 x 5. Chaque élément du bâtiment est examiné pour toute obstruction, opaque ou transparente, entre le centre de l’élément de la grille et la position du soleil.

¹ Helena Bülow-Hübe. *Energy-efficient window systems effects on energy use and daylight in buildings Doctoral dissertation*. Lund university, Lund institute of technology, Lund 2001.

7.3 Structure du programme Derob-LTH

La structure du programme se compose de huit modules agissant l'un sur l'autre, nommés Dig, Gf, Lum, Wal, Sol, Tl, confort et Kgkshow. Parmi lesquels Six sont utilisés pour calculer des valeurs pour les températures, le chauffage et les charges de refroidissement. Les modules sont courus dans un ordre prédéfini. (Table 7.1)

Module	Fonction
Dig	traduit les données d'entrée géométriques décrivant la forme de bâtiment en représentation numérique interne de la géométrie de bâtiment.
Gf	calcule les facteurs de vue pour tous les volumes dans le modèle de bâtiment.
Lum	calcule les facteurs d'illumination pour tous les volumes dans le bâtiment.
Wal	calcule le réseau thermique employé pour représenter des murs et des (slabs) dans le calcul des températures et des charges dans le module TL.
Sol	calcule la distribution horaire du rayonnement solaire direct.
Tl	calcule les valeurs horaires des températures, et des charges de chauffage et de refroidissement dans le bâtiment.
Komfort	calcule et montre des propriétés pour le climat d'intérieur basé sur des résultats des modules précédents.
Kgkshow	dessine la géométrie du bâtiment.

Table 7.1 Modules du programme Derob-Lth.

Derob-LTH intègre plusieurs bibliothèques contenant des données thermiques pour les matériaux de construction opaques, types de fenêtres, types de verre, et types de gaz entre panneaux vitrés.

La bibliothèque peut être enrichie par l'utilisateur, Il est possible d'ajouter, de changer et de supprimer des matériaux de la bibliothèque.

Les composants de base qui sont les matériaux, vitrages, revêtements de murs et de sols, sont combinés pour former des structures plus complexes: parois, zones, bâtiment entier. Les données de base du programme, sont la géométrie des parois, fenêtres, volumes, etc.

Les calculs sont influencés par des facteurs climatiques tels que la température extérieure, et le rayonnement solaire. La température à l'intérieur du bâtiment peut être calculée par le programme. Le confort thermique est donné comme vote moyen prévisible (PMV), ou le pourcentage de personnes non satisfaites (PPD). Un module permet de visualiser la géométrie du bâtiment.

Les éléments de bâtiment peuvent être décrits par une à cinq formes disponibles, le programme assume que le modèle géométrique du bâtiment est placé dans un système cartésien. Pour chaque élément, doivent être définis : l'indice de forme (figure 1), Zenith, Azimuth, coordonnées, volume postérieur, volume antérieur, dimensions, type de mur, absorptance et emittance, type d'ouverture, son absorptance et son emittance. (figure 7.1)

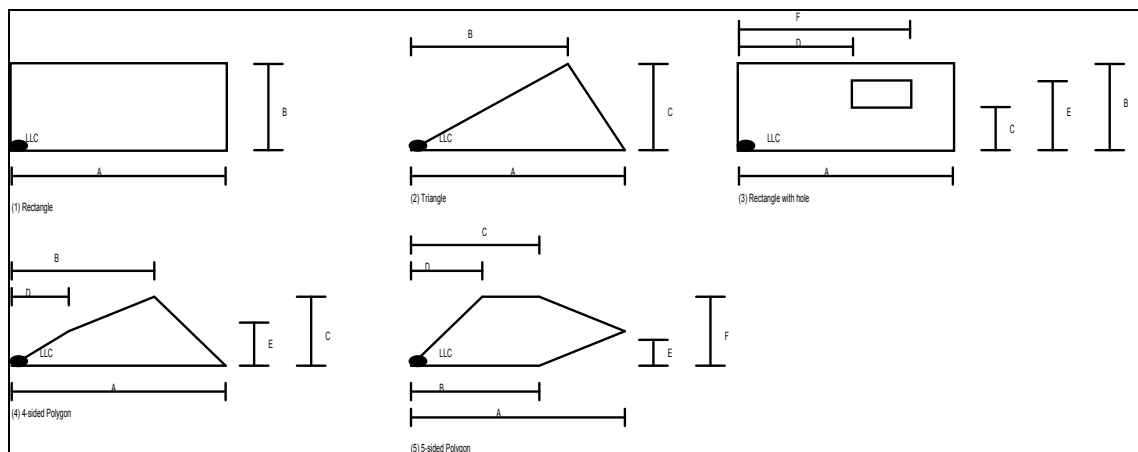


Figure 7.1 L'indice de formes des éléments constructifs.

7.4 Calcul de la distribution du rayonnement solaire

Lorsqu'il s'agit d'un espace fortement vitré, il est d'une importance cruciale de faire usage d'un outil qui donne la distribution du rayonnement solaire dans un espace de manière détaillée. Derob-lth calcule les charges solaires pour chaque surface. La distribution du rayonnement solaire dans le bâtiment est calculée en tant que rayonnement diffus et direct. La réflexion de la radiation de courte longueur d'onde d'une surface est toujours traitée en rayonnement diffus¹. Les radiations solaires diffuse et directe peuvent être transmises aux volumes adjacents à travers les éléments transparents du bâtiment. Une méthode de radiosité (facteurs de vue) est employée pour calculer la distribution du rayonnement diffus,

La part qui n'est pas réfléchi, est sujette à des réflexions multiples. Elle est suivie jusqu'à ce que tout le rayonnement soit absorbé par les surfaces de la pièce ou retransmis dehors par des fenêtres.

La transmission de courte longueur d'onde du rayonnement entre les volumes peut également être distribuée en tant que rayonnement solaire diffus et direct². D'où le choix de cet outil pour la simulation de la température dans un espace adjacent à une loggia vitrée et connectée à cette dernière par une paroi de liaison percée d'une fenêtre.

7.5 Les entrées du programme

7.5.1 Spécification du bâtiment

Pour simuler un système thermique avec Derob-LTH, il faut d'abord définir l'ensemble des composants élémentaires formant le système, tel qu'il a été expliqué plus haut.(figure 7.2 et 7.3)

¹ M. Wall. *Distribution of solar radiation in glazed spaces and adjacent buildings. A comparison of simulation programs.* 1997. Energy and Buildings 26 (1997) 129-135

² Hasse Kvist, Maria Wall, Kurt Källblad. *Derob-Lth support/08/03/1, user manual version 99.01+3.* Laboratoire de simulation numérique de l'école d'architecture, université de Texas a Austin.

En phase de spécification des éléments de bâtiment, les types des murs/des planchers/de toits requis dans le projet sont à indiquer. Les différentes couches constituant la paroi doivent être définies dans l'ordre de la partie antérieure à l'arrière de l'élément de bâtiment.

Pour chaque mur, les matériaux de constitution, épaisseur, conductivité, chaleur spécifique, et densité doivent être définis. La transmittance et la réflectivité des verres sont données également. Les conditions climatiques, les charges internes sont des paramètres principaux pour le calcul.

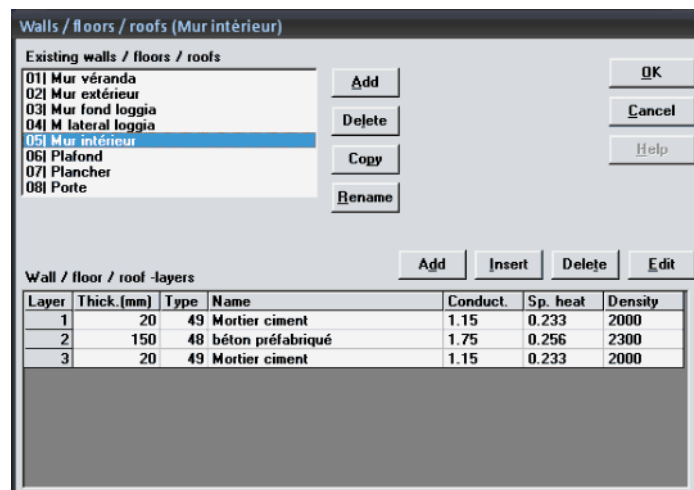


Figure 7.2 Composition d'une paroi du bâtiment simulé.

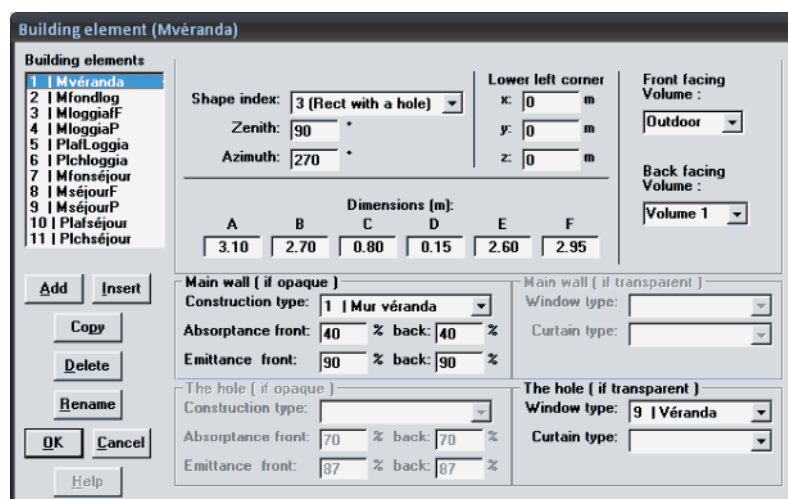


Figure 7.3 Définition d'un composant élémentaire formant le système

7.5.2 Le scénario d'occupation

Chaque objet est relié aux autres par un pointeur: une zone thermique contient des pointeurs sur ses parois, chaque paroi contenant elle-même des pointeurs sur des vitrages, des masques, etc...

Le comportement des occupants, lié à l'utilisation du bâtiment est défini dans un scénario d'occupation contenant les infiltrations, puissance maximale pour le chauffage, le chauffage, la puissance maximale pour le refroidissement, le refroidissement et les charges internes.

7.5.3 La ventilation

Il est également possible de prendre en compte différents types de ventilation interne entre les volumes et entre volumes et extérieur. L'échange d'air entre les volumes peut être modelé de trois manières :

- 3.1. La circulation d'air provoquée par des raccordements d'advection entre les volumes, elle dépend des ouvertures, de la différence de température et de pression statique entre deux volumes.
- 3.2. L'infiltration entre un volume et l'air extérieur
- 3.3. La ventilation forcée entre les volumes et l'air extérieur.

7.5.4 Emplacement, période de simulation et climat

Dans un fichier climat préparé par l'utilisateur, doivent figurer :

La latitude du site, sa longitude, le temps par rapport au méridien, et la période de la simulation.

Des valeurs horaires pour le rayonnement solaire et les températures extérieures sont lues à partir du fichier de données climatique qui inclut les données suivantes :

- | | |
|---|---|
| 1 | année |
| 2 | mois |
| 3 | jour |
| 4 | heure |
| 5 | température sèche de l'air extérieur (°C) |
| 6 | humidité de l'air (kilogramme/kg) |
| 7 | rayonnement solaire diffus et rayonnement de ciel sur la surface
Horizontale (W/m ²) |
| 8 | rayonnement solaire normal (W/m ²) |
| 9 | la température du ciel (°C) |

Figure 7.4 Résume les relations fonctionnelles entre différents paramètres

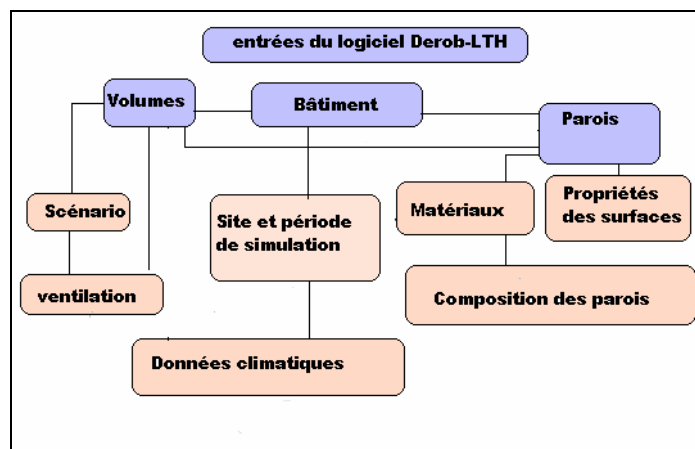


Figure 7.4 Relations fonctionnelles entre différents paramètres (auteur).

7.6 Les sorties

En sortie figurent les évolutions temporelles des températures d'air, des puissances fournies et cédées, ainsi que le cumul des puissances sensibles et latentes. Le confort thermique peut également être évalué.

Derob-LTH permet également de visualiser les projets en 3D avec diverses possibilités de Représentation.

Le programme dispose de la possibilité de calcul de la moyenne mensuelle, des valeurs horaires d'un jour du mois, des valeurs horaires chaque jour. Ce dernier type choisi pour notre étude, donne des valeurs horaires des températures de l'air intérieur, du jour de la période de simulation.

Trois sorties peuvent figurer à la fin de la simulation au dossier Surf_tmp: Les températures des surfaces intérieures, la température de l'air intérieur et la température effective pour le volume choisi sont écrites.

Le programme illustre graphiquement la distribution du vote moyen prévisible (PMV), le pourcentage prévu de personnes non satisfaites (PPD) et les températures effectives en volume. Le vote moyen prévisible (PMV) et le pourcentage prévu de personnes non

satisfaites sont calculés selon la norme internationale¹ 7730, 1974. Pour cela, la géométrie du volume, les températures de surface et de l'air aussi bien que le rayonnement solaire sont prises en considération d'une manière détaillée. Chaque paramètre de confort peut être illustré comme sur le schéma à différents niveaux du volume. Cependant l'analyse de confort est limitée à une seule pièce, qui est le séjour dans notre cas.

Dans le programme de confort, la géométrie de la pièce, les températures de l'air et de surface, le rayonnement solaire réfléchi, le rayonnement transmis par des fenêtres sont pris en considération.

7.7 Exemples d'études de comportement thermique réalisé par Derob6LTH

7.7.1 Distribution du rayonnement solaire dans les espaces adjacents aux espaces vitrés

Les résultats des programmes de simulations sont basés sur des formules et des méthodes de calcul, avec la diversité de ces méthodes, il n'est parfois pas étonnant de voir grandes différences numériques entre ces logiciels.

M. Wall de l'Université de Lund, en suède a présenté dans une étude, une comparaison de la distribution de la radiation solaire entre l'espace vitré et la pièce adjacente réalisée par quatre programmes de simulations, DEROB-LTH, SUNREP (TRNSYS), FRES et TSBI3. L'étude a montré l'influence du choix de la méthode de distribution de la radiation solaire, sur l'estimation de températures et les exigences de chauffage et de refroidissement.

Les résultats indiquent que les deux programmes DEROB-LTH et TRNSYS, ont estimé une partie beaucoup plus grande de radiation devant être perdue à l'extérieur, que les deux autres programmes.

L'influence de l'absorptivité diffère grandement entre les programmes. FRES affirme que ce facteur n'a presque pas d'influence, pendant que Derob-LTH montre sa plus grande influence.

¹Kurt Källblad. *Derob-Lth support/08/03/1, user manual version 99.01+3*. Laboratoire de simulation numérique de l'école d'architecture, université de Texas a Austin.

Les calculs entrepris avec Derob-LTH et Trnsys, avec une absorptivité élevée, ont aboutit à des résultats en bon accord.

Des quatre programmes résultent des différences considérables de températures moyennes estimées pendant un jour d'été. C'est la raison pour laquelle, les exigences en énergie pour refroidir l'espace vitré à 25°C varient grandement. (Table 7.2)

	DEROB-LTH,	SUNREP/ (TRNSYS)	FRES	Tsbi3
Radiation absorbée (en décembre)	14.7 kWh	21,9 kWh	42.4 kWh	33,7 kWh
exigences chauffantes pour chauffer la serre à 10°C	118	111	90	99
Température moyenne dans la serre pour un jour d'hiver (°C)	0,2	0,8	2,5	1,8
Température moyenne dans la serre pour un jour d'été (°C)	24,3	27,5	41,1	43,6
Demande pour refroidir la serre à 25°C	0	35	200	209

Table 7.2 Résultats des simulations des quatre programmes pour un facteur d'absorption =20% (résumés par auteur.)

En dernier lieu, le chercheur affirme que le confort thermique peut être sous-estimé fortement si le calcul de la distribution de la radiation solaire n'est pas correct, et qu'une surestimation de gains solaires entraîne une sous-estimation des exigences d'énergie pour chauffer la serre¹.

¹M. Wall129-135. Distribution of solar radiation in glazed spaces and adjacent buildings.

A comparison of simulation programs. . Energy and Buildings 26 (1997)

Cette étude a montré que, parmi les programmes étudiés, seulement Trnsys et Derob-LTH ont des méthodes appropriées pour calculer les gains solaires.

7.7.2 L'évaluation de la contribution solaire dans un climat méditerranéen

Selon Oliveti et autres¹, les méthodes appliquées dans la majorité des programmes de simulation évaluent la fraction solaire de rayonnement efficacement rassemblée par les systèmes vitrés d'une manière simplifiée. Ces procédures ne considèrent pas correctement les phénomènes de la réflectivité multiple, qui doivent être pris en considération lorsque les surfaces vitrées du bâtiment sont tout à fait grandes.

Dans une étude réalisée par G. Oliveti et coll.², les chercheurs exposent la contribution solaire d'une serre et sa capacité de collection de l'énergie solaire pour une localité en Grèce. Il consiste également à analyser la dépendance de la contribution solaire des surfaces de verre composant la serre, du rapport surface opaque / surface vitrée, du type de verre, des propriétés optiques des surfaces opaques, et de l'orientation. Le travail paramétrique est réalisé avec le programme dynamique de simulation Derob-LTH, qui modèle le comportement optique et thermique des surfaces de verre avec la grande exactitude³.

7.7.3 Étude des systèmes de fenêtres à efficacité énergétique

Des études paramétriques ont été réalisées par Helena Bülow-Hübe avec l'outil dynamique de simulation d'énergie Derob-LTH. Afin d'étudier les effets des choix de fenêtre sur l'énergie dans les bâtiments résidentiels et de bureau au Suède ainsi que la demande annuelle de chauffage du climat de Stockholm quatre maisons ayant chacune un type de fenêtre typique

¹ G. Oliveti et coll. *Solar contribution evaluation for building attached sunspace in the Mediterranean climate*. International Conference "Passive and Low Energy Cooling 841 for the Built Environment", May 2005, Santorini, Greece

² G. Oliveti et coll. *Solar contribution evaluation for building attached sunspace in the Mediterranean climate*. International Conference "Passive and Low Energy Cooling 841 for the Built Environment", May 2005, Santorini, Greece

³ G. Oliveti et coll. *Solar contribution evaluation for building attached sunspace in the Mediterranean climate*. International Conference "Passive and Low Energy Cooling 841 for the Built Environment", May 2005, Santorini, Greece

ont été simulées. Selon Helena Bülow-Hübe, Derob-LTH est un outil dynamique de simulation d'énergie, il a la possibilité d'étudier la pleine interaction entre la fenêtre, l'espace, la ventilation et les charges internes produites par les occupants de l'espace. (Figure 7.5)

Le module de l'éclairage naturel développé a été également exploité pour des simulations de l'éclairage naturel, et des comparaisons à d'autres outils, il a également montré une bonne concordance avec les résultats de la simulation du programme radiance pour des conditions semblables.

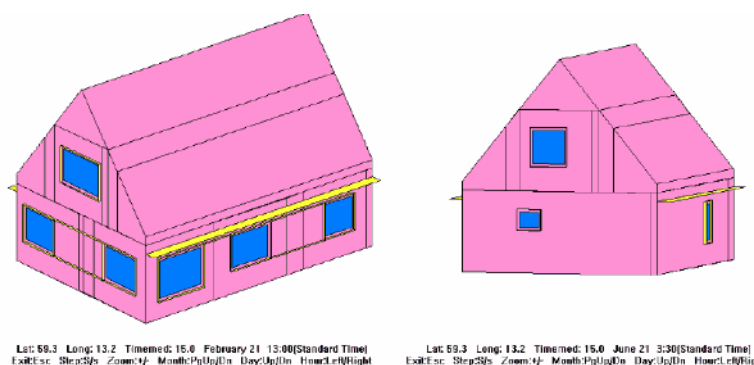


Figure 7.5 Modèle d'une maison dont la demande annuelle de chauffage est simulée par Derob-LTH. Source¹ Helena Bülow-Hübe. 2001

7.8 Objectifs de la simulation et configurations de vérandas

Notre étude consiste à optimiser la conception de la loggia vitrée dans l'optique de maximiser son apport thermique hivernal, et de minimiser cet apport en période chaude, de réduire également la consommation d'énergie propre au chauffage et à la climatisation, et par suite les émissions des gaz à effet de serre pour l'année entière.

7.9 Modèle d'étude

Afin de valider le rôle de la loggia vitrée sur le confort thermique, dans la région de Constantine, on s'est limité à l'évaluation de la température de l'air dans l'espace qui lui est adjacent. C'est aussi dans un objectif de définir un modèle pour le rendement optimal de ce dispositif passif, que plusieurs simulations sont entreprises.

¹ Helena Bülow-Hübe. *Energy-efficient window systems effects on energy use and daylight in buildings Doctoral dissertation*. Lund university, Lund institute of technology, Lund 2001.

