

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université Mohamed Khider – Biskra
Faculté des Sciences et de la technologie
Département D'Architecture
Ref :...../2017



جامعة محمد خيضر بسكرة
كلية العلوم و التكنولوجيا
قسم الهندسة المعمارية
المرجع :..... /2017

Mémoire présenté en vue de l'obtention
Du diplôme de
Magister en : **Architecture**

Option
Ville et architecture au Sahara

**L'EFFET DES STORES INTERIEURS ET BRISES SOLEIL
SUR LA CONSOMMATION D'ENERGIE DANS
LES BATIMENTS A MURS RIDEAUX. CAS DES ZONES
CHAUDES ET ARIDES.**

Présentée par :
LITIM Ismail

Devant le jury composé de :

Dr. BENABBES Moussadek	Maitre de conférences 'A'	président	Université de Biskra
Pr. Zemmouri Noureddine	Professeur	Rapporteur	Université de Biskra
Pr. BRIMA Abdelhafid	Professeur	Examineur	Université de Biskra
Dr. BOUZAHER Soumia	Maitre de conférences 'A'	Examineur	Université de Biskra

لَبَّيْكَ يَا حَجْرَةَ
لَبَّيْكَ يَا حَجْرَةَ
لَبَّيْكَ يَا حَجْرَةَ
لَبَّيْكَ يَا حَجْرَةَ

Dédicace :

Je dédie ce mémoire pour l'obtention du diplôme de magistère

À mes parents,

Mon frère, ma très chère sœur et ma femme qui m'ont épaulé et encouragé

moralelement pendant les années de mon travail

Je leur dois toute ma reconnaissance et ma gratitude.

Remerciements

*En premier lieu, je tiens à manifester ma sincère reconnaissance envers mon encadreur professeur **ZEMMOURI Noureddine** pour l'aide précieuse ses bons conseils et la confiance qu'il m'a accordé durant ces années de mémoire, et qu'il m'accorde encore aujourd'hui. Sa compétence, sa rigueur scientifique et sa clairvoyance m'ont beaucoup appris.*

J'exprime tous mes remerciements aux honorables membres du jury qui ont accepté d'évaluer mon travail.

*J'adresse mes remerciements au docteur **BENABBES Moussadek**, maître de conférence A à l'université de Biskra de m'avoir fait l'honneur et le plaisir de présider mon jury.*

*Je tiens à exprimer toute ma gratitude au professeur **BRIMA Abdelhafid**, professeur à l'université de Biskra, pour avoir bien voulu juger ce modeste travail et participer à cette commission et pour l'intérêt qu'il a porté à ce travail.*

*Je souhaite remercier cordialement docteur **BOUZAHER Soumia**, maître de conférences A à l'université de Biskra, pour l'honneur qu'elle m'a fait de participer au jury.*

Je ne saurais terminer sans remercier toutes les profs qui m'ont enseigné à l'université de Biskra.

J'adresse toute ma gratitude à toutes les personnes qui m'ont aidé dans la réalisation de ce travail.

Mes remerciements s'adressent aussi pour ma famille...à mes chers parents, mon frère ma sœur que j'aime profondément.

Père, merci pour ce que tu es, pour ce que tu as fait pour moi, et pour les milliers de fois où tu as su trouver les mots justes pour m'encourager et m'aider dans mon travail.

Mère, je ne peux trouver de mots plus doux... Cette réussite, est la vôtre, merci.

Ma dernière pensée, qui n'est pas la moindre, ira à ma femme je tiens à la remercier sincèrement pour son soutien dans les moments difficiles et pour son encouragements et à mon fils ADEL qui ma aider à tout surmonter avec son sourire angélique.

Tous ceux ou celles que je n'aurai pu citer trouvent également dans ce qui suit, l'expression ma profonde gratitude.

SOMMAIRE GENERAL

CHAPITRE INTRODUCTIF

I-INTRODUCTION GENERALE.....	1
II-LA PROBLEMATIQUE.....	5
1-Question fondamentale.....	7
2-Hypothèse.....	7
3-Objectifs du travail.....	8
4-Etat de l'art.....	9
5-Méthodologie d'approche.....	12
6-Structure du mémoire	12

PARTIE I: THEORIES ET DEFINITIONS CONCEPTUELLES

CHAPITRE I : LES PROTECTIONS SOLAIRES

Introduction.....	14
<u>I-/LE CONCEPT « protection solaire »</u>	<u>15</u>
<u>I-1-/ Définition</u>	<u>15</u>
<u>II-/LA CLASSIFICATION DES PROTECTIONS SOLAIRES.....</u>	<u>16</u>
<u>II-1-/Selon leurs positionnements par rapport au vitrage</u>	<u>16</u>
<u>II-1-1-/Les protections solaires intérieures</u>	<u>16</u>
<u>II-1-2-/Les protections solaires intégrées au vitrage</u>	<u>16</u>

<u>II-1-3-/Les protections solaires extérieures</u>	17
<u>II-2-/Selon leurs mobilités</u>	17
<u>II-2-1-/Les protections fixes</u>	17
<u>II-2-2-/ Les protections mobiles</u>	18
<u>II-2-2-1-/Les protections mobiles extérieures</u>	18
<u>II-2-2-2-/ Les protections mobiles intérieures</u>	18
<u>III-/LES DIFFERENTS TYPES DE PROTECTION SOLAIRE</u>	19
<u>III-1-/Les protections liées à l’environnement</u>	19
<u>III-1-1-/La végétation</u>	19
<u>III-1-2-/Les constructions</u>	20
<u>III-1-3-/les protections intégrées à l’architecture du bâtiment</u>	21
<u>III-2-/les protections ajoutées</u>	21
<u>III-2-1-/Brise soleil</u>	22
<u>III-2-1-1-/Transmission lumineuse et éblouissement pour la</u> <u>brise soleil</u>	22
<u>III-2-1-2-/Son pouvoir isolant</u>	23
<u>III-2-2-/Les Stores</u>	23
<u>III-2-2-1-/Store vénitien</u>	23
<u>III-2-2-1-1-/Transmission lumineuse du store vénitien</u>	24
<u>III-2-2-1-2-/Isolant du store vénitien</u>	25
<u>III-2-2-2-/Store enrouleur</u>	25

<u>III-2-2-3-/Store plissés.....</u>	27
<u>III-2-2-4-/Rideaux.....</u>	27
<u>III-2-2-/Les protections permanentes</u>	28
<u>III-2-2-1-/Auvents.....</u>	28
<u>III-2-2-2-/vitrages solaires</u>	29
<u>IV-/LES DIFFERENTS PARAMETRES DE MODULATION DE LA PROTECTION PAR RAPPORT AUX BESOINS</u>	30
<u>V-/LES DIFFERENTS TYPES DES RAYONNEMENTS EN RAPPORT AVEC UNE PROTECTION SOLAIRE</u>	31
<u>V-1-Le rayonnement solaire :.....</u>	32
<u>V-2-/Le rayonnement de grandes longueurs d’onde</u>	33
<u>V-2-1-/Infrarouge de grandes longueurs d’onde.....</u>	33
<u>VI-/LES FACTEURS DE CHOIX D’UNE PROTECTION SOLAIRE :.....</u>	34
<u>VI-1-/Facteur d’orientation de la fenêtre :.....</u>	34
<u>VI-1-1-/Types de protections solaires adaptées selon les orientations:.....</u>	36
<u>VI-2-/Climat du site (région).....</u>	37
<u>VI-3-/Les caractéristiques physiques de la protection solaire.....</u>	37
<u>VI-3-1-/Coefficient de transmission thermique.....</u>	38
<u>VI-3-2-/Coefficient de transmission solaire</u>	39
<u>VI-3-3-/Coefficient de transmission lumineuse</u>	40