La modélisation du comportement thermique de la loggia vitrée repose sur un modèle réel qui est l'objet d'étude de la campagne de mesure décrit précédemment dans (chapitre 5). Cependant il est impératif de rappeler qu'il s'agit de l'habitat collectif ou la loggia est fermée par les habitants, par du vitrage simple clair, monté sur une structure métallique.

La simulation est réalisée sous un ciel clair à passage nuageux, pour le jour du 06 février 2007, qui est un jour froid représentatif des conditions climatiques hivernales de la région de Constantine. La journée du 05 juillet 2007 est choisie également pour représenter les conditions climatiques estivales, sous un ciel clair.

7.10 Hypothèses

Plusieurs hypothèses sont posées afin d'améliorer le rendement thermique de la loggia vitrée pendant les deux périodes hivernale et estivale.

- un rapport optimal de la surface de captage solaire vis-à-vis de la surface totale du mur exposé au sud favorise le rendement thermique de la loggia vitrée.
- Un rapport adéquat de l'aire de la masse de stockage à la surface du plancher à chauffer en hiver, permet d'éviter la surchauffe en été.
- Possibilité de la réduction de la surchauffe par augmentation de la surface ouvrante de la paroi vitrée.
- Une ventilation transversale est nécessaire pour dissiper la chaleur cumulée pendant les heures chaudes de la journée.
- L'occultation de la portion vitrée du mur sud de la loggia vitrée réduit les déperditions thermiques en hiver.
- L'occultation de la portion vitrée du mur sud de la loggia vitrée réduit les gains solaires en été.
- Toutes ces solutions passives peuvent faire de cet espace tampon, un espace de valeur pour le confort thermique de l'espace adjacent, pour l'année entière.

7.11 Démarche de la simulation

Deux rapports de la surface transparente par rapport à la surface totale de la paroi vitrée de la loggia sont retenus. Un rapport minimal de 50%, et un autre maximal de 80%, ce dernier est le rapport maximal admit par le programme Derob – LTH.

La masse de stockage thermique est située dans le mur de liaison loggia - séjour, qui étant sur dimensionnée ou sous dimensionnée, elle entraîne directement un inconfort thermique dans l'espace adjacent.

Afin de trouver le rapport optimal de la surface de stockage thermique, à la surface du plancher de l'espace adjacent, le rapport du cas existant de 87% est retenu, avec les rapports suivants : 75%, 70%, 60%, 50% et 40%.

7.12 Etapes de la simulation

La structure globale du travail de simulation est basée sur les étapes qui suivent :

La première étape est la validation du programme Derob- LTH, à partir d'une comparaison entre les températures calculées par le programme est celles de la campagne de mesure, entreprise pour le même logement est pour le jour type du 05 juillet 2007.

La seconde étape vise de trouver la meilleure configuration de la loggia vitrée, elle démarre du cas réel présentant les rapports suivants :

- 53% de la portion de la paroi extérieure de la loggia vitrée est transparente.
- 88% est le rapport de la masse thermique à la surface du plancher de l'espace adjacent.

Comme la différence dans les résultats de la simulation entre les deux cas relatifs aux rapports de 53% et 50%, n'était pas palpable, le rapport de 50% est considéré comme cas réel dans ce travail.

La troisième étape vise l'amélioration du rendement de la loggia vitrée à travers les paramètres suivants :

- La surface ouvrante du vitrage.
- la ventilation transversale.
- La profondeur de l'auvent d'occultation fixe.
- le type d'occultation intérieure approprié.

7.13 Résultats et analyses

7.13.1 Validation du programme de simulation

Avec le programme de simulation de bâtiment Derob-LTH décrit ci-dessus, les calculs ont permis de valider le programme sur la base des données concernant la géométrie du bâtiment, et la composition de ces éléments. (Figure 7.6)

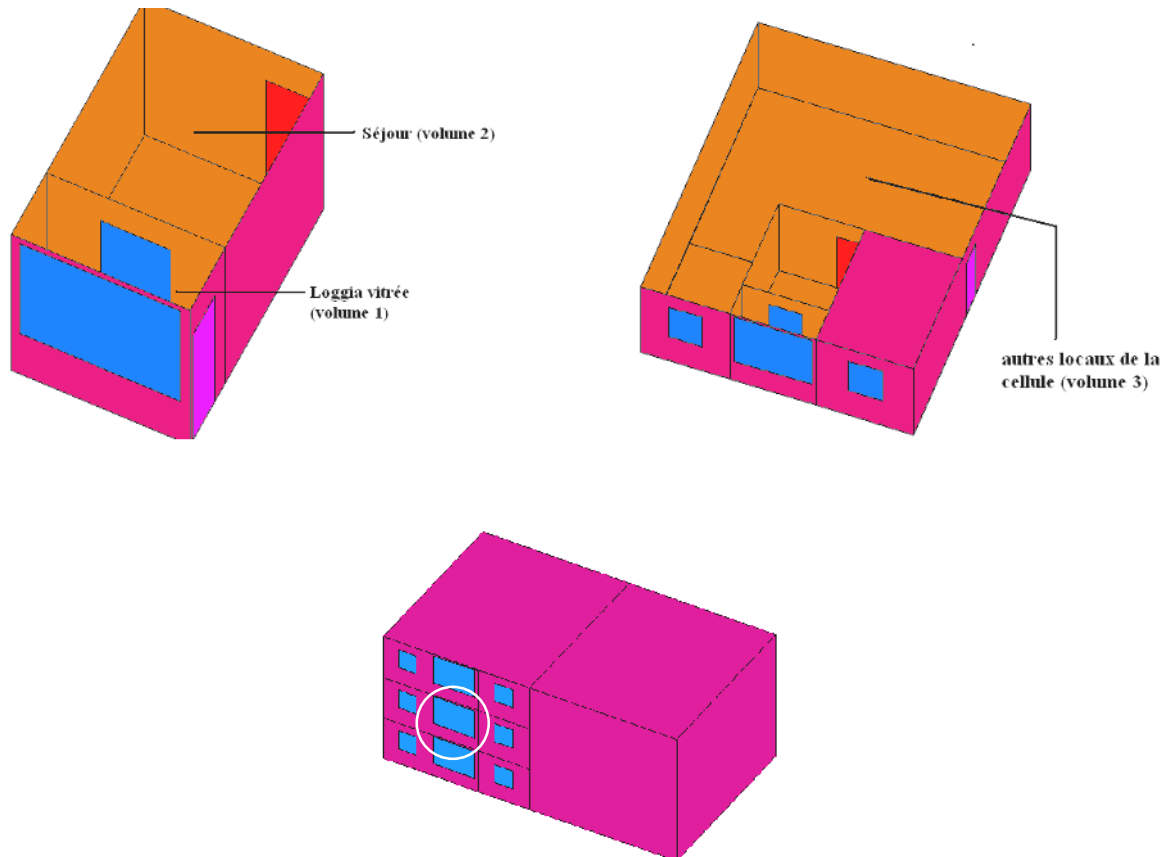


Figure 7.6 vues sur les volumes de la cellule, position de la cellule objet d'étude dans l'ensemble.

Pour une conception optimale de l'énergie et la réduction de la surchauffe dans le logement, la connaissance détaillée du rayonnement solaire, direct et diffus est exigée. Un fichier climatique contenant la température et l'humidité de l'air extérieur, et le rayonnement solaire pour chaque heure est préparé. Les données climatiques utilisées proviennent des services de la météorologie, quant au rayonnement direct et diffus, ils ont été calculés par le programme RayMan 1.2 © 2000. (Figure 7.7 et 7.8).

```

C:\drb9901\CLIMATE\hiverCLI.CLI - Notepad2
Fichier Edition Affichage Parametres ?
1 c Climate Data File for JULOTTA and DEROB-LTH in 1990-format
2 c Created with KKGCONV.FOR written by Kurt K.llblad
3 c 1994.03.10
4 c
5 c Site name: khroub. constantine
6 c 1:st Day: 2007.02.06
7 c Last Day: 2007.02.06
8 c
9 c Latitude:      36.17 (Pos. to North)
10 c Longitude:    07.23 (Pos. to East)
11 c Time Meridian: 01.00 (Pos. to East)
12 c Standard Time is used
13 c
14 c Items: Year, Month, Day, Hour, Tout, Xout, IdH, IN, Tsky(rad=meas)
15 c Format: ( 14, 3i3, lx,f6.2, lx,f5.4, 2(lx,f7.2), lx,f6.2 )
16 c
17 2007 2 6 1 7.20 .0000 .00 .00 0.00
18 2007 2 6 2 6.10 .0000 .00 .00 0.00
19 2007 2 6 3 5.00 .0000 .00 .00 0.00
20 2007 2 6 4 3.90 .0000 .00 .00 0.00
21 2007 2 6 5 3.83 .0000 .00 .00 0.00
22 2007 2 6 6 3.76 .0000 .00 .00 0.00
23 2007 2 6 7 3.70 .0000 39.00 44.50 0.00
24 2007 2 6 8 4.36 .0000 78.00 89.00 0.00
25 2007 2 6 9 5.70 .0000 124.00 227.00 0.00
26 2007 2 6 10 6.56 .0000 124.00 365.00 0.00
27 2007 2 6 11 7.43 .0000 124.60 425.00 0.00
28 2007 2 6 12 8.30 .0000 124.40 485.00 0.00
29 2007 2 6 13 8.80 .0000 124.70 425.00 0.00
30 2007 2 6 14 9.30 .0000 124.20 365.00 0.00
31 2007 2 6 15 9.80 .0000 101.00 227.00 0.00
32 2007 2 6 16 9.10 .0000 78.50 89.00 0.00
33 2007 2 6 17 8.40 .0000 39.00 46.00 0.00
34 2007 2 6 18 7.70 .0000 0.00 .00 0.00
35 2007 2 6 19 7.43 .0000 .00 .00 0.00
36 2007 2 6 20 7.16 .0000 .00 .00 0.00
37 2007 2 6 21 6.90 .0000 .00 .00 0.00
38 2007 2 6 22 6.96 .0000 .00 .00 0.00
39 2007 2 6 23 7.03 .0000 .00 .00 0.00
40 2007 2 6 24 7.10 .0000 .00 .00 0.00
Lig 1: 47 Col 1 Sel 0 1,69 Ko ANSI CR+LF INS Tes

```

Figure 7.7 Fichier climatique, relatif au jour type du 06 février de l'année 2007.

```

C:\drb9901\CLIMATE\eteCLI.CLI - Notepad2
Fichier Edition Affichage Parametres ?
1 c Climate Data File for JULOTTA and DEROB-LTH in 1990-format
2 c Created with KKGCONV.FOR written by Kurt K.llblad
3 c 1994.03.10
4 c
5 c Site name: khroub. constantine
6 c 1:st Day: 2007.07.05
7 c Last Day: 2007.07.05
8 c
9 c Latitude:      36.17 (Pos. to North)
10 c Longitude:    07.23 (Pos. to East)
11 c Time Meridian: 01.00 (Pos. to East)
12 c Standard Time is used
13 c
14 c Items: Year, Month, Day, Hour, Tout, Xout, IdH, IN, Tsky(rad=meas)
15 c Format: ( 14, 3i3, lx,f6.2, lx,f5.4, 2(lx,f7.2), lx,f6.2 )
16 c
17 2007 7 5 1 17.90 .0000 .00 .00 0.00
18 2007 7 5 2 17.50 .0000 .00 .00 0.00
19 2007 7 5 3 17.10 .0000 .00 .00 0.00
20 2007 7 5 4 17.40 .0000 .00 .00 0.00
21 2007 7 5 5 17.70 .0000 .00 .00 0.00
22 2007 7 5 6 18.10 .0000 44.00 83.00 0.00
23 2007 7 5 7 19.90 .0000 167.00 155.00 0.00
24 2007 7 5 8 21.70 .0000 324.00 188.00 0.00
25 2007 7 5 9 23.50 .0000 479.00 200.00 0.00
26 2007 7 5 10 24.60 .0000 605.00 203.00 0.00
27 2007 7 5 11 25.70 .0000 688.60 202.00 0.00
28 2007 7 5 12 26.80 .0000 716.40 201.00 0.00
29 2007 7 5 13 27.16 .0000 688.70 202.00 0.00
30 2007 7 5 14 27.53 .0000 605.20 203.00 0.00
31 2007 7 5 15 27.90 .0000 479.40 200.00 0.00
32 2007 7 5 16 26.33 .0000 324.50 188.00 0.00
33 2007 7 5 17 24.76 .0000 167.00 155.00 0.00
34 2007 7 5 18 23.20 .0000 44.00 83.00 0.00
35 2007 7 5 19 21.43 .0000 1.00 0.00 0.00
36 2007 7 5 20 19.66 .0000 0.00 0.00 0.00
37 2007 7 5 21 16.10 .0000 0.00 0.00 0.00
38 2007 7 5 22 17.90 .0000 0.00 0.00 0.00
39 2007 7 5 23 35.60 .0000 0.00 0.00 0.00
40 2007 7 5 24 53.30 .0000 0.00 0.00 0.00
Lig 1: 47 Col 1 Sel 0 1,72 Ko ANSI CR+LF INS Tes

```

Figure 7.8 Fichier climatique, relatif au jour type du 05 de l'année 2007.

Les résultats de la validation que nous montrons dans la suite sont relatifs à la journée du 05 juillet 2007. La courbe de températures de l'air, enregistrée et celle calculée par le programme Derob-LTH présentent une évolution similaire, avec un écart maximal de 1.2°C. Cet écart peut être qualifié de très admissible (Figure 7.9). Ceci revient au comportement des usagers, qui bien qu'il soit pris en compte par le programme de calcul, il est évident qu'il n'est pas constant selon les tranches horaires définies pour le logiciel.

L'écart observé entre les deux courbes revient également à la température de l'air extérieure utilisée dans le calcul, qui est celle de la station météorologique, le microclimat du site, a certainement ses particularités.

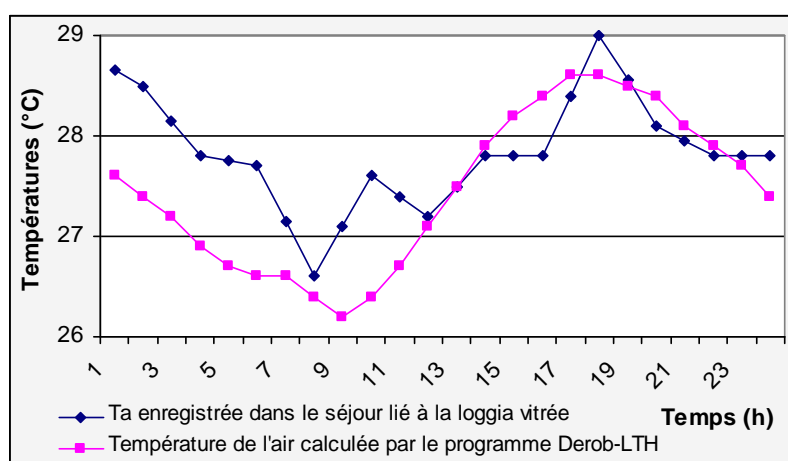


Figure 7.9 Validation du programme Derob-LTH faite pour une orientation Ouest, pour le jour type du 05/07/2007.

7.13.2 Détermination de la portion transparente, et la masse thermique

Le rapport de la portion transparente du vitrage destiné au captage solaire, a été fixé, et combiné aux différents rapports de la surface de la masse thermique à la surface du plancher de l'espace adjacent, selon les cas suivants, afin de décider du cas optimal vis-à-vis du confort thermique (Table 7.3).

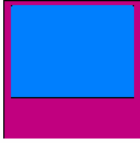
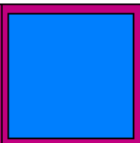
Rapport de la portion transparente à la paroi extérieure.	Rapport de la surface de la masse thermique à la surface du plancher de l'espace adjacent.					
 50%	87% Cas 50/87	75% Cas 50/75	70% Cas 50/70	60% Cas 50/60	50% Cas 50/50	40% Cas 50/40
 80%	87% Cas 80/87	75% Cas 80/75	70% Cas 80/70	60% Cas 80/60	50% Cas 80/50	40% Cas 80/40

Table 7.3 Différents cas d'étude.

Le calcul de la température de l'air dans l'espace adjacent pour les deux jours types, hivernal et estival, a pu montrer que le meilleur cas relatif à une portion transparente de 50% est le cas 50/60, ou le rapport de la surface de la masse thermique à la surface du plancher de l'espace adjacent est 60%. (Voir figure 7.10 et 7.11, table 7.4)

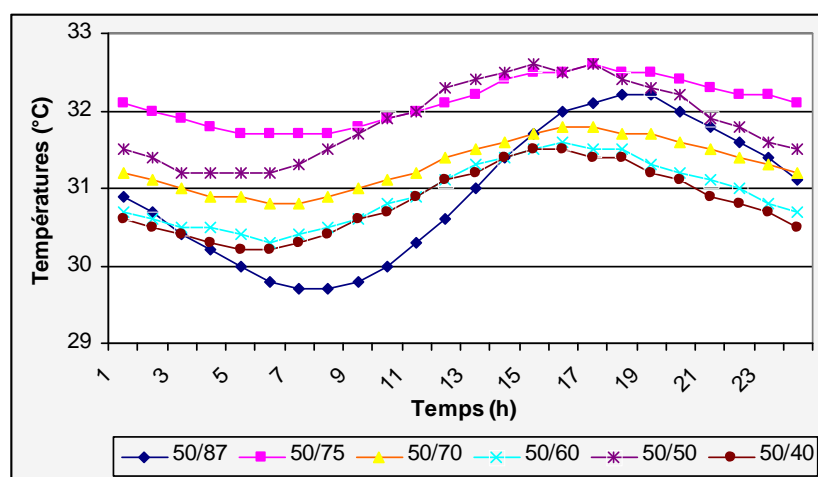


Figure 7.10 Variation de la température de l'air dans le séjour lié à la loggia vitrée, pour le jour type chaud du 05/07/2007

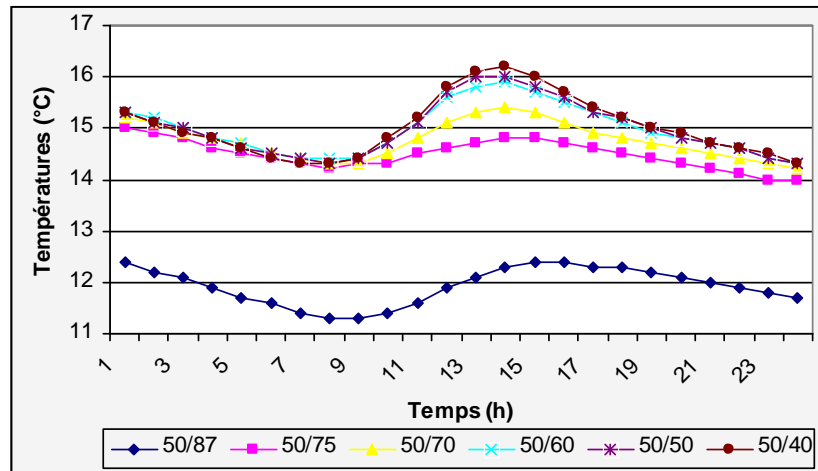


Figure 7.11 Variation de la température de l’air dans le séjour lié à la loggia vitrée, pour le jour type froid du 06/02/2007.

Comme le rôle de la loggia vitré est contradictoire, vis-à-vis du confort thermique, les courbes de températures indiquent que le cas favorable pour le confort estival est défavorable pour le confort hivernal. Cependant un classement des cas selon leur performance hivernale et estivale a permis de décider sur le meilleur cas.

Classement des cas étudié selon leur performance.						
hiver	50/40	50/50	50/60	50/70	50/75	50/87
été	50/87	50/40	50/60	50/70	50/50	50/75

Table 7.4 Détermination du cas de la loggia vitrée favorisant un rendement thermique optimal.

Concernant une portion transparente de la paroi extérieure de la loggia de 80%, le meilleur cas sur le plan thermique est celui relatif à un rapport de la surface de la masse thermique à la surface du plancher de l’espace adjacent de 40%. (Figures 7.12, et 7.13, table 7.5)

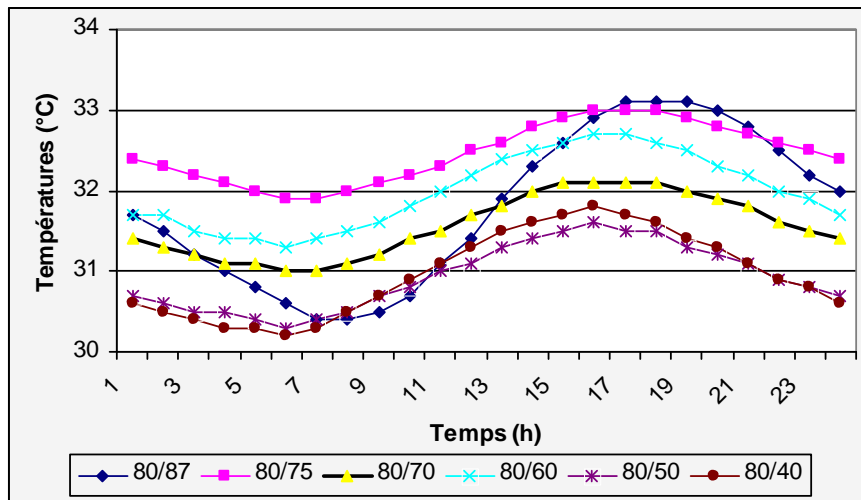


Figure 7.12 Variation de la température de l'air dans le séjour lié à la loggia vitrée, pour le jour type chaud du 05/07/2007.