<u>VII-/REACTION DU RAYONNEMENT SOLAIRE FACE A UNE PROTECTION SOLAIRE</u>	41
<u>VIII-/FONCTIONNEMENT DE LA PROTECTION SOLAIRE</u>	42
<u>IX-/LES OBJECTIFS DE LA PROTECTION SOLAIRE</u>	42
<u>IX-1-/La limitation de l'éblouissement</u>	43
<u>IX-2-/La diminution des surchauffes</u>	43
<u>IX-3-/La suppression de l'insolation directe</u>	43
<u>X-/L'IMPACT DE LA PROTECTION SOLAIRE SUR LA CONSOMMATION D'ENERGIE</u>	44
<u>X-1-/Charge de refroidissement</u>	44
<u>X-2-/Charge de chauffage</u>	45
<u>X-3-/Charge d'éclairage</u>	45
Conclusion	47

CHAPITRE II : LA CONSOMMATION D'ENERGIE

Introduction	48
<u>I-/LE CONCEPT « D'ENERGIE »</u>	49
<u>I-1-/Définition de l'énergie</u>	49
<u>I-2-/Type d'énergies</u>	52
<u>I-2-1-/Les énergies fossiles</u>	52

<u>I-2-2-/L'énergie nucléaire</u>	52
<u>I-2-3-/Les énergies renouvelables</u>	53
<u>II-/LE CONCEPT « CONSOMMATION d'énergie »</u>	57
<u>II-1-Définition de la consommation d'énergie</u>	57
<u>III-/LA CONSOMMATION D'ENERGIE EN ALGERIE</u>	57
<u>III-1-/La consommation d'énergie en Algérie par produit</u>	58
<u>III-2-/La consommation d'énergie par différents secteurs</u>	60
<u>III-2-1-/La consommation d'énergie du secteur des transports</u> ..	60
<u>III-2-2-/La consommation d'énergie du secteur industrie</u>	60
<u>III-2-3-/La consommation d'énergie du secteur ménages</u>	60
<u>III-2-3-1-/La consommation d'Electricité</u>	61
<u>III-2-3-2-/La consommation du Gaz naturel</u>	61
<u>IV-/L'IMPACT DE LA CONSOMMATION D'ENERGIE SUR L'ENVIRONNEMENT</u>	63
<u>IV-1-/L'effet de serre</u>	63
<u>IV-2-/Changement climatique</u>	64
<u>IV-1-1-/Les causes du réchauffement climatique</u>	65
<u>V-/ENERGIE ET BATIMENT</u>	66
<u>V-1-/La stratégie de la maîtrise de l'énergie en Algérie</u>	66
<u>V-1-1-//Les stratégies pour le secteur du bâtiment</u>	67

**VI-/ L'IMPACT DU BATIMENT A MUR RIDEAU SUR LA
CONSOMMATION D'ENERGIE.....69**

**VI-1-/Les stratégies pour diminuer la consommation d'énergie
dans les bâtiments a mur rideaux.....70**

**VI-1-1-/Les stratégies pour les bâtiments avant la phase de
Conception.....70**

**VI-1-2-/Les stratégies pour les bâtiments après la phase de
Conception.....71**

Conclusion.....73

CHIAPITR III : BATIMENT A MUR RIDEAU

Introduction.....75

I-/LE CONCEPT « BATIMENT ».....76

I-1-/Origine et définition.....76

II-/LE CONCEPT « mur-rideau » : aperçu générale sur le mur rideau.....76

II-1-/Origine et définition.....76

II-2-/Historique du mur rideau.....77

II-3-/Les caractéristiques du mur rideau78

III-/TYPOLOGIE DES MURS RIDEAUX.....80

<u>III-1-/Technologie du mur-rideau monté sur grille.....</u>	80
<u>III-2-/Technologie du mur-rideau monté en panneau.....</u>	81
<u>III-3-/Technologie du mur-rideau en verre structurel.....</u>	83
<u>III-3-1-/La technique VEA.....</u>	84
<u>III-3-2-/La technique VEC.....</u>	85
<u>III-3-3-/La technique VEP.....</u>	87
<u>IV-/LES ELEMENTS DE REMPLISSAGE DU MUR RIDEAU....</u>	88
<u>V-/BATIMENT A MUR RIDEAU.....</u>	90
<u>V-1-/Les bâtiments à mur rideau en Algérie.....</u>	90
<u>V-1-1-/Les Bâtiments à usage résidentiel.....</u>	90
<u>V-1-2-/Les Bâtiments à usage public.....</u>	91
<u>V-2-/La classification des bâtiments à mur rideau a</u> <u>Bechar.....</u>	91
<u>V-2-1-/Les bâtiments à une seule façade en mur rideau.....</u>	91
<u>V-2-2-/Les bâtiments avec plusieurs façades en mur rideau.....</u>	92
<u>VI-/LE MUR RIDEAU EN VERRE (FAÇADE VITREE).....</u>	92
<u>VI-1-/Les Principaux types de vitrages.....</u>	92
<u>VI-1-1-/Le Simple vitrage.....</u>	93
<u>VI-1-2-/Double vitrage.....</u>	93
<u>VI-1-3-/Triple vitrage.....</u>	93
<u>VI-1-4-/Le vitrage réfléchissant (pour le contrôle solaire).....</u>	94