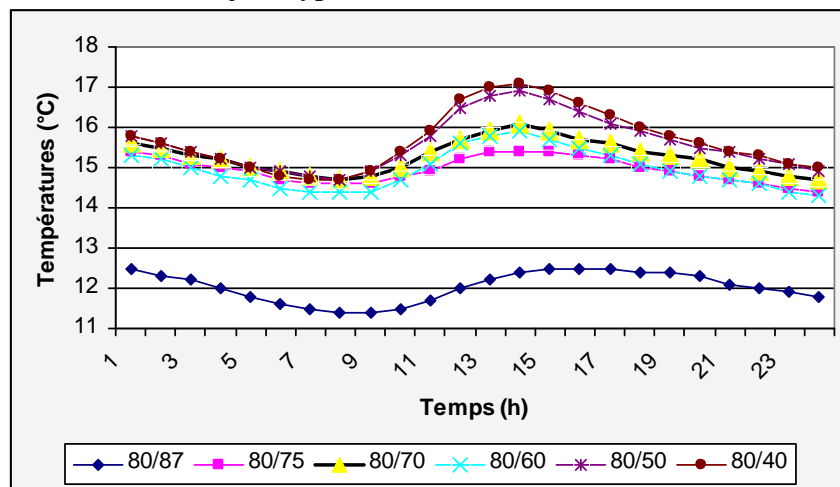


Figure 7.13 Variation de la température de l'air dans le séjour lié à la loggia vitrée, pour le jour type froid du 06/02/2007.

	Classement des cas étudié selon leur performance.(de gauche à droite)					
hiver	80/40	80/50	80/70	80/60	80/75	80/87
été	80/40	80/50	80/70	80/87	80/60	80/75

Table 7.5 Détermination du cas de la loggia vitrée favorisant un rendement thermique optimal.

Bien que les deux cas, 50/60 et 80/40, ont montré leur performance, une comparaison entre les deux a permis de déterminer le meilleur cas, qui est le 80/40, en effet une loggia vitrée de 80% de surface vitrée, et dont la masse thermique située dans le mur de liaison constitue 40% de la surface du plancher de l'espace adjacent, a un rendement meilleur du point de vue

confort thermique hivernal (Figure 7.14). Quant à la légère hausse de la température de l'air observée en période estivale vis à vis du deuxième cas, il est envisageable de la réduire par une ventilation adéquate.

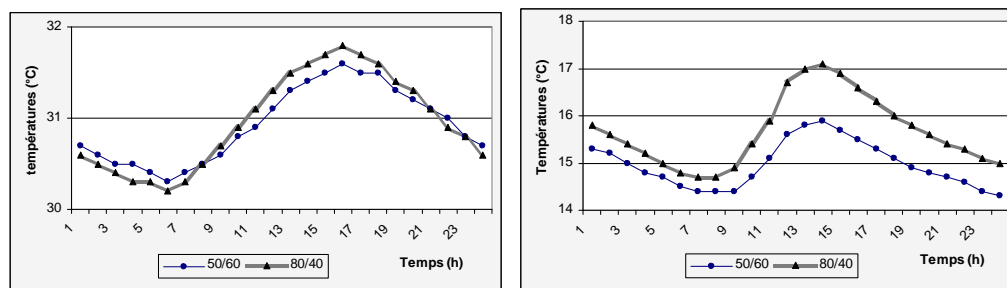


Figure 7.14 Température de l'air dans le séjour, pour les deux cas. À gauche pour un jour type chaud, à droite pour un jour type froid.

7.14 Amélioration du rendement thermique de la loggia vitrée modèle 80/40

Afin d'améliorer le rendement thermique, du modèle de la loggia vitrée 80/40 retenu, nous avons fait varier les paramètres suivants :

La surface ouvrante du vitrage, la profondeur de l'occultation fixe (auvent), la masse de stockage thermique, une ventilation transversale, et l'occultation intérieure de la paroi vitrée.

7.14.1 Surface ouvrante du vitrage

Le modèle retenu pour la simulation, est doté d'un ouvrant qui constitue 15% de la portion transparente du mur extérieur de la loggia. Une augmentation de cette surface est entreprise afin de favoriser la ventilation et la dissipation de la chaleur en saison chaude, un passage de 15% à 60% a permis de montrer qu'un ouvrant constituant 60% de la paroi vitrée permet de réduire la température de l'air dans le séjour. Cela rejoint le guide de recommandations¹, qui recommande au moins 20 à 30% de la surface vitrée ouvrante. Le Guide² pour la région PACA, recommande une surface d'ouvrants au moins égale au 1/3 de la surface de la véranda s'avère appropriée pour un climat à hivers froids et été chauds.

¹ Logements a faibles besoins en énergie. Guide de recommandations et d'aide à la conception cabinet olivier sidler. 2000

² Conception thermique de l'habitat. Guide pour la région Provence-Alpe-Cote d'Azur. Edissud.1988. p 87

Les courbes de la température de l'air montre que l'effet de la ventilation sur la réduction de la température apparaît en absence du soleil (figure 7.15).

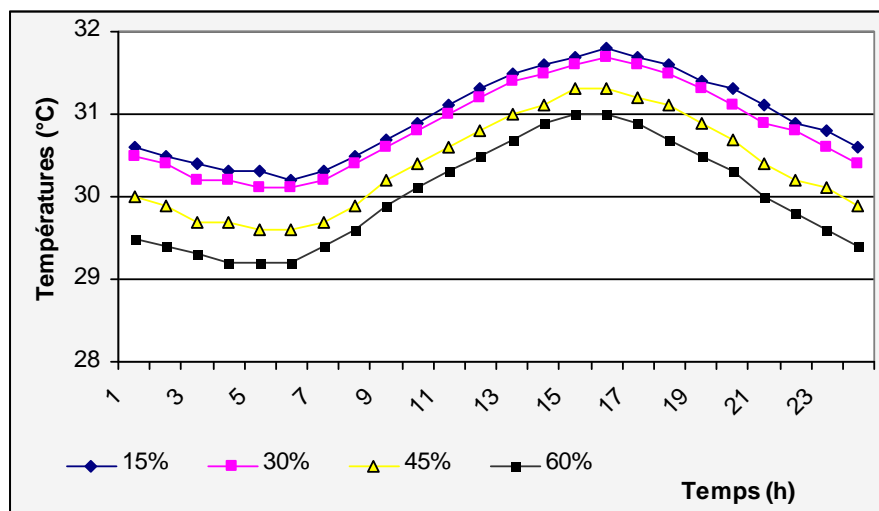


Figure 7.15 effet de l'augmentation de la surface ouvrante du vitrage sur la température de l'air de l'espace adjacent.

La ventilation a un meilleur effet sur la réduction de la température de l'air, lorsqu'elle est maximale et constante. La fermeture des ouvrants, en période diurne, est à l'origine d'une augmentation de 0.51°C en moyenne de la température de l'air du séjour. Cela est logique dans la mesure où le rayonnement solaire transmis à l'intérieur de la loggia vitrée reste piégé, élevant ainsi la température de l'air en présence des apports solaires et la quantité de chaleur stockée dans la masse thermique.

* La ventilation nocturne ne peut à elle seule résoudre le problème de surchauffe. Il est recommandé de laisser les ouvrants constamment ouverts en période chaude afin d'entraver le piégeage de la chaleur dans le volume de la loggia par effet de serre (figure 7.16) La simulation de T. Mestik¹ indique également des réductions de la charge du rafraîchissement, pour la serre avec fenêtres laissées ouvertes toute la saison de rafraîchissement.

¹ Ted Kesik Mark Simpson. *Thermal performance of attached sunspaces for. canadian houses*. Faculty of Architecture, Landscape and Design, University of Toronto.

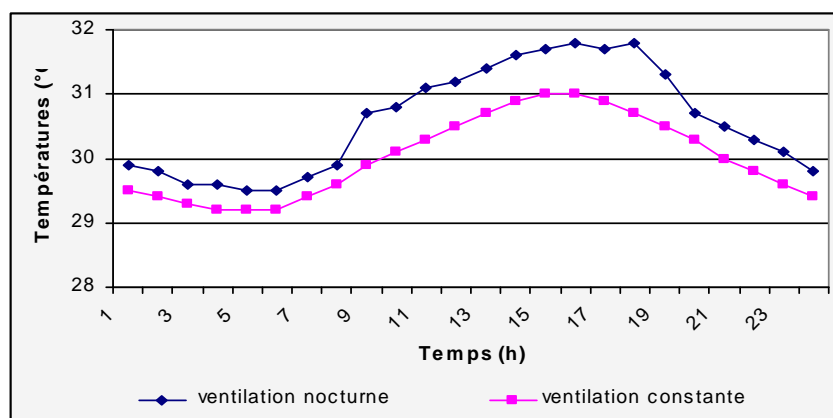


Figure 7.16 Effet de la ventilation constante sur la température de l’air de l’espace adjacent.

7.14.2 Ventilation transversale

La ventilation incitée par ouverture des ouvrants de la paroi vitrée à elle seule est incapable de dissiper la chaleur cumulée pendant les heures chaudes de la journée, une ventilation transversale est prévue afin de participer à un refroidissement de la structure. La ventilation transversale a pu montrer son efficacité à rapprocher l’ambiance intérieure des situations de confort en réduisant la température du séjour de 5.62°C. (Figure 7.17).

La valeur de 5.62°C réalisée par la ventilation augmente le confort de l’espace adjacent et réduit par conséquent la consommation en énergie. Ce résultat rejoint ceux obtenus par C.Boonstra et R.Vollebregt,¹ qui affirment que l’économie réelle des balcons vitrés dépend de plusieurs paramètres. La ventilation fait partie des plus importants.

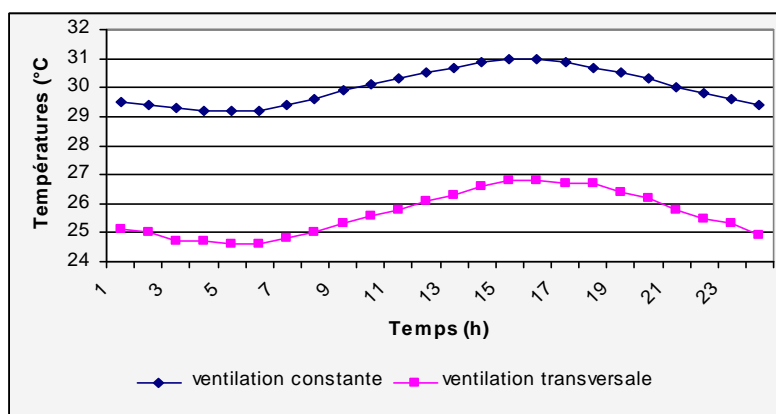


Figure 7.17 Effet de la ventilation transversale conjuguée à une ventilation nocturne sur la température de l’air de l’espace adjacent.

¹ Chiel Boonstra and Rik Vollebregt . *Advanced Glazed Balconies: Integration of Solar Energy in Building Renovation*. IEA SHCP, Task 20 “Solar Energy in Building Renovation”. EuroSun’96. pp1795-1797

7.14.3 Occultation horizontale fixe

Afin de réduire les apports solaires en période chaude, un auvent est placé sur la paroi vitrée de la loggia. La variation de sa profondeur de 20, 40, 60 cm, ce qui correspond à 8%, 15% et 25% de la hauteur de la paroi extérieure de la loggia, a permis de montrer que la meilleure profondeur est celle représentant 15% de la hauteur de la paroi. Cet auvent permettant le passage des rayons solaires bas de l'hiver réduit les apports solaires pendant la période chaude (Figure 7.18, et 7.19)

Cependant, l'effet de la profondeur de l'occultation fixe sur la température intérieure de l'espace adjacent paraît négligeable. L'orientation sud étant la meilleure orientation permettant le passage des rayons solaires en hiver, tout en freinant ce passage en été.

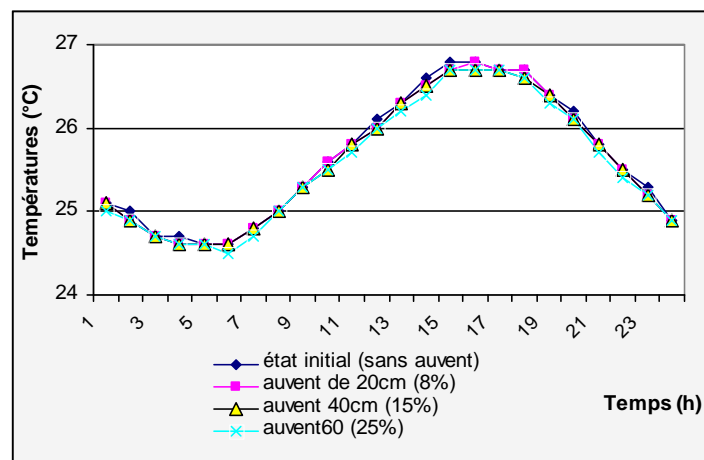


Figure 7.18 Effet de la variation de la profondeur de l'auvent sur la température de l'air de l'espace lié à la loggia vitrée. Pour un jour type chaud.

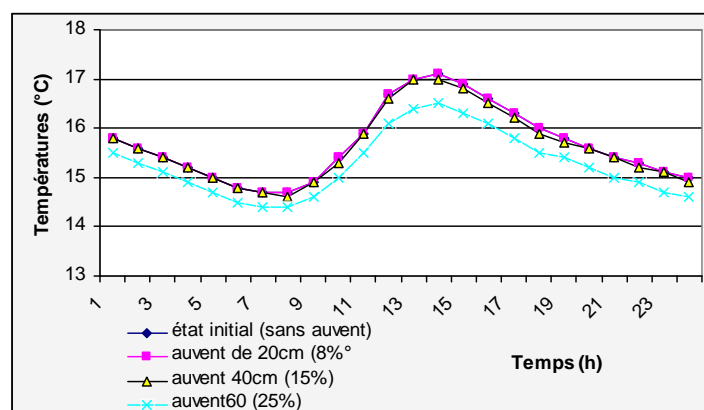


Figure 7.19 Effet de la variation de la profondeur de l'auvent sur la température de l'air de l'espace lié à la loggia vitrée. Pour un jour type froid.

7.14.4 Occultation intérieure de la paroi vitrée

L'occultation intérieure de la paroi vitrée, est un paramètre important dans la performance d'une véranda. En effet, elle permet de réduire les déperditions thermiques vers l'extérieur en période froide et pendant la nuit, et protège l'espace intérieur des apports solaires indésirables en été.

Deux types d'occultations intérieures ont été placés contre la face intérieure de la paroi vitrée : un rideau en toile, et une occultation en bois. L'occultation mobile est activée en absence du rayonnement solaire pour le jour type froid, et inversement, en présence du rayonnement solaire pour le jour type chaud.

L'occultation en bois a montré son efficacité, comparée à celle en toile pour le jour type froid. (Figure 7.21)

Quant au jour type chaud, la figure 7.20 indique que l'occultation par rideau s'avère la plus adéquate. La résistance réduite du rideau laisse passer l'air, et par conséquent permet la ventilation de l'espace loggia. Inversement l'occultation en bois entrave le passage de l'air en période diurne, ce qui explique l'élévation de la température de l'air dans le séjour adjacent à la loggia vitrée.

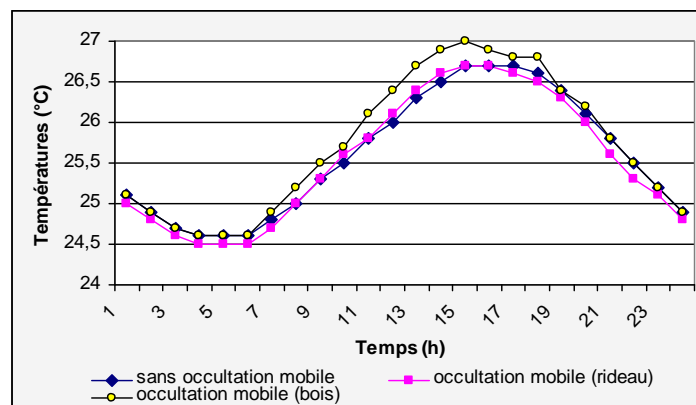


Figure 7.20 Effet de l'occultation diurne de la paroi vitrée sur la variation de la température de l'air en période chaude.

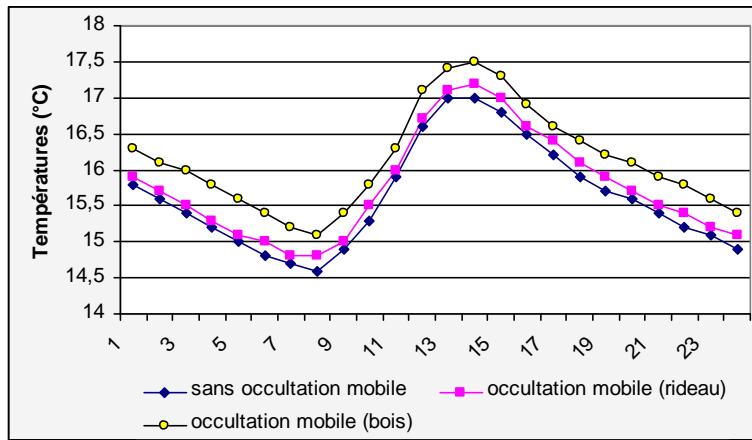


Figure 7.21 Effet de l'occultation nocturne de la paroi vitrée sur la variation de la température de l'air en période froide.

7.14.5 Isolation du mur de liaison séjour-loggia vitrée

Un isolant en laine minérale, est placé sur la face interne du mur de liaison, puis sur sa face externe afin de vérifier l'effet de l'isolation du mur de stockage sur la température intérieure du séjour.

Les résultats ont montré qu'en hiver, l'isolation réduit la température de l'air du séjour. La fenêtre de liaison étant constamment fermée, le passage de la chaleur se fait donc seulement par la partie vitrée. En été, l'isolant entrave la ventilation de l'espace séjour, par conséquent les températures intérieures augmentent. L'isolation est donc déconseillée pour le confort estival. (Figure 7.22 et 7.23)

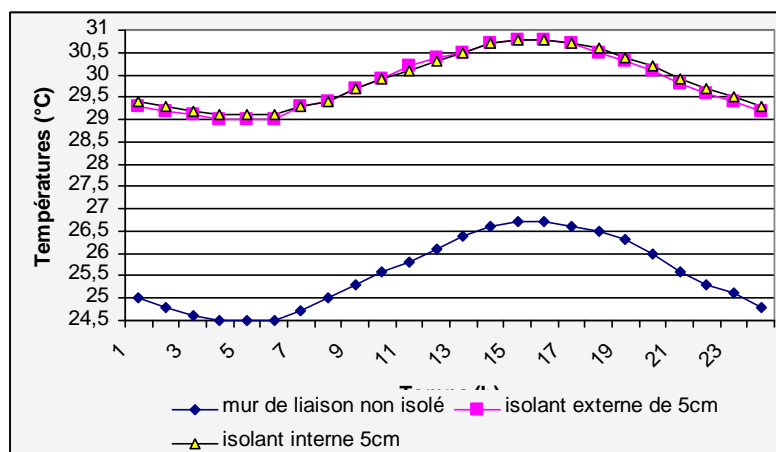


Figure 7.22 Effet de l'isolation de la paroi de liaison sur la variation de la température de l'air en période froide.

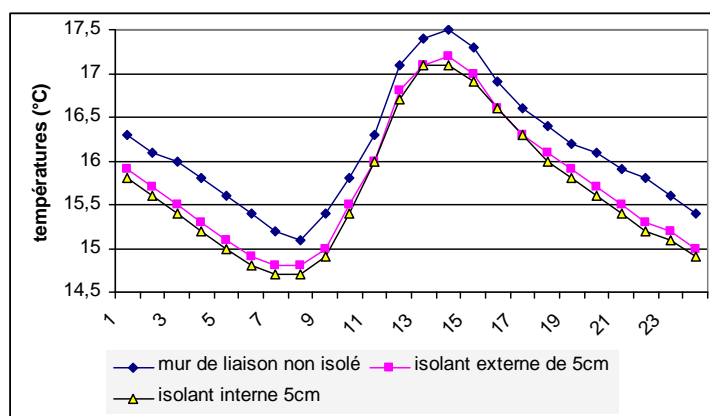


Figure 7.23 Effet de l'isolation de la paroi de liaison sur la variation de la température de l'air en période chaude.

7.15 Evaluation de la performance de la loggia vitrée

Après amélioration du rendement thermique du modèle retenu de la loggia vitré, une étude comparative est entreprise entre le séjour lié à la loggia vitrée et le séjour lié à une loggia sans vitrage.

De Cette étude ressort la valeur de l'espace loggia vitrée dans le rapprochement de l'espace contigu des situations de confort, pour l'année entière. En effet, bien conçu, cet espace augmente les gains solaires en période froide, et protège l'espace contigu des rayons solaires chauds en période chaude. Il atténue les pics de températures, observés au même moment dans la loggia témoin, en agissant sur les températures maximales et minimales, en écrasant principalement les maximales¹. Une augmentation moyenne de la température de l'espace adjacent à la loggia vitrée de 4.21 °C et obtenue en période froide, et une réduction moyenne de la température de l'espace adjacent de 5.4°C est obtenue en période chaude.

Le gain de chaleur de 4,11°C est obtenu en maintenant la fenêtre de liaison constamment fermée, il est bien évident, que cet apport serait meilleur par ouverture de la fenêtre pendant les heures ensoleillées afin de favoriser le passage des gais directs à l'intérieur.