PARTIE II: METHODOLOGIE ET CONTEXTE

CHAPITRE IV : ETAT DE L'ART ET POSITIONNEMENT EPISTEMOLOGIQUE

Introduction.....105

I-/ETUDES EXPERIMENTALES ET ANALYTIQUES106

I-1-/Des études générales sur les protections solaires.....106

I-1-1-/L'expérience de E. Tillmann and J. Platzer106

I-1-2-/L'expérience De Hidayat Shahida Et David Naylorb112

I-1-3-/L'expérience de Inês Dionísio Palma Santos.....113

I-1-4-/L'expérience de Ping .Ye115

**I-1-5-/L'expérience de Rosencrantz, T., Bülow-Hübe, H., Karlsson,
B. & Roos, A116**

**I-1-6-/L'expérience de Rosencrantz, T., Håkansson, H. &
Karlsson,B.....118**

I-2-/Des études expérimentales de la protection solaire et son impact sur la consommation énergétique119

**I-2-1-/L'expérience menée par l'Organisation Européenne de la
protection solaire.....119**

**I-2-2-/L'EXPERIENCE DE C. BOUGRIOU, A. HAZEM ET K.
KAOUHA.....123**

<u>I-2-3-/L'expérience de jorge herman et salazar trujillo</u>	124
<u>I-2-4-/L'expérience menée par (CSTC) Centre Scientifique et Technique de la Construction</u>	125
<u>I-2-5-/L'expérience de Tobias Rosencrantz</u>	127
<u>I-2-6-/L'expérience menée par Wall, M., & Bülow-Hübe, H</u>	128
<u>II-/POSITIONNEMENT EPISTEMOLOGIQUE</u>	130
<u>II-1-/Définition de la méthode utilisée</u>	131
Conclusion	132
 <u>CHAPITRE V : CAS D'ETUDE ET METHODOLOGIE DE TRAVAIL</u>	
Introduction	134
<u>I-/CRITERE DE CHOIX DE LA VILLE DE BECHAR</u>	135
<u>II-/PRESENTATION DU CONTEXTE GENERAL</u>	135
<u>II-1-/Aperçu sur la ville de Béchar</u>	135
<u>II-2-/Aperçu historique sur Béchar</u>	137
<u>II-2-1-/Etymologie du nom Béchar</u>	137
<u>III-/PRESENTATION CLIMATIQUE DE BECHAR</u>	138
<u>III-1-/Enregistrements des données climatiques pour la série (1991-2010)</u>	139

<u>III-1-1-/Coordonnées géographique.....</u>	140
<u>III-1-2-/Tableau de donnée climatique.....</u>	141
<u>III-1-3-/Graphes du Rayonnement mensuel et journalier</u>	142
<u>III-1-4-/Graphe de la durée d'insolation</u>	143
<u>III-1-5-/Enregistrements de la température par mois pour la période (2000-2009).....</u>	144
<u>III-1-6-/Enregistrements de la précipitation pour la période (2000-2009)</u>	145
<u>IV-/CAS D'ETUDE</u>	146
<u>IV-1-/Choix du cas d'étude.....</u>	146
<u>IV-2-/Critère de choix du bâtiment a mur rideaux</u>	146
<u>IV-3-/Aperçu sur les bâtiments avec mur-rideau à Bechar.....</u>	146
<u>IV-4-/Présentation du cas d'étude</u>	147
<u>IV-4-1-/Critères de choix du cas d'étude</u>	149
<u>IV-4-2-/Données sur le bâtiment d'étude.....</u>	150
<u>IV-4-2-1-/Orientation du bâtiment</u>	150
<u>IV-4-2-2-/Description technique du bâtiment.....</u>	151
<u>IV-4-2-2-1-/Description des façades</u>	151
<u>IV-4-2-2-2-/Structure et surface du bâtiment</u>	153
<u>IV-4-2-2-3/Présentation des plans</u>	154