(Figure7. 24, et 7.25)

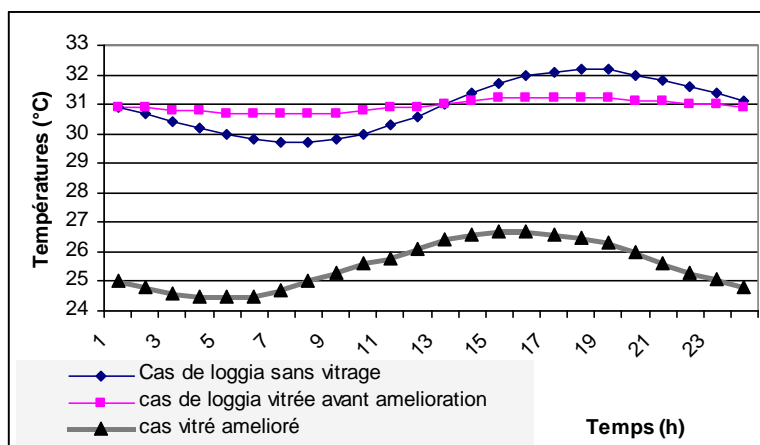


Figure 7.24 Effet de la présence de la loggia vitrée sur la température de l'espace contigu en période chaude.

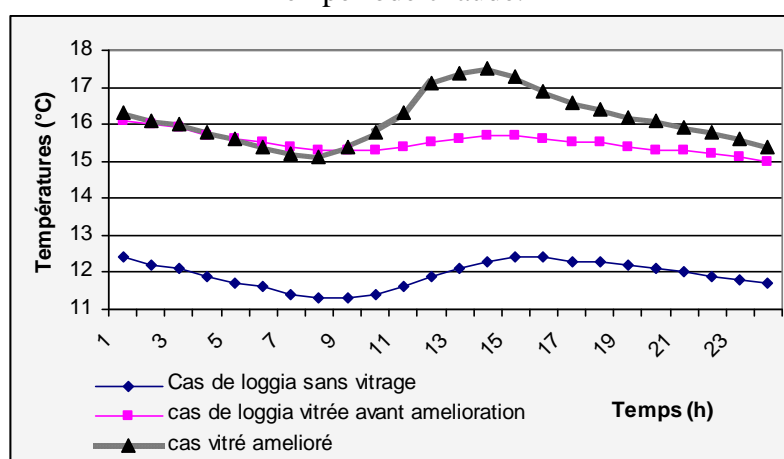


Figure 7.25 Effet de la présence de la loggia vitrée sur la température de l'espace contigu en période froide.

La loggia vitrée, étant bien conçue, a favorisé l'augmentation de la température de l'air de l'espace adjacent de 9,4°C en moyenne, par rapport à la température de l'air extérieure, pour le jour type hivernal. Quant à l'écart moyen entre la température du séjour lié à la loggia vitrée et celle de l'air extérieur, il est de 4,11 °C seulement pour le jour type chaud. (Figure 7.26, et 7.27)

¹SOL.A.R architectes ingénieurs. *Conception thermique de l'habitat. Guide pour la région Provence-Alpes-côte d'azur. Région Pacca*. Edisud 1988. p60

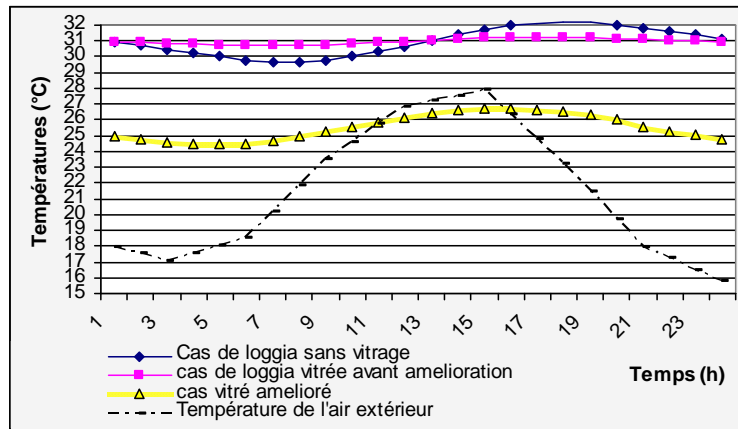


Figure 7.26 Ecart de la température entre la loggia vitrée et l'air extérieur en période chaude.

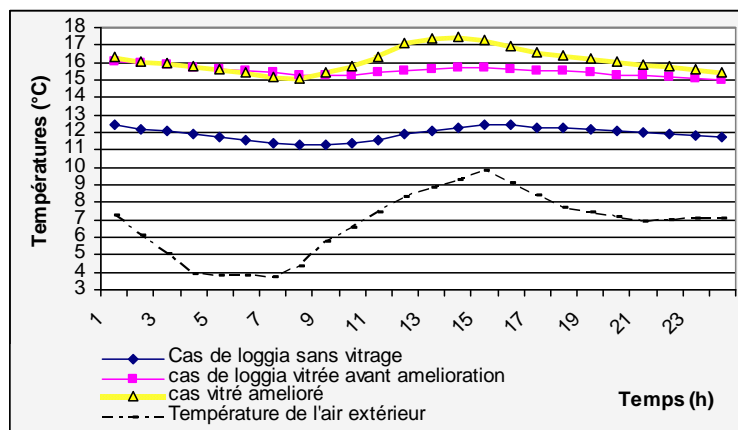


Figure 7.27 Ecart de la température entre la loggia vitrée et l'air extérieur en période froide.

7.15.1 Etude du confort thermique

Le programme Derob-LTH calcule et illustre graphiquement le (PMV), le (PPD) et les températures effectives dans une chambre. Une évaluation du confort thermique est effectuée à partir de la température opérative globale et le PMV, dans les deux espaces séjour et loggia, pour les deux cellules comparées.

L'indice de vote moyen prévisible, (PMV - Predicted Mean Vote) est une évaluation sur base de calculs statistiques de l'avis moyen qu'exprimerait un groupe important de personnes s'il se prononçait sur sa sensation de confort thermique en se référant à l'échelle suivante :

$$PMV = (0,303 e - 0,036 M + 0,028) Acc^1.$$

La zone de confort est obtenue dans l'intervalle: $-0,5 < PMV < +0,5$.

¹ Nicolas Morel et Edgard Gnansounou. *Énergétique du bâtiment*. École polytechnique fédérale de Lausanne. septembre 2007.

Si l'on considère que la zone de confort thermique s'étale de la sensation de légère fraîcheur à la sensation de légère chaleur, le PMV doit avoir une valeur de -1 à +1.

Quant à la température opérative, c'est la moyenne entre la température radiante moyenne et la température de l'air. La température opérative prend donc en compte les températures de surface des parois du local.

Résultats

Les deux indices cités sont calculés, dans chaque point de la pièce, et pour une hauteur de 1.2m, à midi pendant que l'intensité solaire est maximale pour une paroi verticale orientée au sud, et à 22h après la restitution de la chaleur.

Des tables suivantes on peut lire directement que le confort thermique dans le séjour est meilleur avec une loggia vitrée bien conçue pour les deux périodes froide et chaude de l'année. En période hivernale. Le rendement thermique de la loggia vitrée serait meilleur avec une ventilation permettant l'introduction de l'air chauffé de la loggia vitrée dans le séjour. (La fenêtre de liaison est considérée fermée pour toute la période de simulation).

Concernant la période estivale, la température opérative globale s'approche du confort dans le modèle à loggia vitrée amélioré.

Le climat de la loggia vitrée est plus inconfortable que le climat de loggia sans vitrage en période chaude, inversement en période froide, son climat est meilleur.

		Température opérative à 12h.	Température opérative à 22h.
Jour type représentatif de la période froide 06/02/2007	Loggia sans vitrage	<p>To = 20.27°C</p>	<p>To = 11.22°C</p>
	Loggia vitrée (modèle amélioré)	<p>To = 22.52°C</p>	<p>To = 13.30°C</p>
		Pmv calculé à 12h.	Pmv calculé à 22h.
	Loggia sans vitrage	<p>Pmv = -1.19</p>	<p>Pmv = -2.86</p>
	Loggia vitrée (modèle amélioré)	<p>Pmv = +1.74</p>	<p>Pmv = +1.88</p>

Table 7.6 Récapitulation de l'étude de confort thermique dans les deux loggias en période froide

		Température opérative à 12h.	Température opérative à 22h.
Jour type représentatif de la période froide 06/02/2007	Séjour lié à la loggia sans vitrage	<p>To= 15.91°C</p>	<p>To = 15.22°C</p>
	Séjour lié à loggia vitrée (modèle amélioré)	<p>To = 19.73°C</p>	<p>To= 15.25 °C</p>
		Pmv calculé à 12h.	Pmv calculé à 22h.
	Séjour lié à la loggia sans vitrage	<p>Pmv = - 2.45</p>	<p>Pmv = - 2.62</p>
	Séjour lié à la loggia vitrée (modèle amélioré)	<p>Pmv = -1.60</p>	<p>Pmv = -2.62</p>

Table 7.7 Récapitulation de l'étude de confort thermique dans les deux séjours en période froide

		Température opérative à 12h.	Température opérative à 22h.
Jour type représentatif de la période chaude 05/07/2007	Loggia sans vitrage	<p>→N To = 24.72°C</p>	<p>→N To = 22.80°C</p>
	Loggia vitrée (modèle amélioré)	<p>→N To = 30.30 °C</p>	<p>→N To = 24.70°C</p>
		Pmv calculé à 12h.	Pmv calculé à 22h.
	Loggia sans vitrage	<p>→N Pmv = + 1.89</p>	<p>Pmv = +0.86</p>
Loggia vitrée (modèle amélioré)	<p>Pmv = +1.9</p>	<p>Pmv = +0.67</p>	

Table 7.8 Récapitulation de l'étude de confort thermique dans les deux loggias en période chaude

		Température opérative à 12h.	Température opérative à 22h.
Jour type représentatif de la période chaude 05/07/2007	Séjour lié à la loggia sans vitrage	<p>To= 29.18°C</p>	<p>To = 29.39 °C</p>
	Séjour lié à loggia vitrée (modèle amélioré)	<p>To = 28.74°C</p>	<p>To = 28.26°C</p>
		Pmv calculé à 12h.	Pmv calculé à 22h.
	Séjour lié à la loggia sans vitrage	<p>Pmv = +0.87</p>	<p>Pmv = +0.95</p>
	Séjour lié à la loggia vitrée (modèle amélioré)	<p>Pmv = +0.66</p>	<p>Pmv = +0.35</p>

Table 7.9 Récapitulation de l'étude de confort thermique dans les deux séjours en période chaude

7.16 Conclusion

La véranda qui est un procédé solaire passif, très répandu dans les climats froids, vient s'ajouter aux logements de notre pays, en affectant directement le confort thermique des occupants. Bien qu'elle participe au chauffage de l'air de l'espace qui lui est contigu en période froide, elle a l'inconvénient d'augmenter l'inconfort thermique en saison chaude.

La simulation entreprise dans ce chapitre a atteint l'objectif de la réalisation d'un compromis faisant de la loggia vitrée un espace tampon augmentant les gains solaires en hiver, tout en protégeant l'espace contigu de la chaleur extérieure en été.

Dans le climat contrasté de la ville de Constantine, de $36^{\circ}.17'$ de latitude et de $07^{\circ}.23'$ de longitude, la loggia vitrée doit avoir les caractéristiques suivantes, résumés dans table 7.10, pour une exécution optimale, et la prévention de la surchauffe dans les bâtiments.

Rapport de la portion transparente à la paroi extérieure	80%
Rapport de la surface de la masse thermique à la surface du plancher de l'espace adjacent.	40%
Profondeur de l'occultation fixe (auvent)	15% de la hauteur du mur de liaison.
Surface ouvrante de la paroi vitrée.	60%
Ventilation transversale.	exigée
Occultation intérieure de la paroi vitrée.	En matériau bois. en saison froide. En rideau de toile en saison chaude.

Table 7.10 Caractéristiques du modèle de la loggia vitrée retenu.

Concernant l'apport thermique du modèle de la loggia vitrée résultant de cette étude, il est récapitulé par table 7.11

	Apport thermique
Période froide	Augmentation moyenne de la température de l'espace adjacent de 4.21 °C en moyenne.
Période chaude	réduction moyenne de la température de l'espace adjacent de 5.4°C en moyenne.

Table 7.11 L'apport thermique du modèle de la loggia vitrée retenu.

Conclusion générale et recommandations

La volonté d'adaptation du principe de la « durabilité » dans le domaine de la construction fut exprimée par la naissance d'une vision de l'habitat écologique optimisant l'utilisation de matériaux naturels ou du moins non toxiques, et des ressources renouvelables, notamment l'énergie solaire gratuite et non polluante. Le soleil constitue une véritable source d'énergie pour un bâtiment, dont l'orientation, la nature des vitrages et l'inertie thermique sont choisis intelligemment.

* Ou moment où le logement évolue dans les pays industrialisés, dans son aspect de confort interne et externe, de préservation de l'énergie et de la réduction des gaz à effet de serre, l'habitat social en Algérie, reste inapte à répondre aux besoins d'une grande partie de la population d'une part, et aux nouvelles exigences environnementales d'autre part.

En effet, la croissance démographique est passée par un mode accéléré dans notre pays, mettant un grand défi d'hébergement de la population croissante. Les logements construits avant l'indépendance se trouvent dans un état de délabrement avancé, le logement d'aujourd'hui, construit sous la pression de l'urgence, est souvent inadapté aux visions des occupants, à leur mode de vie, les incitant à faire des efforts d'appropriation et d'adaptation.

L'adaptation du logement aux exigences des occupants est souvent le fruit de leur attentes, de leur savoir faire, des moyens dans ils disposent, et de la possibilité de modification qu'offre leur logement. Cependant, une pratique est devenue courante chez les habitants de logements sociaux, il s'agit de la fermeture de balcons et de loggias par du vitrage. ces espaces tampons deviennent partie intégrante de l'espace intérieur des logements. Par cette intervention, les usagers répondent à un besoin d'intimité, de sécurité et d'agrandissement de l'espace intérieur, le confort thermique est certainement affecté par cette pratique.

Or, ces interventions sont à l'origine d'apparition de problèmes techniques et environnementaux, de l'ambiguïté des espaces extérieurs et de la laideur des quartiers et des façades.

L'analyse de l'état du secteur résidentiel en Algérie, des interventions citoyennes sur le cadre bâti qui expriment une remise en cause de la conception de ces logements et de leur aménagement, les sondages, enquêtes, doivent constituer une base pour l'élaboration d'un

nouveau type de logements, qui répond aux exigences quantitatives et qualitatives de la population. Un habitat de qualité, devant s'adapter à la famille, à sa taille, à sa culture à ses exigences de base, et aux caractéristiques climatiques de chaque région. Étant conçu selon les règles de la bioclimatique, l'habitat présente un véritable moyen de réduction de la consommation de l'énergie et de l'émission des gaz à effet de serre.

Bien que la fermeture de balcons est généralement réalisée loin de toute réflexion sur l'aspect thermique de la question, le résultat de cette pratique est l'apparition d'un nouvel espace à comportement thermique différent qui est la véranda. En effet, la véranda est un système de chauffage solaire passif, qui utilise une structure en verre placée devant un mur de stockage thermique, exposée aux rayons directs du soleil, elle rassemble un montant considérable de chaleur solaire pour la transférer à l'habitation et améliore l'isolement du mur externe, et réduit par la suite la consommation de l'énergie chauffante.

Néanmoins, l'exploitation de l'énergie solaire exige des connaissances sur la position du soleil dans le ciel à tout instant afin de maintenir l'environnement d'un bâtiment à une température confortable à travers les cycles solaires quotidien et annuel ; En favorisant, et en entreposant l'énergie solaire transformée en chaleur dans les murs du bâtiment pour son usage après le coucher de soleil.

Le vitrage élément clé de l'architecture climatique, permet le passage des rayons solaires dans le bâtiment. Ses fonctions thermiques sont souvent contradictoires : en augmentant les gains solaires, il augmente également les déperditions thermiques en hiver ; et il est source de surchauffe et d'inconfort en été.

Demeurant une approche prometteuse sur le plan énergétique et environnemental, la véranda qui est système passif à gains directs et indirects, a trouvé une large application dans l'architecture bioclimatique, elle constitue une matière de recherches récentes. L'augmentation de la température du bâtiment connecté à une véranda est témoignée par les chercheurs, la fréquence du problème de surchauffe en été, également.

La véranda, balcons et loggias vitrées exigent en conséquence le dessin le plus rigoureux, afin de répondre au confort thermique l'année entière. Un dimensionnement adéquat de la surface vitrée destinée au captage solaire, et une estimation des températures et des besoins de l'énergie pour le chauffage ou le refroidissement des deux espaces vitré et adjacent sont également recherchés.

Les courants d'énergie dans l'espace véranda sont assez complexes dans la mesure où s'impliquent plusieurs facteurs, le rayonnement, la conduction, la ventilation, les sollicitations extérieures instantanées, et les gains directs et indirects.

Le dessin idéal d'une véranda découle d'une approche globale, qui prend en considération ces facteurs dans l'intention d'une augmentation d'apports solaires, et de réduction de la perte de chaleur en hiver, et d'une meilleure protection de ces gains mêmes en été. Les caractéristiques optiques et thermiques du vitrage, associées à une bonne inertie thermique permettront d'atteindre le compromis souhaité pour le confort nocturne et diurne d'un côté, hivernal et estival d'un autre côté.

Pour une économie d'énergie optimale, et pour plus de confort pour ses occupants, la véranda doit être conçue comme suit:

- La configuration idéale est celle encastrée, à toit opaque, et d'orientation sud, favorisant le passage des rayons solaires, et la diminution de déperditions thermiques en période froide d'une part, et la réduction de gains solaires en période chaude.
- La séparation entre la véranda et le logement doit être partiellement vitrée pour favoriser le passage de la lumière, mais une proportion considérable de cette séparation doit être un mur, pour constituer une masse thermique pour le stockage des gains solaires.
- la surchauffe peut être évitée par des protections solaires et une ventilation naturelle adéquates.
- Le vitrage à faible émissivité s'avère le plus performant.
- Sa conception doit prévoir une possibilité d'isolement du reste du bâtiment et un certain degré de contrôlabilité, afin de réduire les problèmes de perte de la chaleur en hiver, et le surplus de gains de chaleur en été.
- Le comportement de l'utilisateur agit directement sur l'établissement des situations de confort, et la consommation énergétique.

La prévision de vérandas pour les nouveaux logements, ou son intégration dans les anciens, requiert donc une réflexion approfondie lorsqu'il s'agit de régions à caractéristiques climatiques extrêmes.

L'analyse des paramètres climatiques de la ville de Constantine de 36°.17' de latitude et de 07°.23' de longitude, a permis de définir les caractéristiques contrastées du climat à grandes oscillations de température, posant une problématique de confort pour la majeure partie de l'année.

À partir de l'étude bioclimatique, les techniques de contrôles micro climatique et de conception architecturale capables de créer des conditions de confort dans la région, sont définies. Le confort thermique ne peut être atteint sans chauffage d'appoint pour les mois les plus froids de l'année : Décembre, Janvier et Février. Le chauffage solaire passif permet d'atteindre le confort thermique pour les mois d'Avril, Mars, et de Novembre. Le chauffage d'appoint est une solution complémentaire pour les jours les plus froids de ces mois.

Notre préoccupation de réduire la consommation énergétique et d'obtenir une meilleure qualité thermique des ambiances, nous a orienté vers deux démarches, une campagne de mesures suivie d'une simulation. La campagne de mesure s'est portée sur le logement collectif, permettant une étude du type comparatif entre des échantillons ayant initialement les mêmes caractéristiques, et dont certains ont subi des transformations dès leur acquisition, par les habitants. Les échantillons choisis se situent dans un étage intermédiaire.

L'enveloppe du bâtiment est réalisée en panneaux préfabriqués en béton armé, et dont la surface extérieure est à l'état brut, en effet, il n'y a qu'une couche de peinture qui revêt le mur extérieur sur ses deux faces.

L'intervention de l'habitant a fait que le volume de la loggia est ingénieusement complété par un vitrage simple clair monté sur une structure en acier, le transformant en espace protégé qui est la véranda.

Les conclusions dérivées de l'investigation affirment que :

En saison froide

1. les loggias vitrées peuvent modifier positivement le bilan journalier de la température en relevant la température maximale par les apports solaires, et en maintenant constamment la température minimale, à une valeur au dessus de la température extérieure par l'effet tampon.
2. Elles peuvent également apporter une contribution significative à la réduction de la charge thermique pendant l'hiver.

3. L'apport moyen calculé dans une orientation sud, avec une mauvaise gestion de liaison séjour véranda et sous un ciel clair est de 2,2°C, alors que celui calculé dans une orientation Ouest est moins important et de 0,62°C.
4. En absence de gains solaires, et avec une bonne isolation thermique de la paroi extérieure, le caractère régulateur de la loggia vitrée peut réduire de façon significative la charge de chauffe.
5. la loggia vitrée a permis un gain de degrés précieux pour le chauffage de l'espace adjacent, mais par déficience de l'isolation sur la face extérieure du mur de fond; une part de la chaleur stockée a reflué vers l'extérieur.
6. Les modes de gestion des apports solaires, et notamment la gestion de la fenêtre de liaison sont souvent inadaptés. Mais on retiendra que : en hiver, laisser une ouverture permanente entre la loggia vitrée et le séjour, en absence de gains solaires, augmente les déperditions, et réduit l'effet tampon.