PARTIE III: SIMULATION

CHAPITRE VI : RESULTATS ET INTERPRETATIONS

Introduction.....	175
<u>I-/LA SIMULATION DES DIFFERENTS SCENARIOS DU BÂTIMENT.....</u>	175
<u>I-1-/Simulation du bâtiment à l'état actuel (Scénario 01).....</u>	177
<u>I-1-1-/Résultat du bâtiment sans protection solaire et</u>	
<u>Discussion.....</u>	178
<u>I-2-/Simulation du bâtiment avec protection solaire intérieure</u>	
<u>(Scénario 02).....</u>	180
<u>I-2-1-/Résultat du bâtiment avec protection solaire intérieure et</u>	
<u>Discussion.....</u>	180
<u>I-3-/Simulation du bâtiment avec protection solaire extérieure</u>	
<u>(Scénario 03).....</u>	183
<u>I-3-1-/Résultat du bâtiment avec protection solaire extérieure et</u>	
<u>Discussion.....</u>	184
<u>I-4-/Simulation du bâtiment avec les deux protections solaires</u>	
<u>extérieure –intérieure (Scénario 04).....</u>	186
<u>I-4-1-/Résultat du bâtiment avec protection solaire extérieure et</u>	
<u>Discussion</u>	187

<u>II-/RECAPITULATION DES RESULTATS DES DIFFERENTS SCENARIOS ET INTERPRETATION</u>	190
<u>III-/ANALYSE COMPARATIVE ENTRE LA PROTECTION SOLAIRE INTERIEURE ET EXTERIEURE</u>	193
Conclusion	196
CONCLUSION GENERALE	198
BIBLIOGRAPHIE	202
ANNEXES	214
RESUME	219

LISTE DES FIGURES

Figure 01 : Exemple d'une protection végétale. Source : archiexpo.com.....	19
Figure 02 : Exemple présente le rôle d'une protection solaire végétale en été.....	19
Figure 03: Exemple présente le rôle d'une protection solaire végétale en hiver.....	20
Figure 04 : Exemple d'une volumétrie du centre commercial de Bangkok.....	21
Figure 05 : Hôtel Four Points by Sheraton à Oran Algérie.....	22
Figure 06 : Exemple d'un store vénitien en bois placé à l'intérieur.....	23
Figure 07 : Schéma d'un store vénitien : extérieur 1, inter-pane 2, intérieur 3.....	24
Figure 08 : Transmission lumineuse à travers les lames du store vénitien.....	25
Figure 09 : Exemple d'un store enrouleur.....	26
Figure 10 : Schéma d'un store enrouleur : extérieur 1, inter-pane 2, intérieur 3.....	26
Figure 11 : Exemple d'un store plissée.....	27
Figure 12 : Fenêtre à battent avec rideaux.....	27
Figure 13 : Exemple d'un auvent à Menara aéroport de Marrakech.....	28
Figure 14 : Protection et sécurité avec le verre, Prime Tower – Swiss Platform, Zurich.....	29
Figure 15 : La protection réalisée par un brise-soleil horizontale pour une fenêtre orientée au sud.....	30
Figure 16 : Classification des divers rayonnements électromagnétiques en fonction de leurs longueurs d'onde.....	31
Figure 17 : Parties incidentes du rayonnement solaire.....	32
Figure 18 : La position du soleil dans le ciel.....	34
Figure 19 : Diagramme solaire cylindrique pour Uccle en temps universel.....	35
Figure 20 : Types de protections solaires selon les orientations.....	36
Figure 21 : Coefficient de transmission thermique d'un vitrage seul.....	38
Figure 22 : Coefficient de transmission thermique d'un vitrage + store intérieur.....	38
Figure 23 : Le facteur solaire FS d'un vitrage + store extérieur.....	39