En saison chaude

1. la loggia vitrée joue le rôle de tampon thermique, en absorbant la radiation solaire intense, les températures diurnes du séjour adjacent sont réduites de plusieurs degrés. La nuit la situation est inversée, suite à la restitution de la chaleur stockée, et à une ventilation insuffisante, les températures du séjour s'éloignent de la zone du confort thermique.
2. Néanmoins, on retiendra que la loggia vitrée orientée au Sud est capable d'assurer une réduction moyenne de 1,6°C, dans son espace adjacent, alors que la réduction équivalente en orientation Ouest n'est que de 0,8°C.
3. L'orientation Sud est par conséquent la meilleure pour les deux saisons de chauffe et de refroidissement.
4. Il faut penser à réduire les apports solaires par une occultation adéquate afin de réduire le besoin de les dissiper, l'occultation mobile intérieure, bien qu'elle permet de modérer la température du séjour, est incapable à elle seule de résoudre le problème de surchauffe.
5. l'inertie seule est incapable d'apporter du confort : il faut impérativement pouvoir équilibrer, les apports de chaleur et la dissipation de cette chaleur, en période chaude.
6. En été, la gestion de la liaison entre les deux espaces contigus doit être inversée, il est impératif d'isoler thermiquement le séjour de la loggia vitrée pendant le jour et inciter la ventilation nocturne afin de dissiper la chaleur et de refroidir la structure.

7. Une information des usagers sur le mode d'opération de la véranda est incontestablement cruciale.

Pour l'année entière :

La température dans le séjour adjacent reste gouvernée par l'inertie thermique importante des parois, et le comportement des usagers. Compte tenu de ce constat, il s'avère particulièrement crucial de concevoir en tenant compte du climat, des besoins des usagers, et de leur offrir des informations et conseils sur la conduite envers toute stratégie passive.

Recommandations générales

La simulation du comportement thermique de la loggia vitrée réalisée par le programme Derob-LTH, a atteint l'objectif de la réalisation d'un compromis faisant de la loggia vitrée un espace tampon augmentant les gains solaires en hiver, tout en protégeant l'espace contigu de la chaleur extérieure en été, et de définir également les caractéristiques d'une loggia vitrée favorisant le confort thermique pour l'année entière.

Dans le climat contrasté de la ville de Constantine, de 36°.17' de latitude et de 07°.23' de longitude, la loggia vitrée doit avoir les caractéristiques suivantes, pour une exécution optimale, et la prévention de la surchauffe dans les bâtiments.

Orientation de la loggia vitrée

L'orientation sud est la meilleure orientation, pouvant offrir des degrés précieux pour le chauffage des espaces adjacents, tout en réduisant les apports solaires pour la période chaude.

Surface transparente de la paroi Sud :

Un rapport de la portion transparente à la paroi totale sud de 80% est recommandé.

Masse thermique

Le rapport optimal de la surface de la masse thermique à la surface du plancher de l'espace adjacent est de 40%.

Occultation extérieure fixe

La profondeur de l'occultation fixe (auvent) de 15% de la hauteur totale de la paroi exposée au soleil est la meilleure, elle réduit les gains solaires en été, tout en favorisant le passage des rayons solaires bas hivernaux.

Surface ouvrante de la paroi transparente

Une surface ouvrante minimale de 60% de la paroi vitrée, est retenue afin de dissiper la chaleur en période chaude. Il est impératif de réduire le taux de ventilation aux heures chaudes de la journée, et de l'augmenter la nuit, lorsque les températures extérieures chutent.

Ventilation transversale

La ventilation transversale nocturne est exigée, pour participer au refroidissement des structures.

Occultation intérieure mobile

Occultation intérieure de la paroi vitrée, est exigée. Le matériau bois s'avère plus performant que la toile, en saison hivernale. En période chaude le rideau en toile est meilleur.

Axes de recherches futures

A partir de la campagne de mesures, ainsi que la simulation d'un modèle de bâtiment équipé d'une loggia vitrée, nous avons pu déterminer certains critères faisant de cet espace un espace de valeur pour l'espace adjacent pour l'année entière, cependant le comportement complexe de la loggia vitrée ouvre de nouveaux axes de recherches afin de pouvoir adapter de façon précise les paramètres affectant le rôle thermique de la loggia vitrée, au climat concerné.

La simulation a pu montrer que l'isolation extérieure du mur de séparation augmente la température de l'air dans l'espace adjacent pour les deux périodes hivernale et estivale. Placer un isolant c'est augmenter les apports en hiver et favoriser la surchauffe en été. Ce facteur reste non vérifié, et requiert une attention particulière de la part des chercheurs. Les caractéristiques thermiques de la liaison entre la loggia vitrée et la construction détermineront l'efficacité de la loggia vitrée dans le chauffage et la réduction de la surchauffe. La composition du mur de stockage doit être également recherchée.

L'intégration du vitrage sur la face externe de la loggia orientée au sud s'avère prometteuse pour le confort thermique et la réduction de la consommation de l'énergie. Cela nous pousse à réfléchir sur une démarche générale qui est la réhabilitation durable de logements déjà construits, à travers une bonne isolation de l'enveloppe externe du bâtiment et la fermeture de balcons par du vitrage.

Bibliographie

Livres

- 1- B. Givoni. *climate considerations in building and urban design*. Edition John Willy and sons 1998.
- 2- B. Givoni. *L'Homme, L'Architecture et le Climat*. édition : Edition Le Moniteur, Paris . 1978.
- 3- B. Givoni. *Passive and low energy cooling of building*. Edition John Willy and sons.1994
- 4- Ch.E. Chitour. *L'énergie, Les enjeux de l'an 2000*. Vol/1 Office des Publications Universitaires Alger. 1994.
- 5- *Conception thermique de l'habitat. Guide pour la région Provence -Alpe -Cote d'Azur*. Edisud.1988
- 6- CRAU. Centre de recherche en architecture et en urbanisme, en collaboration avec l'université des nations unies (UNU). *Village Solaire Intégré*. Edition. OPU 1988.
- 7- Ed. Mazria. *Le guide de l'énergie solaire passive*. Editions Parenthèses.1981
- 8- J.L. Izard et A. Guyot. *Archi bio*. Edition parenthèses. 1979.
- 9- J.L. Izard. *Architecture d'été. Construire pour le confort d'été*. Edition Edisud, Aix-en-provence, 1993.
- 10- Koenigsberger, et coll. *Manual of tropical housing and building. Part 1. Climatic design*. Edition Longman. 1980
- 11- M. Velay-Dabat . J-L. Izard et P. Bonifait. *Maîtrise des ambiances Contrôle de l'ensoleillement et de la lumière en architecture. Développement d'un outil commun au contrôle solaire et au contrôle lumineux: la projection sphérique équidistante zénithale*. Edition 2004
- 12- M.Evans. *Housing climate and comfort*. Edition John Willy and sons.1980
- P. Lavigne et coll. *Architecture climatique. Une contribution au développement durable*. Édition Edisud. 1994. tome 1.
- 13- P. Lavigne et coll. *Architecture climatique. Une contribution au développement durable*. Édition Edisud. 1994. tome 2
- 14- *Recommandations architecturales*. Edition Enag. 1993

- 15- Sol.a.r architectes ingénieurs. *Conception thermique de l'habitat. Guide pour la région Provence-Alpes-côte d'azur. Région Pacca*. Edisud 1988
- 16- V. OLygyay. *Design with cliamte. Bioclimatic approach to architectural regionalism*. Edition Princeton university press. 1962

Thèses et mémoires

- 1- Abdou. Saliha. *Investigation sur l'intégration climatique dans l'habitation traditionnelle en régions arides et semi arides d'Algérie. Cas du Ksar de Ouergla et de la médina de Constantine*. Thèse de doctorat d'état. Université de constantine. 2004
- 2- Arthur Gential. « *Stratégies contemporaines* » *Écritures, modèles et simulations dynamiques pour l'architecture*. Mémoire de 3ème Cycle. 2000/2001
- 3- Antonis M. Psarompas. *Solar wall energy performance assessment*. Thesis submitted for the degree of MSc in Energy Systems and the Environment. Glasgow. 2001
- 4- Badr khadoudja. *Elkhroub. Du village à la ville*. Mémoire de magister. Université de constantine. 2001.
- 5- Benhamouda Linda. *Analyse de la perception du confort thermique dans les régions arides et semi arides*. Etude de cas : bousaâda. Mémoire de magister. Université de biscra. 2001
- 6- D. Bakhti. *Les transformations dans l'habitat collectif : appropriations informelles entre besoins et infractions. Cas d'étude : ville de Bechar*. Mémoire de Magister. Université de Bechar. 2005
- 7- D. Medjelekh. *Impact de l'inertie thermique sur le confort hygrothermique et la consommation énergétique du bâtiment. Cas de l'habitat de l'époque coloniale à Guelma*. Mémoire de magister. Université de constantine. 2006
- 8- F. Zarour. *La dimension sociale et les tendances architecturales de l'habitat entre texte législation et réalités sociales, cas de grands ensembles à Constantine*. Mémoire de magister. Université de Constantine. 2002
- 9- F. Bouchriba. *Impact des canions urbains sur le confort thermique extérieur. Cas du koudiat de constantine*. Université de constantine. 2006
- 10- J.S.Naidj. *A comparative study of passive solar building simulation using hot2000, trnsys14, netspec*. A thesis submitted for requirements for the degree of master of science. Trent university Canada. 1998
- 11- Laetitia Adelard. *Caractérisation de bases de données climatique. Proposition d'un générateur de climat. Application en thermique de l'habitat*. Thèse de doctorat. 1998
- 12- Merrouche Mébarka. *Statut d'un pole périurbain gravitant autour d'un grand centre. Constantine. khroub*. Magister 1998
- 13- Moussa Smain. *Le degré de pertinence de la dimension bioclimatique et géo écologique dans la maîtrise de la planification spatiale et urbaine*. Mémoire de magister. Constantine. 2000

- 14- Myriam Humbert. *Impact des paramètres de conception sur le confort d'été*. Thèse de doctorat. Université INSA de Lyon. 2002.
- 15- R. J. Onimihamina r.h. *contribution a la validation et application du code de calcul de simulation thermique de l'habitat (codyma) : proposition des recommandations dans la construction a Madagascar*. Thèse de doctorat. Université de la réunion. 2004.
- 16- Viscathie. Comité de la maison écologique. *Maison écologique*. Mémoire déposé à la commission d'aménagement de l'Université Laval (CAMUL) 2004. [En ligne] viscathie@hotmail.com
- 17- Y . Bouchahm. *Une Investigation Sur La performance thermique du Capteur à vent pour un rafraîchissement passif dans les régions chaudes et arides. Cas de Ouargla*. Thèse de doctorat d'état, université de Constantine, 2004

Revue et articles

- 1- Adra, Nadine. *Proposition d'une procédure de certification énergétique des logements et application au contexte libanais*. 2001. [En ligne] <http://docinsa.insa-lyon.fr>
- 2- A.Pasupathya, and all. Phase change material-based building architecture for thermal management in residential and commercial establishments. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Volume 12, 2008
- 3- A. Fernandez-Gonzalez. *Analysis of the thermal performance and, comfort conditions, produced by five different passive solar heating strategies in the United States Midwest*. *Solar energy* 2006
- 5- Arne Elmroth and EKjellsson, *Solar Energy in Building Renovation. Overview of the Work in IEA SH&CP Task 20*. Lund University, Sweden. EuroSun'96
- 6- Ben Croxford, Achilles Kalogridis. *Lessons learned from the pefki solar village in Athens, nearly 20 years on*. Bartlett School of Graduate Studies. University College London. 2006
- 7- B. Peuportier. *L'isolation transparente : une nouvelle technologie au service du solaire thermique*. Ecole des Mines, Centre d'énergétique.
- 8- CAIRN. n° 12 –2006/2 . La question du logement social. [en ligne] www.cain.info/article.php?ID_revue.
- 9- Carl Bickford. *Solar Energy Primer. Renewable Energy Program 1*. San Juan College. [En ligne] e-mail bickford@sjc.cc.nm.us. Consulté en novembre 2007.
- 10- Ch. Bouden. *Influence of glass curtain walls on the building thermal energy consumption under Tunisian climatic conditions: The case of administrative buildings*. *Renewable Energy* 32 (2007) 141–156
- 11- Chiel Boonstra and Rik Vollebregt . *Advanced Glazed Balconies: Integration of Solar Energy in Building Renovation*. IEA SHCP, Task 20 “Solar Energy in Building Renovation”. EuroSun'96. pp1795-1797
- 12- Dale Horton. *An Introduction to New Home Solar Design*. National Center for Appropriate Technology. 2001. [En ligne] www.ncat.org

- 13- *Définition de cibles de conception pour les logements sociaux dans le contexte du développement durable en Turquie. Étude de cas à Konya.* [En ligne] CANAN %20 F.
- 14- Dr Martin Anda. *Energy Efficient Building Design in Australia Research Manager.* Environmental Technology Centre, Murdoch University. Australia
- 15- D Siret, et A. Harzallah. *Architecture et contrôle de l'ensoleillement.* CERMA - UMR CNRS 1563. daniel.siret@cerma.archi.fr
- 16- J.C Depaule et S. Noweir. *Nouveau Balcons au Caire. Les relations de l'intérieur et de l'extérieur dans l'habitat populaire.* Ecole d'architecture et d'urbanisme de Versailles. Paris.
- 17- J. Douglas Balcomb, Ph.D. *Passive Solar Ahead. Why the hot building technology of the future may be the mature and proven one.* [en ligne] www.solartoday.org. Consulté en Juillet 2007.
- 18- Jean-Charles De Paule et Sawsan Noweir. *Balcons au Caire Les relations de l'intérieur et de l'extérieur dans l'habitat populaire.*2001
- 19- J.L IZARD. *L'inertie thermique dans le bâtiment. Principe de superposition.* [En ligne] www.planete-sciences.org
- 20- J-P Traisnel et B Peuportier. Avril 2001. *Habitat et développement durable.* Les cahiers du CLIP N°13
- 21- G.C. Bakos. *Improved energy management method for auxiliary electrical energy saving in a passive-solar-heated residence.* Energy and Buildings 34 (2002) pp 699–703
- 22- G. C. Bakos. *Electrical energy saving in a passive-solar-heated residence using a direct gain attached sunspace.* Elsevier Science. Volume35 (2003). pp 147-151
- 23- G. Mihalakakou. *On the use of sunspace for space heating/cooling in Europe.* Renewable Energy. Volume 26 (2002). pp 415–429
- 24- G. Oliveti et coll. *Solar contribution evaluation for building attached sunspace in the Mediterranean climate.* International Conference "Passive and Low Energy Cooling 841, for the Built Environment". Santorini, Greece May 2005
- 25- Hans Simmler, Bruno Binder. *Experimental and numerical determination of the total solar energy transmittance of glazing with venetian blind shading.* Building and Environment. Volume 43. p 197–204. 2008
- 26- Hasse Kvist, Maria Wall, Kurt Källblad. *Derob-Lth support/08/03/1, user manual version 99.01+3.* Laboratoire de simulation numérique de l'école d'architecture, université de Texas a Austin.
- 27- Helena Bülow-Hübe. *Energy-efficient window systems effects on energy use and daylight in buildings Doctoral dissertation.* Lund university, Lund institute of technology, Lund 2001
- 28- Ken Olson and Joe Schwartz . *A passive solar design primer. home sweet solar home.* 2002

- 29- Kurt Källblad. *Derob-Lth support/08/03/1, user manual version 99.01+3*. Laboratoire de simulation numérique de l'école d'architecture, université de Texas a Austin.
- 30- Lawrence Berkeley. *National Laboratory. high-performance commercial building façades. Pier final project report*. May 2006
- 31- Letizia Capannini. *Habitat collectif méditerranéen et dynamique des espaces ouverts. Cas d'étude en Europe et en Afrique du Nord (1945-1970)*. Laboratoire ACS-Université de Paris VIII. [en ligne] www.argonautes.fr
- 32- Lilia Makhloufi. 2005. *espaces publics et commerce informel. Entre appropriation et détournement dans "C'est ma ville!"*, l'Harmattan, Consommations & Sociétés n°7. [En ligne] www.argonautes.fr
- 33- Markus Weiner. *Modelling mulation of a solar energy system*. Université. Stuttgart. 1992
- 34- Melih Tan. *Opposite sunspaces passive solar air heating system*. Turkish International Cooperation Agency. 1997
- 35- Milan Janak, *Summer Overheating Assessment for Conservatory Stupava, Slovakia*. Slovak Technical University, Bratislava, Slovakia. [en ligne] www.mil.jk.com
- 36- M.K. Deshmukha, S.S. Deshmukhb. *Modeling of hybrid renewable energy systems*. Renewable and Sustainable Energy Reviews. Volume 12. p 235–249. 2008.
- 37- M. Wall. *Distribution of solar radiation in glazed spaces and adjacent buildings. A comparison of simulation programs*. 1997. Energy and Buildings 26 (1997) 129-135
- 38- Nugroho Susilo. *Passive Design in Warm-Humid?. A Case in Climatic Design of a School Building in Surabaya*. Department of Architecture Faculty of Engineering Petra Christian University Surabaya, Indonesia.
- 39- N. Kerdoud. *Ville vénérée ou ville mal aimée? Exemple de Constantine (Algérie)*. Université de Constantine, Algérie. [En ligne] E-mail : nadia_kerdoud@hotmail.com
- 40- Ole Svensson and Kim B. Wittchen. *On Energy Savings, Thermal Comfort, Utility Value and Architecture of new Glazed-in Extensions to older Blocks of Flats*. International Journal of Low Energy and Sustainable Buildings, Vol. 1, 1999. [En ligne] <http://www.sbi.dk>
- 41- Q. Babcock and S. Irving, *Energy performance of modern conservatories*. FaberMaunsell Ltd, St Albans. Paper 13
- 42- Ravi Gupta and G. N. Tiwari. *Effect of latitude on weighted solar fraction of north partition wall for various shapes of solarium*. Building and Environment. Volume 39, issue 5. May 2004, pp 547-556.
- 43- R.Camponovo et coll. *Thermal rehabilitation: assignment of balconies into conservatories; the 'Libellules' case study* . The 23rd Conference. Geneva, PLEA. 2006
- 44- Reflex. Magazine antifasciste radical. oct./nov. 1995. N°47. [En ligne] www.Reflexes.samisdat.net/index.php3

- 45- Revue française de sociologie IX Paris .Habitat et modèles culturels. Du mémoire de magister. De Farida Zarour : la dimension sociale et les tendances architecturales de l'habitat entre texte législation et réalités sociales, cas de grands ensembles à Constantine. 2002
- 46- Ruth .Perez .Lopez.. S'approprier la ville : pratiques spatiales des jeunes de la rue à Mexic in "C'est ma ville!", l'Harmattan. Consommations & Sociétés n°7. 2005. [en ligne] www.argonautes.fr
- 47- Tareb. *Architectural integration. Building envelope chapter 2* www.learn.londonmet.ac.uk/packages/tareb/en/index_lea.html
- 48- Tareb. *Energy Comfort and Buildings. Principles of Renewables. Chapter 5* www.learn.londonmet.ac.uk/packages/tareb/en/index_lea.html
- 49- Vincent Veschambre. *Appropriation et marquage symbolique de l'espace : quelques éléments de réflexion*. Carta université d'Angers.
- 50- Volker Wittwer.Ane Grete Hestnes. *building integration of solar energy systems. Solar Energy*. March 2000
- 51- V. Wittwer.A G. Hestnes. 2000. *Building integration of solar energy systems*. Solar Energy. solar@energy
- 52- W.Grassi and C. Marchetti. Simulated thermal behaviour of passive solar buildings with sunspaces and Trombe walls. université de Pisa. Italie. Solar energy 2006
- 53- Z. Bensaid, et coll. *Dimensionnement des surfaces vitrées d'une maison solaire unité de recherche des matériaux et des énergies renouvelable*. [en ligne] <http://fsi.univ-tlemcen.dz>

Compte rendu de colloques ou congrès

- 1- ACFAS. *L'architecture des pauvres au pays des pharaons*. [En ligne]. www.acfas.ca/congres/congres68/C2617.HTM. Année 2000.
- 2- ACFAS. Rafik. Salama. *L'architecture des pauvres au pays des pharaons*. [En ligne] www.acfas.ca
- 3- Chareille, and all. *impact of a veranda on the reduction of the energy consumption in residential buildings : an application of the clim2000 software*. Seventh International IBPSA Conference Rio de Janeiro, Brazil. August 13-15, 2001
- 4- Commission Population et Besoins Sociaux. 1995. *Rapport sur le logement social*. IVème session plénière.
- 5- Farida Naceur, *L'impact de la conception architecturale sur la dégradation des cités d'habitat*.. Conférence in Malta. Geographies of the Euro-Arab Encounter: Past, Present, and Future. [En ligne] http://users.fmg.uva.nl/vmamadouh/awg/malta_report. 2001
- 6- I. Ritchie. *RFAC housing seminar*.page8. 1997. [En ligne] www.ianrichiearchitects.co.uk
- 7- Journées d'informations technique vérandas. *Règles professionnelles*. www.snfa.fr

- 8- Louisa Amireche, 2001. *Problématique d'habitat dans les grandes villes entre colonisation d'hier et la mondialisation: le cas d'Alger*. Conférence in Malta. Géographies of the Euro-Arab Encounter. [En ligne] http://users.fmg.uva.nl/vmamadouh/awg/malta_report
- 9- Martin Liddament. *Energy conservation in buildings and community systems programme*. International energy agency. 27th AIVC conference. 2006
- 10- M.chantant. et all. *Transient thermal analysis of a sunspace. Elaboration and validation of a computer model*. solar energy in architecture and urban planning. 3rd Uropan conference on architecture. Florence 1993
- 11- Me. Aissaoui. *La réhabilitation des grands ensembles coloniaux a Oran cas de la cite Perret*. Journée d'étude consacrée au Patrimoine du 20ièmeSiècle. Tlemcen. 27/02/2008. [en ligne] <http://fsi.univ-tlemcen.dz>
- 12- R.Camponovo et coll. *Thermal rehabilitation: assignment of balconies into conservatories; the 'Libellules' case study* . The 23rd Conference. Geneva, PLEA. 2006
- 13- Reto Camponovo, et coll. *Thermal rehabilitation: assignment of balconies into conservatories; the 'Libellules' case study*. The 23rd Conference on Passive and Low Energy Architecture, Geneva, Switzerland, 2006
- 14- Richard D. Seifert. *The Attached solar greenhouse*. November 2006. [en ligne] www.uaf.edu/ces/faculty/seifert
- 15- Semrouni Ghania. *Les Energies Renouvelables. Séminaire sur les énergies renouvelables en Algérie*. Berlin, 11 juillet 2007. [En ligne] www.mem-algeria.org.dz
- 16- Ted Kesik Mark Simpson. *Thermal performance of attached sunspaces for. Canadian houses*. Faculty of Architecture, Landscape and Design, University of Toronto.

Rapports et documents gouvernementaux

- 1- Cabinet O. SIDLER. *Logements a faibles besoins en énergie. Guide de recommandations et d'aide à la conception*. Dernière mise à jour : mars 2000
- 2- C.Birraux . *Rapport sur l'état actuel et les perspectives techniques des énergies renouvelables*. Le Déaut.2001
- 3- Commission européenne. *Nouvelles solutions dans l'utilisation de l'énergie. Caractéristiques Pour un bâtiment méditerranéen* 1999
- 4- Conseil National Economique et Social. *Rapport sur le logement social*. [En ligne] www.cnes.com
- 5- CSS13. *Redéfinir la notion de confort thermique*. Guide pratique pour la construction et la rénovation durables de petits bâtiments. Recommandation pratique. février 2007
- 6- D.T.R.C 3-2. *Réglementation technique des bâtiments d'habitation. Règles de calcul des déperditions calorifiques. Fascicule A*. 1998
- 7- Ene06. *Guide pratique pour la construction et la rénovation durables de petits bâtiments. Recommandation pratique*. Bruxelles février 2007

- 8- ENERTECH. Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie. *Programme ReStart. Evaluation des performances*. Rapport final. 2004
- 9- ENERTECH. Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie. *L'Inertie thermique en climat méditerranéen. Confort et consommations d'énergie ». L'apport des campagnes de mesure*.
- 10- ENERTECH. *Etude sur la « basse énergie » appliquée aux bâtiments anciens. Faisabilité technique et économique*. Juin 2005. [http : //perso.club-internet.fr/Sidler](http://perso.club-internet.fr/Sidler)
- 11- Free heat. Passive solar, active solar, and heat pumps. *102 the homeowner's guide to renewable energy*. chapter 4
- 12- Jörg Widmer, 1996-2001. *Rapport d'activité du cours à option Architecture et Développement Durable*. [En ligne] <http://lcc1.epfl.ch>
- 13- Journée Parlementaire sur L'habitat. 22 juin 2004. www.hb.com
- 14- Journées d'informations techniques vérandas. *Règles Professionnelles Vérandas*. 2005. consulté juin 2006
- 15- Leonardo. *Programme de calcul Leonardo*. [En ligne] <http://audience.cerma.archi.fr>
- 16- Ministère de l'énergie et des mines. 22 et 23 mai 2001. *Conférence sur la maîtrise de l'énergie et de l'environnement dans un contexte d'économie de marché*.
- 17- Ministère de l'énergie et des mines. The third architecture and, sustainability conference. Biscra. 2008. [en ligne] www.archbis.com
- 18- Ministère de l'habitat et de l'urbanisme. *Rapport sur le Projet de Stratégie Nationale de l'Habitat*.
- 19- Olivier Sidler. *Logements a faibles besoins en énergie. Guide de recommandations et d'aide à la conception Cabinet Olivier SIDLER*. Dernière mise à jour : mars 2000
- 20- ONM. Office national de la météorologie. 2007
- 21- Programme d'action PACER – Energies renouvelables. *Architecture climatique équilibrée. Conception, démarche et dimensionnement*. 1996
- 22- Programme Local de l'Habitat – Diagnostic – Grand Lyon. *Politiques de l'habitat et développement durable : Enjeux et perspectives*.
- 23- Rapport Conseil économique et social. France. *Le logement de demain pour une meilleure qualité de vie*. 2005. [en ligne] www.ces.fr
- 24- *Recommandation pour la température interne des locaux*. Département de l'intérieur, de l'agriculture et de l'environnement. Energétique du bâtiment. 2001
- 25- Scotland note. *Building Regulation*. 2/2002.QTD 1/5. www.scot.no.bui.com

Sites internet

- 1- ACFAS. *User Transformation of Public Housing Projects in Egypt.* www.acfas.ca/concours/eureka98/architecture.html. Published: c1995)
- 2- Ademe. Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie 001 *guide de l'éco construction*. [En ligne] <http://www.ademe.fr>. Consulté en février 2007
- 3- Afghanistan. *Efficacité énergétique et architecture solaire passive dans le secteur du bâtiment*. *Afghanistan*. [en ligne] www.afg.com
- 4- Approche Synpack –*Solutions pour projets de rénovation urbains*. [En ligne] www.ulb.ac.be/sma/enseignement/11z_synpack
- 5- Bélier. [En ligne] www.coyne-et-bellier.fr
- 6- Cape Hatteras. *Passive solar design strategies, North Carolina*. www.sbicouncil.org
- 7- Concevoir un habitat individuel en régions méditerranéennes. www.regionpaca.fr
- 8- *Développement durable et logement social, une tension dialectique autour de la qualité*. 2005 [en ligne] www.cain.info/article.php?id=revue
- 9- D.G. Stephenson. *Principes d'installation des écrans pare-soleil*. [En ligne] http://irc.nrc.cnrc.gc.ca/pubs/cbd/cbd039_f.html
- 10- El watan. *L'Algérie, le nouvel eldorado solaire (énergie)*. Publié le 03/04/2006. [rn ligne] www.elwatan.com
- 11- E.C.T. *The demonstration component of the Joule- Thermie programme. European commission thermie*. <http://erg.ucd.ie/ttp.html>
- 12- Google maps. [En ligne] www.hit-parade.com
- 13- Groupe A.B.C. *La conception d'une architecture et d'un urbanisme adaptés au milieu méditerranéen*. Juin 2003
- 14- HLM. *Logements HLM à faibles besoins énergétiques. à Issy-les-Moulineaux (92)*. [en ligne] www.debat-energie.gouv.fr
- 15- *Isolation thermique renforcée vitrages hr (a haut rendement)*. Incitant fiscal & primes. Mai 2004. [En ligne]. www.vgi-fiv.be
- 16- J. NOËL *modèle complet de fenêtre avec protection solaire du logiciel de thermique dynamique codyba*. [en ligne] <http://www.jnlog.com>. 2005
- 17- *L'énergie solaire*. [En ligne] www.inrp.fr. Consulté en mai 2007.
- 18- Le portail tunisien du secteur bâtiments et travaux publics. *Isolation et inertie*. Inséré le: 13 Nov 06. [En ligne] www.btponet.com
- 19- *Les vérandas & murs trombes* Publié le 7 février 2006. [en ligne] www.hespul.org

- 20- Manual. *Passive Solar Heating & Cooling Manual* - Page 2 of 4. [En ligne] www.azsolarcenter.com. Consulté en Juin 2007.
- 21- Med. *Concevoir un habitat individuel en régions méditerranéennes*. [En ligne] www.med.cv.com
- 22- *Mémento technique du bâtiment. Pour le chargé d'opération de constructions publiques*. Centre d'étude sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques. Juillet 2003
- 23- Mike Nuess. *Designing and Building a Solar Greenhouse or Sunspace*. 2007. [en ligne] www.healthgoods.com
- 24- Opération de *réhabilitation en hlm. Montreuil*. [en ligne] montreuil@hlm
- 25- Réflexions sur l'enveloppe du bâtiment. *Enveloppes et murs*.2002. www.batir-sain.com
- 26- R. H. B. Exel. *Introduction to solar energy*, King Mongkut's University of Technology. Thonburi. 2000. [En ligne] www.exel.com
- 27- *Retrofit Best Practices Guide: How to Save Energy When You Fix Up the Outside of Your Not-So-New House*. January 6, 2004
- 28- Sintef Civil and Environmental Engineering Architecture and Building Technology. *Building Integrated Energy Systems in Smart Energy Efficient Buildings – A State-of-the Art*.
- 29- Site : <http://perso.orange.fr>
- 30- Site. www.tpsgc.gc.ca/rps/aes/content/ercr_handbook_appenda3-f
- 31- Sun-Swces. *Design Guidelines for Solar Buildings System*. [Enligne] www.sun-swes.com
- 32- Sustainable Buildings Industry Council. *Sustainable Building Design*. (SBIC) Washington, DC 20005-4706 USA E-Mail: sbic@sbicouncil.org Last revised 06/13/2006
- 33- Sunspaces and atria. Education of Architects in Solar Energy and Environment, section 2. www.cenereg.ensmp.fr
- 34- Tamarack technologies, inc.knowledge base: history of sunrooms. [en ligne] www.tamtech.com. *Last modified: 04/04/2007*
- 35- UCL- *architecture et climat*.2000. [En ligne] www-energie2.arch.vcl.ac.be.données%20
- 36- Vital Signs. *Project: Siegel House Case Study Berkeley*. http://www.archfp.ced.berkeley.edu/vitalsigns/workup/siegel_house/sgl_hyps.html. 2002
- 37- Wallonie. *Apport solaire et effet de serre*. [en ligne] <http://mrw.wallonie.be/energieplus>. juin 2007.
- 38- Wikipédia, *l'encyclopédie libre*. [En ligne] <http://fr.wikipedia.org>.
- 39- Webzine.baies et vitrages. <http://webzine.cstb.fr>. Publié le 09/06/2006
- 40- Xella. *Inertie thermique*. Revue Xella International. [En ligne] www.xella.be/html/bel/fr

Annexes

Chapitre 6

		Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aot	Sep	Oct	Nov	Dec
Températures moyennes Tm (°C)	Tm max	11.7	13.2	16.5	18.7	24.9	30.7	34.0	34.2	29.0	24.1	17.0	12.7
	Tm min	2.6	2.7	5.1	7.1	11.5	15.9	18.5	19.0	16.0	11.5	7.2	4.3
	Tm annuelle	6.6	6.9	10.2	12.5	17.3	22.5	25.5	25.5	20.7	17.0	10.8	7.5
Humidité moyenne Hr (%)	Hr max	93,82	94,45	92,09	92,45	88,73	80,91	74,09	76,18	88,73	89,73	92,45	94,09
	Hr min	57,45	52	44,27	43,64	37,45	29,36	25	26,55	36,36	40,55	51,45	58,18
	Hr annuelle	79,64	77,27	71,73	70,55	65	54,91	48,36	51,09	65,09	68,09	75	79,36
Vent moyen m/s	2.7	2.8	2.5	2.8	2.5	2.4	2.4	2.4	2.4	2.1	2.1	2.7	2.9
Précipitation P (mm)	88.7	51.6	42.7	53.6	38.0	23.6	5.1	11.9	41.4	29.9	69.9	78.9	
Insolation totale en heures entières	160	182	231	244	286	314	337	295	243	224	163	152	

Table 1. Données climatiques de la région de Constantine- période 1995-2005. Source O.N.M

	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
1 --> 5 m/s	8.8	2.9	1.9	2.7	3.1	5.4	6.1	10.1
6 --> 10 m/s	2.3	0.4	0.3	0.4	0.8	2.9	3.1	4
11 --> 15 m/s	0	0	0	0	0.1	0.2	0.1	0.2
≥ 16 m/s	0	0	0	0	0	0	0	0
totaux	11.1	3.3	2.2	3.2	3.9	8.4	9.4	14.2

Table 2. Fréquences du vent en % à Constantine. Source O.N.M 1995- 2005.

Im	Zone climatique
0-5	Zone hyper aride
5-10	Zone aride
10-20	Zone semi aride
20-30	Zone semi humide
30-55	Zone humide

Table 3. classification des zones climatiques selon l'indice de MARTONE.

Le diagramme de Szokolay

1- Détermination De La Zone De Confort :

Limite de la zone de confort :

$$T1 = Tn + ((Ahn - 12) \times 0.025 \times (Tn - 14)) - 2 = 19,7 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Où Ahn représente l'humidité absolue du point de neutralité.

$$Ahn = 0.09$$

$$T2 = T1 + 4 = 19,7 + 4 = 23,7 \text{ } ^\circ\text{C}$$

T2 = (Le point 1 & 2 correspondant à la ligne d'humidité absolue 12 g/Kg)

$$T3 = T1 + 0.2 (T1 - 14) = 20,84 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T4 = T2 + 0.2 (T2 - 14) = 25,64 \text{ } ^\circ\text{C}$$

(Le point 3 & 4 correspondant à la ligne d'humidité absolue 4 g/Kg)

2 - Détermination de la zone de contrôle potentiel pour les périodes froides :

Zone de chauffage solaire passif

$$T5 = Tn + 0.36 - 0.0025 \times Hv = 13,35 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$Hv = 3732 \text{ watt. h/m}^2$$

(Hv est la moyenne journalière totale d'irradiations solaires d'une surface verticale sud pour le mois le plus froid)

(Le point 5 correspond à la ligne de saturation HB = 100%)

Détermination de la zone de contrôle potentiel pour les périodes chaudes :

a - Zone d'effet de masse :

$$d Tm = T \text{ moy max.} - T \text{ moy min.} = 15,5 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ (pour le mois le plus chaud)}$$

Le point 6 correspond à la ligne d'humidité absolue 12g / Kg

$$T7 = T6 - 0,05 (T6 - 14) = 30,57 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Le point 7 correspond à la ligne d'humidité absolue 14g / Kg

$$T8 = T6 + 0.2 (T6 - 14) = 34,94 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Le point 8 correspond à la ligne d'humidité absolue 4g / Kg

Zone d'effet de masse avec ventilation nocturne :

$$T9 = T2 + 0.8 (d Tm) = 36,1^{\circ}C$$

Le point 9 correspond à la ligne d'humidité absolue 12g / Kg)

$$T10 = T9 - 0.05 (T9 - 14) = 34,99^{\circ}C$$

Le point 10 correspond à la ligne d'humidité absolue 14g / Kg

$$T11 = T9 + 0.2 (T9 - 14) = 40,52$$

Le point 11 correspond à la ligne d'humidité absolue 4g / Kg

Zone de ventilation naturelle (Mouvement d'air sur la surface de peau)

$$T12 = T2 + 5 = 28,7^{\circ}C$$

Le point 12 correspond à la ligne d'humidité absolue 12g / Kg

$$T13 = T12 + 0.1 (T12 - 14) = 30,17^{\circ}C$$

Le point 13 correspond à la ligne d'humidité absolue 4g / Kg

$$T14 = T1 = 19,7^{\circ}C$$

$$T15 = T12 - 0.18 (T12 - 14) = 26,05^{\circ}C$$

Le point 14 & 15 seront localisés sur la courbe de 90% d'humidité relative)

Zone de refroidissement évaporatif direct :

$$T16 = Tn + 12 = 34,32^{\circ}C$$

Les limites supérieures et inférieures de cette zone sont tracées à partir des lignes de températures humides des points 1 & 2

E - Zone de refroidissement évaporatif indirect :

$$T17 = Tn + 15 = 37,32^{\circ}C$$

La limite supérieure de cette zone correspond à la ligne de 14 g / Kg de (HA)

Les limites des zones définies vont être figurées selon la méthode de SZOCOLAY, ainsi que tous les mois, représentés par des segments limités par deux points représentant:

- La température moyenne maximale mensuelle avec l'humidité relative minimum.
- La température moyenne mensuelle avec l'humidité relative maximum.

Méthode de Mahonney

Location	Nord- Est
Longitude	7° Est
Latitude	36° 17' Nord
Altitude	675 m

Température de l'air en °c

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	High	AMT
Température mensuelle max.	11.7	13.2	16.5	18.7	24.9	30.7	34.0	34.2	29.0	24.1	17.0	12.7	25.5	16,05
Température mensuelle min	2.6	2.7	5.1	7.1	11.5	15.9	18.5	19.0	16.0	11.5	7.2	4.3	6.6	18,9
Température mensuelle moyenne	6.6	6.9	10.2	12.5	17.3	22.5	25.5	25.5	20.7	17.0	10.8	7.5	Low	AMR

$$AMT = (H + L) / 2$$

$$AMR = H - L$$

umidité max.	93,82	94,45	92,09	92,45	88,73	80,91	74,09	76,18	88,73	89,73	92,45	94,09
Humidité min	57,45	52	44,27	43,64	37,45	29,36	25	26,55	36,36	40,55	51,45	58,18
moyenne	79,64	77,27	71,73	70,55	65	54,91	48,36	51,09	65,09	68,09	75	79,36
Groupe d'humidité	4	4	4	4	3	3	2	3	3	3	4	4

Groupe d'humidité: 1	si la moyenne RH: moins de 30%
2	30-50%
3	50-70%
4	plus de 70%

Précipitations et vents

Precipitation mm	88.7	51.6	42.7	53.6	38.0	23.6	5.1	11.9	41.4	29.9	69.9	78.9	535,3	Total
-------------------------	------	------	------	------	------	------	-----	------	------	------	------	------	-------	--------------

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Vent dominant	2.7	2.8	2.5	2.8	2.5	2.4	2.4	2.4	2.1	2.1	2.7	2.9

	AMT plus de 20°C		AMT 15-20°C		AMT moins de 15°C		
Limites confort	de	Jour	Nuit	Jour	Nuit	Jour	Nuit
Groupe d'humidité	1	26-34	17-25	23-32	14-23	21-30	12-21
	2	25-31	17-24	22-30	14-22	20-27	12-20
	3	23-29	17-23	21-28	14-21	19-26	12-19
	4	22-27	17-21	20-25	14-20	18-24	12-18

Diagnostic de température

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Température mens. max.	11.7	13.2	16.5	18.7	24.9	30.7	34.0	34.2	29.0	24.1	17.0	12.7	18,05
Confort jour : sup.	25	25	25	25	28	28	30	28	28	28	25	25	
Confort jour : Inf.	20	20	20	20	21	21	22	21	21	21	20	20	
Température mens. min	2.6	2.7	5.1	7.1	11.5	15.9	18.5	19.0	16.0	11.5	7.2	4.3	
Confort nuit : sup.	20	20	20	20	21	21	22	21	21	21	20	20	
Confort nuit : inf.	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	
Confort thermique: jour	20	20	20	20	21	21	22	21	21	20	20	20	
Confort thermique:: nuit	25	25	25	25	28	28	30	28	28	25	25	25	
	C	C	C	C	O	H	H	H	H	O	C	C	
	C	C	C	C	C	O	O	O	O	C	C	C	

b-Indicateurs

Humide: H1 totals													0
H2													0
H3	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	12
Arid: A1					√	√	√	√	√				5
A2								√			√		2
A3	√	√	√	√								√	6

Application

Meaning	indicateurs	Confort	pluviométrie	Groupe	différence
---------	-------------	---------	--------------	--------	------------

		thermique		d'humidité moyenne	
		Jour			
		Nuit			
Mouvement essentiel de l'air	H1	H		4	
		H		2,3	
Moins de 10°C					
Mouvement indésirable de l'air	H2	O		4	
				Plus de 200mm	
Quantité de pluie nécessaire					
Capacité thermique nécessaire	H3			1,2,3	
Plus de 10°C					
Température extérieure désirable	A1			1,2	
		H		1,2	
Plus de 10°C					
Mouvement essentiel de l'air	A2	H	O		
Mouvement indésirable de l'air	A3	C			

Table 3 Specifications recommandées

Total des indicateurs de table 2					
H1	H2	H3	A1	A2	A3
0	0	12	5	2	6

1- Disposition / plan de masse

0-10	√	1	Orientation Nord et sud (axe long est-ouest).
	5-12		
11,12	0-4	2	Plan Compact autour d'une cour.

2- Espacement

11,12							3	Ouverture des espaces pour pénétration de brise.
2-10							4	Comme 3. protection des vents froids et chauds.
0,1						√	5	Disposition compacte de l'immeuble.

3- Mouvement d'air

3-12							6	Chambres individuelles permettant la circulation d'air.
1,2			0-5				7	Chambres doubles permettant une provision temporaire de l'air.
			6-12					
0	2-12						8	Pas de mouvement d'air.
	0,1							

2- Ouvertures

			0,1			0	9	Large ouvertures 40-80%	
			11,12			0,1	10	Petites ouvertures 10-20%	
autres conditions							√	11	Ouvertures moyennes 20-40%

3- Murs

			0-2				12	Murs légers, court temps de déphasage.
			3-12			√	13	Murs intérieurs et extérieurs épais.

4- Toits

			0-5			√	14	Toiture légère, isolée
			6-12				15	Toiture épaisse, temps de déphasage de plus de 8h.

5- Terrasse

				2-12		√	16	Espace extérieur recommandé pour dormir.
--	--	--	--	------	--	---	----	--

6- Protection contre la pluie

		3-12				√	17	Protection recommandée contre les pluies.
--	--	------	--	--	--	---	----	---

Table 4 Detail des recommandations

Total des Indicateurs à partir de table 2					
H1	H2	H3	A1	A2	A3
0	0	12	5	2	6

1- Taille des ouvertures

2-

			0,1	0	1	Large:	40-80%
			2-5	1-12	√	moyennes:	25-40%
			6-10			petites:	15-25%
			11,12	0-3		Très petites:	10-20%
				4-12		moyennes:	25-40%

2- Position des ouvertures

3-12						6	Au Nord et au sud, murs s'élevant face au vent.
			0-5				
			6-12			7	Comme précédent, ouvertures aussi dans les murs intérieurs.
0	2-12						

3- Protection des ouvertures

				0-2		8	Exclure le rayonnement direct.
		2-12			√	9	Protection contre la pluie.

4- Murs et planchers

			0-2			10	Légers, faible Capacité thermique.
			3-12		√	11	lourds, temps de déphasage de plus de 8h.

5- Toits

			0-2			12	Légers, surface réfléchive.
10-12			3-12			13	Légers, bien isolés de la lumière solaire.
			0-5				
0,9			6-12		√	14	lourds, temps de déphasage de plus de 8h.

6- External features

			1-12	√	15	Espace extérieur pour dormir.
		1-12		√	16	Drainage adéquat des eaux pluviales.

Matrice des isothermes de la région de Constantine

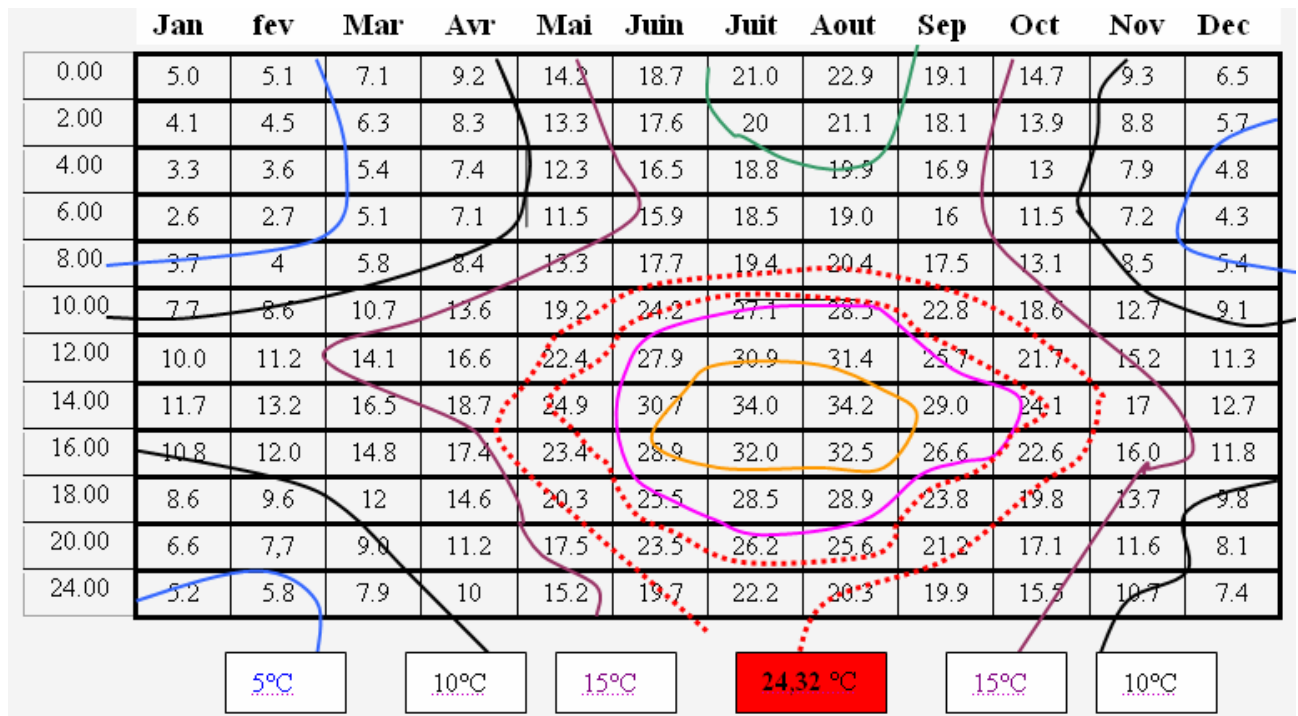


Figure 1. Matrice des isothermes. (limites de la zone de surchauffe en pointillées).

Occultations fixes

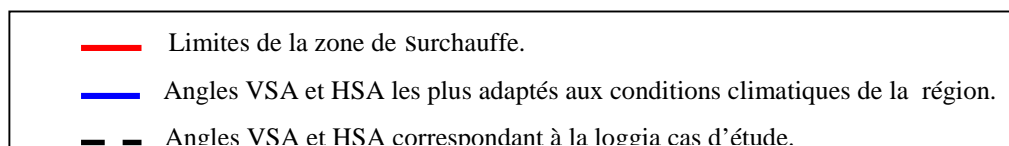
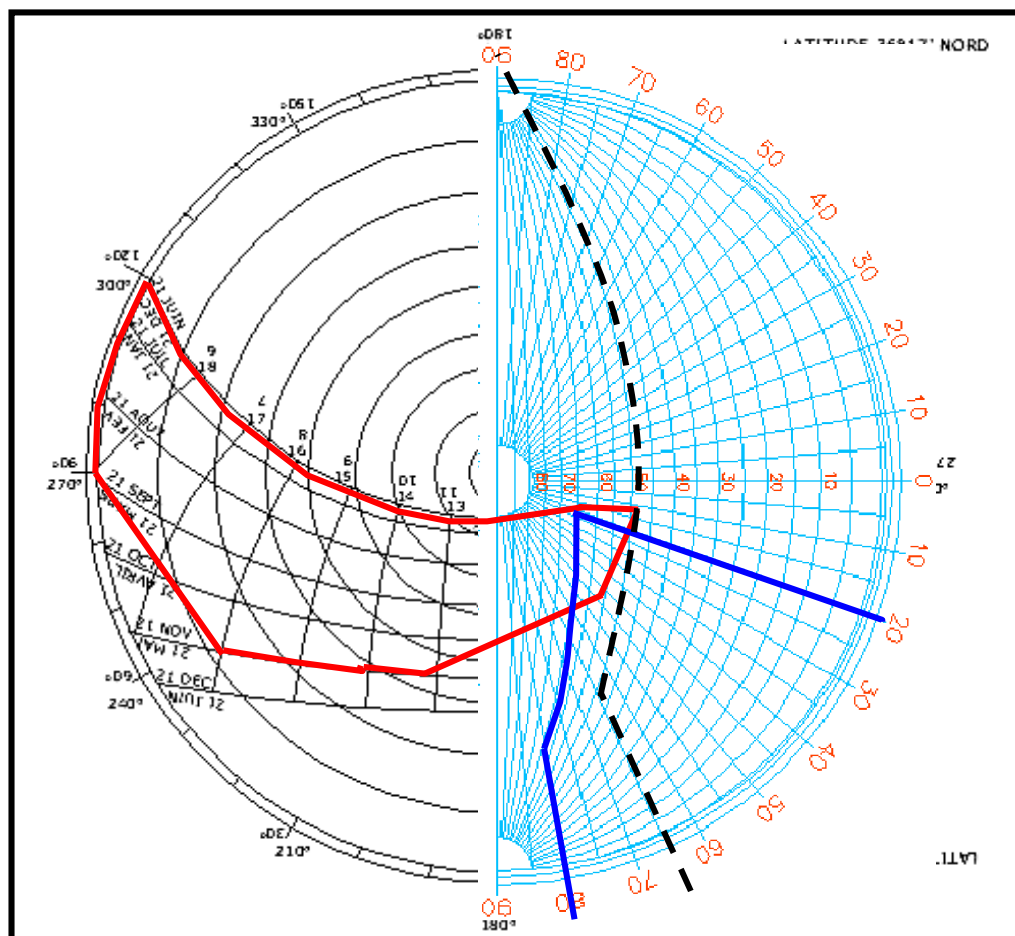


Figure 2. Protection favorable pour une orientation Est. (auteur).

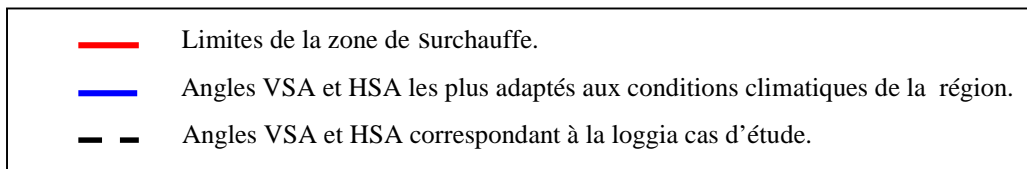
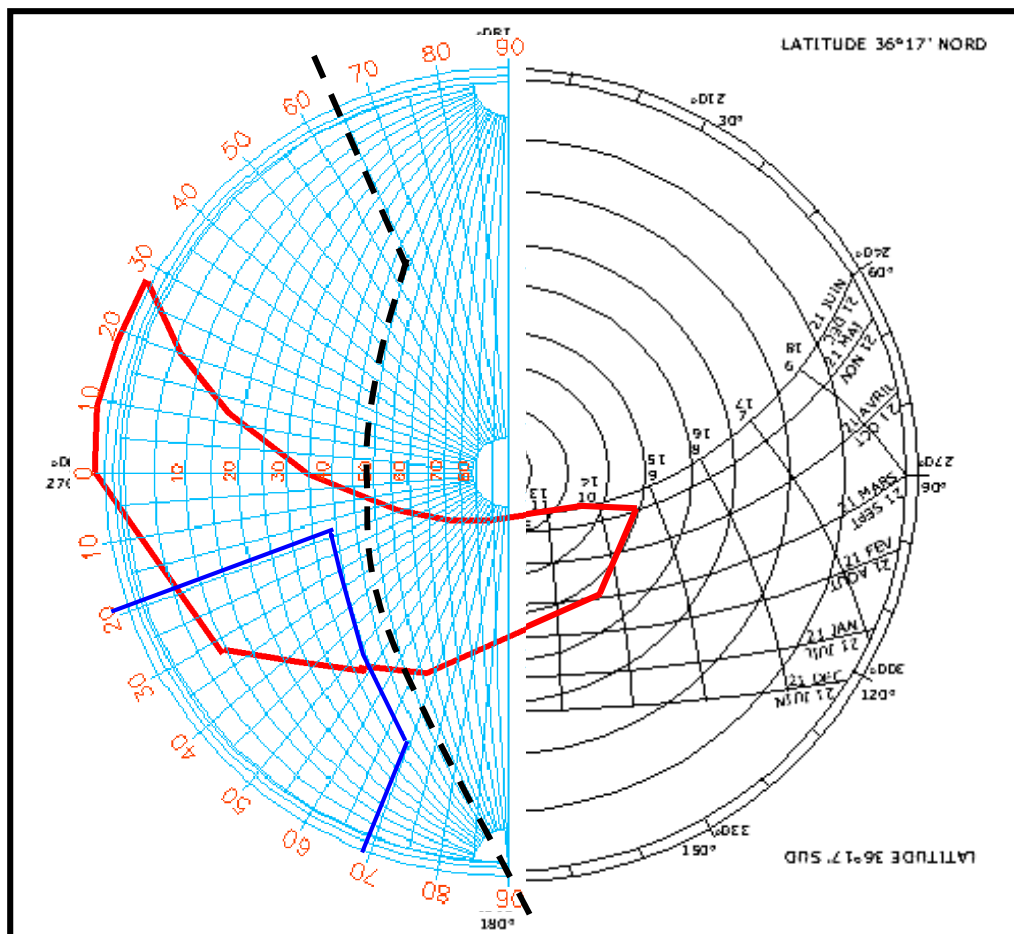


Figure 3. Protection favorable pour une ouverture Ouest. (auteur).

Calcul de la température neutre

Selon l'analyse climatique, la saison chaude s'étend de juin à août, et la saison froide s'étend de novembre à avril. Les mois de mai, septembre et octobre constituent une transition entre les deux périodes, froide et chaude.

Période froide

$$T_n = 17.6 + 0.31 \times T_{moy}$$

$$T_{moy} = 9,08$$

$$T_n = 20,41$$

Période chaude

$$T_n = 17.6 + 0.31 \times T_{moy}$$

$$T_{moy} = 24,5$$

$$T_n = 25,19$$

Chapitre 6

Températures mesurées dans les cellules objet d'investigation

1- Investigation représentative de la période froide

Heures du jour du 5 au 8/04/2007	Station 1		Station 2	
	Température	Humidité	Température	Humidité
	T (°C)	H (%)	T (°C)	H (%)
8	20,4	64	12,5	60
10	20,4	55	14,7	56
12	20,1	63	14,7	57
14	20,1	61	12,4	68
16	20,1	60	12,4	59
18	20,1	57	13,2	59
20	20,8	65	11,6	74
22	21,1	72	11,3	60
24	20,1	72	18,3	71
2	19,4	75	18,3	70
4	19,4	75	18,3	73
6	18,7	82	17,9	80
8	19	85	18	80
10	19,2	64	17,7	62
12	20	62	13,6	63
14	20,8	62	14,2	58
16	20,8	60	14,7	63
18	21,1	61	14,3	62
20	21,3	65	13,2	66
22	21,4	66	12,4	71
24	21,1	69	12,5	70
2	20,1	74	12	66
4	19,8	78	11,2	74
6	19,5	77	10,7	67
8	18,3	77	11,9	79
10	18,6	67	13,2	68
12	18,3	61	17,4	64
14	18,6	54	18,5	51
16	18,8	57	19,4	61

	Température T (°C)	Humidité H (%)	Température T (°C)	Humidité H (%)
18	19,5	61	18,8	65
20	20,1	63	17,4	70
22	20,2	67	16	68
24	19,9	72	17,1	79
2	19,5	77	16,1	67
4	19,5	78	15,1	73
6	19,1	79	14,2	80

Table 1 *Cellule à loggia témoin orientée au Sud (CTS)*

Heures du jour 5 au 8/04/2007	Station 1		Station 2	
	Température T (°C)	Humidité H (%)	Température T (°C)	Humidité H (%)
8	19,6	73,5	13,5	67,3
10	19,2	60	20,6	55
12	20,3	62,4	18,2	63,8
14	21,0	62,7	17,4	63,2
16	20,9	55,6	17,3	57,1
18	21,1	59	17,1	56,2
20	21,2	61,1	16	59,5
22	21	61,1	16	59,3
24	21,1	72,8	20,0	69
2	21,6	63,5	19,8	63,3
4	19,7	65,3	17,1	68,1
6	20,6	70,1	15,3	65,3
8	20,8	75,1	16,1	63,2
10	20,6	62,6	19,2	57,9
12	21,8	64,8	18,5	59,8
14	21,4	62,3	19,8	61,1
16	20,8	61,9	19,0	64,9
18	20,9	71,3	18,8	64,2

	Température T (°C)	Humidité H (%)	Température T (°C)	Humidité H (%)
20	22,9	75,2	17,2	73,3
22	22,4	77,2	16,4	75,9
24	24,2	73,6	14,5	68,8
2	23,4	75,9	14,1	71,4
4	21,7	79,5	14,1	65,7
6	22,6	64,4	14,5	73,8
8	20,5	70	14,4	65,1
10	21,7	64,5	18,5	63,2
12	20,6	68,4	19,7	61,7
14	20,9	68,4	19,7	55,2
16	20,6	63,7	20,2	59,3
18	21,3	71,3	20,3	59,7
20	21,3	73,1	18,5	69,5
22	21,7	77,1	17,8	67,6
24	21,5	77,6	18	70,7
2	21,2	78	17,3	66,9
4	19,6	73,5	13,5	67,3
6	19,2	60	20,6	55

Table 2 Cellule à loggia Vitrée orientée au Sud (CVS)

Heures du jour	Station 1		Station 2	
	Température T (°C)	Humidité H (%)	Température T (°C)	Humidité H (%)
11 au 14/04/2007				
8	20,6	64,4	14	61,8
10	20,0	57,5	18,2	56,4
12	21,3	56,5	22,4	52,5
14	21,7	54,8	23,7	46,4
16	22,0	59,9	24	62,1
18	22,7	68,3	22,4	67,9
20	22,5	71,4	19,2	68,6
22	23,3	74,5	16,2	64,7

	Température T (°C)	Humidité H (%)	Température T (°C)	Humidité H (%)
24	23,0	73,5	15	62,7
2	22,4	69,9	14,9	50,7
4	22,1	67,3	15,7	48,3
6	21,2	59,7	16,6	48,4
8	21,5	62,8	16,9	57,5
10	21,4	58,4	17,4	57,8
12	21,2	61,6	20,4	58,9
14	21,9	66,3	29,1	60,4
16	22,1	64,2	27,8	58,8
18	22,4	64,9	22,7	61,3
20	22,7	67,9	20,8	60,7
22	22,8	67,9	18,7	61,6
24	22,6	71,1	16,8	65,5
2	22,3	67,2	15,9	60,3
4	21,9	64,2	15,5	65,8
6	21,4	65,8	14,2	63,4
8	21,4	67,2	13,7	64,4
10	20,8	61,6	17	61,6
12	20,8	65,7	17,6	66,6
14	21,2	65,2	19,2	62,8
16	20,2	60,6	12,7	59,2
18	20,9	65,1	10,5	57,7
20	20,9	64,7	9,8	58,6
22	21,2	64,5	9,5	55,1
24	21	63,5	9,6	56,7
2	20,4	61,6	9,8	55,7
4	20,2	61,9	9,4	55,9
6	20,8	62,8	9,3	54,9

Table 3 Cellule à loggia témoin orientée à l'Ouest (CTo)

Heures du jour 11 au 14/04/2007	Station 1		Station 2	
	Température	Humidité	Température	Humidité
	T (°C)	H (%)	T (°C)	H (%)
8	22	75	18,5	74
10	20,6	70	18,3	69
12	20,9	68	20,3	71
14	21,5	65	21,7	64
16	22,1	68	22	72
18	22,4	73	22,7	75
20	22,7	67	20,1	76
22	22,1	70	20,1	74
24	22	71	19,5	75
2	21,8	73	19	77
4	21,6	70	18,5	80
6	21,4	71	18,6	79
8	21,2	66	18,7	66
10	22,3	67	19,2	68
12	21,8	67	20	70
14	23	77	21,6	75
16	22,8	69	22,2	72
18	22,8	65	21,8	64
20	23,8	74	21,9	73
22	23,4	73	21,4	73
24	23,4	81	20,7	92
2	23,4	76	20,2	78
4	22,8	80	21,5	75
6	22,7	77	20	74
8	22	75	18,5	74
10	20,6	70	18,3	69
12	20,9	68	20,3	71
14	21,5	65	21,7	64
16	22,1	68	22	72
18	22,4	73	22,7	75
20	22,7	67	20,1	76

	Température T (°C)	Humidité H (%)	Température T (°C)	Humidité H (%)
22	22,1	70	20,1	74
24	22	71	19,5	75
2	21,8	73	19	77
4	21,6	70	18,5	80
6	21,4	71	18,6	79

Table 4 *Cellule à loggia Vitrée orientée à l'Ouest (CVo)*

Heures du jour 15 au 18/04/2007	Station 1		Station 2	
	Température T (°C)	Humidité H (%)	Température T (°C)	Humidité H (%)
8	19,1	75	15,9	73,5
10	21,5	58,9	18,2	56
12	21,9	61,9	17,6	60,3
14	22,8	63,8	17,4	57,8
16	22,4	61,5	17,1	57,1
18	23,5	57,9	16,7	56,8
20	21,8	63,9	14,4	62,2
22	23,8	66,9	13,7	56,6
24	24,4	62,2	13,4	54,1
2	24,4	62,2	12,9	54,3
4	20,6	73,5	12,6	62,3
6	21,9	67,5	12,4	68,9
8	22,8	67,1	13,4	63,6
10	22	60,1	16,2	60,4
12	21,8	67,6	16,5	68,4
14	22,3	67,9	15	67
16	23,4	63,7	14	55,2
18	23,2	70,3	16,3	64,7
20	23,5	64,2	11,9	53,7
22	24,2	66,8	11,9	53,9

	Température T (°C)	Humidité H (%)	Température T (°C)	Humidité H (%)
24	22,7	69,9	11,5	56
2	21,2	75,6	11,2	71,7
4	18,9	73,5	9,8	73,6
6	21,1	70,8	9,3	51,8
8	23	65,4	17,3	58,8
10	22,4	59,5	18,8	59,4
12	22,9	57	18,2	54,9
14	22,8	63,6	17,9	57,2
16	22,6	64,9	17,5	55,5
18	23,1	53,6	15,9	51,1
20	24,1	54,9	13,7	66
22	24,4	66,3	14,3	67,4
24	22,4	66,3	13,5	75,1
2	23,3	70	13,2	75,3
4	24,8	65,4	12,6	74,2
6	21,6	76,1	12,4	71,7

Table 5 Cellule à loggia témoin orientée à l'Est (CTe)

Heures du jour 15 au 18/04/2007	Station 1		Station 2	
	Température T (°C)	Humidité H (%)	Température T (°C)	Humidité H (%)
8	22,8	69	22,8	66
10	22,6	65	20,5	65
12	22,6	68	20,2	69
14	22,7	67	13	68
16	22,7	67	19,8	66
18	22,8	66	15,9	66
20	23	69	16,3	68
22	23,7	71	22,5	69
24	23,3	72	21,7	68
2	23,1	71	20,6	70

	Température T (°C)	Humidité H (%)	Température T (°C)	Humidité H (%)
4	22,3	73	19,7	71
6	21,1	74	19	73
8	21,7	64	20,3	64
10	21,8	64	20,4	64
12	22,6	68	20,3	66
14	22,8	68	21,1	68
16	22,9	77	23,1	76
18	22,8	75	18,8	75
20	23	74	19	72
22	23,4	75	17,2	74
24	22,3	74	16,3	71
2	22,4	75	15,1	72
4	21,8	76	14,7	71
6	22,2	76	18,8	74
8	22,4	79	20,8	81
10	20,9	69	20,2	68
12	21	65	21,1	70
14	21,5	66	21,1	70
16	21,7	65	21,1	67
18	21,6	63	21,1	67
20	22,1	65	21,6	67
22	22,7	66	21,7	67
24	22,9	64	21,3	70
8	22,8	69	22,8	66
10	22,6	65	20,5	65
12	22,6	68	20,2	69

Table 6 Cellule à loggia Vitrée orientée à l'Est (CVe)

Investigation représentative de la période chaude

Heures du jour	Station 1		Station 2	
	Température	Humidité	Température	Humidité
	T (°C)	H (%)	T (°C)	H (%)
8	27,5	48	26,1	49
10	28,2	47	27,1	46,2
12	27,6	49,4	28,3	48,4
14	28,3	41,9	29,8	40,9
16	28,2	44,7	30,7	42,7
18	28,8	48,7	29,5	47,7
20	28,3	46,4	28,8	46,9
22	28,0	48,7	27,5	52,6
24	27,2	49,3	26,1	49,7
2	26,5	49,2	24,4	52,2
4	26,3	51,3	23,6	54,5
6	26,1	50,2	23,5	53,4
8	26,8	40,5	25,4	54,3
10	25,8	52	24,8	52,3
12	26,3	53,2	26	54,4
14	27,1	52,9	25,9	53,1
16	27,1	53	26,5	51,8
18	26,6	40,0	26,3	50
20	24,4	46,3	24,9	56,3
22	22,8	50,8	22,7	59,9
24	25,1	51,0	21,5	41
2	24,2	52,5	19,7	52,8
4	22,1	50,2	21,1	51,6
6	23,0	52,4	17,6	53
8	25,6	46,6	24,3	46,3
10	24,5	46,6	24	46,3
12	25,5	47,7	25,1	47,5
14	25,5	41,6	26,1	41,4
16	26,1	43,9	26,9	44
18	27,3	42,6	26,8	41,5

	Température T (°C)	Humidité H (%)	Température T (°C)	Humidité H (%)
20	26,5	49,3	25,8	46,2
22	25,2	42,6	24,2	50,6
24	25,0	41,2	23,2	51,4
2	21,1	49,4	21,9	48,9
4	24,1	50,9	20,4	50,7
6	24,3	52,3	25,3	52,5

Table 7 Cellule à loggia témoin orientée au Sud (CTS)

Heures du jour 4 au 7/07/2007	Station 1		Station 2	
	Température T (°C)	Humidité H (%)	Température T (°C)	Humidité H (%)
8	28,7	52	28,2	52,3
10	29	52	28,5	60
12	27,4	69	28,3	58
14	28,9	56	27,1	56
16	28,4	66	27,5	54
18	28,6	54	28,9	45
20	28,6	54	28,8	57
22	27,9	65	27,6	66
24	27,5	57	27,3	63
2	27,1	54	27	60
4	26,8	59	26,8	60
6	26,2	55	26,3	63
8	26,4	59	25,9	60
10	26,4	59	26,3	54
12	26,3	55	26,7	55
14	29	70	27,1	60
16	27,8	62	27,5	61
18	27,4	48	27,1	50
20	27	53	27,1	65

	Température T (°C)	Humidité H (%)	Température T (°C)	Humidité H (%)
22	26,6	58	26,6	54
24	26,5	49	26,4	52
2	25,6	52	25,8	52
4	25,3	54	25,3	58
6	23,9	48	25,2	57
8	24	53	23,8	60
10	24,3	53	24,3	46
12	24,3	48	25,3	46
14	25,2	35	25,5	39
16	26	39	26,1	48
18	26,7	42	26,6	50
20	27,1	57	27,1	49
22	26,4	49	26,7	54
24	25,1	47	25,9	55
2	24,8	52	27,5	50
4	25	52	25,8	54
6	24,5	47	24,8	54

Table 8 Cellule à loggia Vitrée orientée au Sud (CVS)

Heures du jour 01 au 04/07/2007	Station 1		Station 2	
	Température T (°C)	Humidité H (%)	Température T (°C)	Humidité H (%)
8	27,1	47,6	24,5	46,5
10	29,9	45,7	27,8	45,3
12	32,7	41,2	31,7	41,2
14	32,6	45,6	34,7	44,1
16	30,9	46,3	35,9	45,7
18	30,8	52,1	32,2	52,1
20	30,4	51,8	30,4	51,9

	Température T (°C)	Humidité H (%)	Température T (°C)	Humidité H (%)
22	31,1	51,6	28,8	51,9
24	31,7	53,4	28	53,7
2	27,8	54,4	26,8	54,6
4	24,3	50,4	25,3	50,5
6	22,4	54,2	23,6	54,5
8	20,8	56,1	24,1	56,3
10	21,6	50,6	26,7	51,3
12	29,9	50,8	28,8	45,9
14	28,8	46,8	30,9	46,8
16	29,9	50,6	31,3	50,8
18	28,1	51,9	29,5	51,3
20	27,9	56,2	27,2	56,3
22	29,8	55,1	25,3	55,1
24	28,2	53,5	25,1	53,8
2	25,6	57	24	57,2
4	23,1	57	22,9	57,1
6	22,1	56,5	21,1	56,6
8	21,9	54,5	24,7	54,6
10	25,7	54,5	25,7	54,6
12	30	53,9	28,9	53,8
14	28,1	53,4	30,3	53,4
16	28,2	53,7	30,2	53,9
18	27,6	47,4	29	47
20	28,8	44,8	27,6	45,4
22	30,3	55,4	25,9	56,2
24	27,1	46,5	24	56,4
2	23,3	59,5	21,8	60,2
4	22,5	43	21,6	47,2
6	22,9	34,2	21,5	34,9

Table 9 Cellule à loggia témoin orientée à l'Ouest (CTo)

Heures du jour 01 au 04/07/2007	Station 1		Station 2	
	Température	Humidité	Température	Humidité
	T (°C)	H (%)	T (°C)	H (%)
8	26,3	45	26,8	43
10	26,5	48	26,6	50
12	27,5	49	27,7	50
14	28,9	47	29,8	50
16	29,7	37	32,3	42
18	29,6	41	32,7	47
20	30,5	56	32,8	57
22	28,9	47	31,5	55
24	28,8	44	31,7	46
2	28,5	45	28,8	42
4	27,8	52	28,7	52
6	27,7	50	28,8	54
8	26,6	56	25,9	60
10	27,6	57	27,6	73
12	27,2	54	28,6	58
14	27,8	54	30,3	55
16	27,8	56	30,5	63
18	29	54	31,5	67
20	28,1	60	28,9	63
22	27,8	60	28,9	63
24	27,8	62	28,3	61
2	27,6	57	27,9	60
4	27,5	60	24,1	62
6	25,4	54	24,3	62
8	27	55	23,7	56
10	27	51	25,5	51
12	27,4	51	27,1	61
14	28,1	64	30,8	61
16	28	51	30,6	62
18	28,3	60	30	63
20	27,8	55	31,1	52

	Température T (°C)	Humidité H (%)	Température T (°C)	Humidité H (%)
22	27,8	57	28,4	58
24	27,4	56	28,3	65
2	27,1	55	28,1	67
4	27,6	56	28	66
6	27	51	24,1	51

Table 10 Cellule à loggia Vitrée orientée à l'Ouest (CVo)

Heures du jour	Station 1		Station 2	
	Température T (°C)	Humidité H (%)	Température T (°C)	Humidité H (%)
07 au 08/07/2007				
8	25,3	53,4	28	50,7
10	28	51,6	30,1	46,5
12	27	48,7	29	45,4
14	26,9	48,1	32,5	42,4
16	28	49,7	30,1	45,2
18	27,3	51,7	30,1	47
20	28,7	51,5	27,6	50,8
22	27,3	52,5	27	53
24	28,5	53,2	26	53,6
2	25,6	53,3	26	53,6
4	24,1	53,7	24,4	54,2
6	24	53,7	24,1	53,3
8	27,6	49,9	30	55,5
10	28,8	40,3	31,9	55,5
12	27,1	47	32,4	49,9
14	29,1	50,9	31,7	51,5
16	27,9	47,4	32,5	46,4
18	30,1	48	30,6	47,7
20	28,6	50,6	28,6	50,6
22	28,7	52,3	28,3	52,9

	Température T (°C)	Humidité H (%)	Température T (°C)	Humidité H (%)
24	27,6	53	25,3	53,3
2	27,2	52	26,4	
4	26,5	52,7	27,3	53
6	26,6	52,2	27	52,1
8	27,9	48,7	31,3	54,4
10	31,2	47,9	32,8	45
12	29,8	48,7	30,9	46,3
14	31,4	40,6	32	40,2
16	28,5	46,4	33,1	41
18	30,5	46,4	32,6	43
20	30,6	47	31,5	26,6
22	29,5	45,2	30	41,7
24	29,3	45	28,6	46,3
2	27,4	44,3	26	47
4	26,8	44,7	26,6	45
6	27,4	44,9	25,7	43,1

Table 11 *Cellule à loggia témoin orientée à l'Est (CTe)*

Heures du jour	Station 1		Station 2	
	Température T (°C)	Humidité H (%)	Température T (°C)	Humidité H (%)
07 au 08/07/2007				
8	24,5	56	26,3	56
10	28,7	51	29,5	52
12	28,6	52	29,4	52
14	27,7	50	29,1	
16	27,8	52	29,5	52
18	29,7	50	29,9	50
20	30,1	51	30	51
22	29,6	50	30,3	50
24	30,3	53	29,5	52

	Température T (°C)	Humidité H (%)	Température T (°C)	Humidité H (%)
2	29,8	52	29,4	53
4	29,6	53	29,7	52
6	28,2	53	28,1	51
8	28	54	29,6	53
10	27,8	50	29,1	55
12	27,2	46	29,2	54
14	27,8	44	29,9	52
16	29,5	46	32,3	51
18	31,5	46	32,9	50
20	30,7	55	32,1	50
22	31,3	47	32	51
24	30,8	40	31,3	51
2	30	39	29,4	52
4	30,6	38	29,7	53
6	30,7	40	30,8	52
8	31,1	42	32,4	50
10	32,5	45	33,2	51
12	30,6	47	32,9	52
14	32,1	45	33,6	52
16	32,4	50	33,2	53
18	32,1	51	33,3	54
20	32,5	53	33,4	56
22	31,5	53	32,7	56
24	30,7	50	32,3	54
8	30,6	52	31,7	53
10	29,5	51	30,2	52
12	29,7	50	30,9	50

Table 12 *Cellule à loggia Vitrée orientée à l'Est (CVe)*

Chapitre 7

Variation tri horaire (h) des Températures de l'air extérieur									
Jours du mois d'avril	h = 0	h = 3	h = 6	h = 9	h = 12	h = 15	h = 18	h = 21	
05	-	-	6.3	7.8	10.5	12.4	10.7	8.8	
06	7.1	9.3	6.7	5.4	9.8	14.7	15	12.3	
07	10.1	9.1	5.8	4.3	13.3	17	17.2	14.8	
08	11.3	11.5	7.7	-	-	-	-	-	
11	-	-	13.8	17.5	22.1	26	20	16.1	
12	15.1	15.6	15.5	14.5	15.7	19.6	16.5	16	
13	14.8	15	13.5	16	20.8	10	9.0	8.6	
14	7.9	7.7	7.8	-	-	-	-	-	
15	-	-	7.0	12.7	16.3	15.5	11.7	11.4	
16	10.9	9.6	10	11.8	13.4	14.3	12.3	10.6	
17	10.3	9.7	9.7	13.3	15.3	17.0	15.2	13.1	
18	11.6	11	9.0	-	-	-	-	-	

Table 13 *variation de températures de l'air extérieur relatives à la période froide de l'investigation. (O.N.M)*

Variation tri horaire (h) des Températures de l'air extérieur									
Jours du mois de Juillet	h = 0	h = 3	h = 6	h = 9	h = 12	h = 15	h = 18	h = 21	
01	-	-	21.7	31.1	36.4	38.3	31.3	25	
02	23	21.2	19.3	26.2	30.4	30.9	26.8	21.8	
03	19.5	18	18.6	26.4	31	31.7	27.6	23	
04	20.4	18	20.2	29.5	33.8	34.1	29	21.5	
05	18.3	17.1	18.5	23.5	26.8	27.9	23.2	17.9	
06	15.8	14.6	17.7	24.1	27.8	30.3	28	21.2	
07	18.5	16.4	20.5	29.9	35	31.4	31	23	
08	22.2	23	31.8	35.4	34	29.1	24.6	23.2	
09	21.8	24	32.3	34.6	34.1	29.5	23	20.4	
10	19.4	20.5	22.3	-	-	-	-	-	

Table 14 *variation de températures de l'air extérieur relatives à la période froide de l'investigation. (O.N.M)*

Variation tri horaire (h) des Températures de l'air extérieur, pour les deux jours types.									
Heures		h =0	h= 3	h=6	h=9	h=12	h=15	h=18	h=21
Jour du	06/02/ 2007	7.2	3.90	3.70	5.7	8.3	9.8	7.7	8.0
Jour du	05/07/ 2007	18.3	17.1	18.1	23.5	26.8	27.9	23.2	17.9

Variation tri horaire de la Vitesse de l'air extérieur suivant les heures (h)									
Heures		h =0	h= 3	h=6	h=9	h=12	h=15	h=18	h=21
Jour du	06/02/ 2007	0	0	0	4	4	4	2	3
Jour du	05/07/ 2007	0	0	2	3	5	5	3	0

Nébulosité du ciel									
Heures		h =0	h= 3	h=6	h=9	h=12	h=15	h=18	h=21
Jour du	06/02/ 2007	0	0	5	5	7	6	5	0
Jour du	05/07/ 2007	0	0	3	1	1	0	0	0

Table 15 *Températures de l'air, vent et nébulosité des deux jours types de la simulation.*
(O.N.M)

Composition des murs.

Mur	Composition du mur (de l'extérieur vers l'intérieur)	Epaisseur du composant (mm)
Mur véranda	Béton préfabriqué	200
Mur extérieur	Béton préfabriqué Mortier plâtre	200 20
Mur de fond de la loggia	Mortier ciment Béton préfabriqué	20 200
Mur latéral de la loggia	Mortier ciment Béton préfabriqué	20 150
Mur intérieur	Mortier ciment Béton préfabriqué Mortier ciment	20 150 20
Plafond	Carrelage Mortier ciment Béton préfabriqué Mortier plâtre	30 20 100 20
Plancher	Mortier plâtre Béton préfabriqué Mortier ciment Carrelage	20 100 20 30
Porte	Bois léger	40

Caractéristiques des matériaux de construction¹.

Matériau	Conductivité (W/m.k)	Chaleur spécifique (Wh/kg.k)	Densité (kg/m ³)
Béton préfabriqué	1.75	0.256	2300
Mortier ciment	1.15	0.233	2000
Mortier plâtre	0.350	0.222	1000
Carrelage	1.700	0.194	2300
Bois léger	0.150	0.333	500
Verre simple clair	1.10	0.18	2700

¹ Ed. Mazria. *Le guide de l'énergie solaire passive*. Editions Parenthèses. 1981. p 268-277

Propriétés du bâtiment, équipement et sol

Occultation intérieure en toile	Transmissivité 50%	=	Absorptance = 50%	Résistance = 20 (m². k/W)
Occultation intérieure en bois	Transmissivité 50%	=	Absorptance = 50%	Résistance = 5.88 (m ² . k/W)
surface de la paroi vitrée	Absorptance = 40%		Emitance = 80%	-
vitrage	Emittance = 84		Transmittance = 90	Réfectance = 8
sol	Reflectivité = 20%		-	Résistance = 1.87 (m ² . k/W)

Calcul de l'infiltration de l'air¹

Le flux de l'air $Q = K \cdot A_{\text{eff}} \cdot V \dots\dots(1)$

Où K est le facteur de perméabilité, K= 0.7 pour un espace à ventilation transversale, lorsqu'il s'agit d'obstructions internes.

A_{eff} est la surface effective de l'ouverture.

V vitesse du vent.

$ACH = K \cdot A_{\text{eff}} \cdot V / v \dots\dots\dots(2)$

Où v est le volume de la loggia.

De (1) et (2) :

ACH= 1 .5 pour le jour type de la période froide.
ACH= 10 .4 pour le jour type de la période chaude.

Calcul de gains internes :

Dans le séjour :

Gains en chaleur totale du à l'occupant calculés à partir de la norme européenne² = 5W/m².

Gains totaux internes dans le volume du séjour

Dans les autres espaces : les gains internes relatifs aux autres locaux sont calculés à partir de la valeur définie par J.Lizard¹ de 90Wh/J/m².

¹ B. Givoni. *climate considerations in building and urban design*. Edition John willy and sons 1998. p 92

² Adra, Nadine. *Proposition d'une procédure de certification énergétique des logements et application au contexte libanais*.2001. [En ligne] <http://docinsa.insa-lyon.fr>

Temps (h)	01- 08	8- 18	19- 24
Gains internes en (W) dans le séjour (volume 2)	120	0	200
Gains internes en (W) dans les autres locaux (volume 3)	120	250	0

¹ J.L. Izard. *Architecture d'été. Construire pour le confort d'été*. Edition Edisud, Aix-en-provence, 1993.

Résumés

Résumé

Après acquisition de logements sociaux, construits en urgence pour répondre à un déficit en logements sans cesse croissant, les habitants se sont de leur propre initiative, lancés dans des modifications et des extensions visant à mieux adapter leurs logements à leurs besoins.

L'économie d'espace les a incités à fermer totalement les balcons et les loggias avec du vitrage; sans réflexion sur l'impact de cette transformation sur les situations de confort, ni pour autant sur la consommation de l'énergie.

La préoccupation environnementale, la nécessité d'assurer un confort aux occupants, et l'économie de l'énergie nous ont poussé à nous interroger sur l'impact de la loggia vitrée sur le confort thermique de l'espace adjacent dans le climat de Constantine, à fortes contraintes climatiques.

Une étude comparative est menée dans deux cellules du collectif, afin d'estimer le rôle de la loggia vitrée dans le confort thermique de l'espace adjacent. Le suivi expérimental s'est tenu sur deux périodes représentatives des saisons froide et chaude, en faisant appel aux mesures par un appareillage du type digital permettant le prélèvement de la température de l'air ainsi que l'humidité relative dans les deux locaux : séjour, et loggia.

Ce travail de terrain est suivi d'une simulation par le logiciel informatique Derob-LTH effectuée dans l'optique de déterminer les caractéristiques thermiques de la loggia vitrée convenant au confort thermique de la région de Constantine.

Les résultats montrent qu'en période froide, la loggia vitrée joue le rôle de capteur solaire et d'espace tampon, régulant les variations de températures, et rapportant des degrés précieux pour le chauffage de l'espace adjacent. En période chaude, en absorbant la chaleur par sa masse thermique, la loggia vitrée retarde l'effet instantané du rayonnement solaire, et réduit par la suite la température du séjour adjacent. La nuit, c'est l'inverse qui se produit, à cause d'une difficulté d'évacuation de la chaleur restituée et de refroidissement de la structure.

La température du séjour adjacent reste gouvernée par le comportement des usagers, l'inertie de ses parois, et l'isolation du mur de liaison des deux locaux.

La simulation entreprise a atteint l'objectif de la détermination d'un modèle de loggia vitrée augmentant les gains solaires en hiver, tout en protégeant l'espace contigu de la chaleur extérieure en été, à travers des rapports de surface vitrées captantes, et de masse de stockage thermique adéquats. Les solutions passives telles que les occultations et la ventilation doivent être présents afin d'améliorer la performance thermique de la loggia vitrée.

Abstract

After acquisition of social housing, built in urgency to answer a deficit in residences unceasingly growing, the inhabitants are of their own initiative, launched in modifications and extensions aiming to better adapting their residences to their needs.

The saving in space encouraged to completely close the balconies and the loggias with glazing; without reflexion on the impact of this transformation on the situations of comfort, nor for as much on the consumption of energy.

The environmental concern, required ensuring comfort for occupants, and the saving energy pushed us to question us on the impact of the loggia glazed on the thermal comfort of adjacent space in the climate of Constantine, with strong climatic constraints.

A comparative study is undertaken in two cells of collective housing, in order to estimate the role of the loggia glazed in the thermal comfort of adjacent space. The experimental follow-up was held over two periods representative of cold and hot seasons, by calling upon measurements by an equipment of the digital type allowing the taking away of the temperature of the air as well as the relative humidity in the two buildings: stay, and loggia.

This work of ground is followed of a simulation by the data-processing software Derob-LTH carried out in optics to determine the thermal characteristics of the glazed loggia being appropriate for the thermal comfort of the area of Constantine.

The results show that in cold period, the glazed loggia plays the role of solar collector and space plug, controlling the variations in temperatures, and bringing back invaluable degrees for the heating of adjacent space. In hot period, by absorbing heat by its thermal mass, the glazed loggia delay the specific effect of the solar radiation, and reduce thereafter the temperature of the adjacent stay. The night, it is the reverse which occurs, because of a difficulty of dissipation of the heat slackened, and cooling of the structure.

The temperature of the adjacent stay remains controlled by the behaviour of the users, the inertia of its walls, and the insulation of the wall of connection.

Simulation undertaken achieved the goal of the determination of a model of glazed loggia increasing the solar profits in winter, while protecting contiguous space from external heat in summer, through determination of ratio's area of collecting glazed and adequate mass of thermal storage. The passive solutions such as screenings and ventilation must be present in order to improve the thermal performance of the glazed loggia.