Figure 24 : Facteur de transmission lumineuse d'un store intérieur + vitrage.....	40
Figure 25 : Comportement d'un rayonnement solaire face à une protection solaire.....	41
Figure 26 : Contrôle de la lumière d'ouvert a fermé.....	45
Figure 27 : Présente l'effet de la protection solaire sur l'éclairage naturelle.....	46
Figure28 : Organisation des contenus sur le thème de l'énergie.....	50
Figure 29 : Demande de l'énergie finale dans le cas du chauffage domestique.....	51
Figure30 : un graphe structure la consommation finale par produit.....	59
Figure31 : un graphe structure la consommation finale par secteur.....	62
Figure32 : Émissions de CO2 dues à l'énergie par combustible dans le monde.....	65
Figure 33 : Model du panneau de façade.....	79
Figure 34 : Model du Mur rideau.....	79
Figure 35: cadre préfabriquée en usine.....	80
Figure 36 : grill avec raidisseurs.....	80
Figure 17 : réalisation des panneaux a grand dimension.....	81
Figure 38 : L'assemblage par emboîtement est réalisé par le profil de cadre H.....	82
Figure 39 : L'assemblage par juxtaposition de cadre.....	83
Figure 40 : Verre attache par des boulons traversant.....	84
Figure 41 : Paroi en verre supporte par une structure en câble inoxydable.....	84
Figure 42 : Technique du verre extérieur colle	85
Figure 43 : Coupe représente de la technique VEC	85
Figure 44: Système VEC pour deux coté avec une structure de maintien.....	86
Figure 45 : Système VEC colles sur les quatre coté sur des châssis	87
Figure 46 : System du verre maintenu par une parclose.....	87
Figure 47 : Mur rideau dédoublé par une deuxième façade vitrée (double peaux).....	88
Figure 48 : Présentation du double vitrage.....	93

Figure 49 : Présentation du triple vitrage	94
Figure 50 : Présentation du vitrage compose de verre feuilleté	96
Figure 51 : Schéma de principe pour le vitrage basse émissivité.....	97
Figure 52 : Le facteur g du vitrage.....	99
Figure 53 : Schéma du store vénitien utilisé par E. Tillmann and J. Platzer	107
Figure 54: Gains solaires et les valeurs efficaces g pour une façade verticale à Würzburg, Allemagne (try5). La façade se compose d'un store vénitien blanc externe en combinaison avec le vitrage thermique. La stratégie de contrôle est « cut-off ».....	109
Figure 55: Evaluation du temps, lorsque le store est actif. Gains solaires et les valeurs efficaces g pour une façade verticale à Würzburg, Allemagne (try5). La façade se compose d'un store vénitien blanc externe en combinaison avec le vitrage thermique. La stratégie de contrôle est « cut-off ».....	109
Figure 56: Evaluation du temps, lorsque le store est actif. Gains solaires et les valeurs efficaces g pour une façade verticale à Würzburg, Allemagne (try5). La façade se compose d'un store vénitien blanc externe en combinaison avec le vitrage thermique. La stratégie de contrôle est « fermée ».....	110
Figure 57: Gains solaires et les valeurs efficaces g pour une façade verticale à Würzburg, Allemagne (try5). La façade se compose d'un store vénitien blanc externe en combinaison avec le vitrage thermique. La stratégie de contrôle est « fermée ».....	110
Figure 58 : Besoins Energétiques Selon Textinergie® Pour Différentes Villes Européennes.....	121
Figure 59 : Besoins Énergétiques Selon Textinergie® Pour Différentes Orientations Dans Trois Villes Européennes.....	122
Figure 60 : Carte de situation géographique de la wilaya de BECHAR.....	135
Figure 61: Zonage climatique en Algérie.....	138
Figure 62 : Carte géographique de la ville de Bechar.....	140
Figure 63 : Situation des localités limitrophes de Bechar.....	141
Figure 64 : Histogramme représentatif du rayonnement mensuel diffus et global.....	142
Figure 65 : Courbe représentatif du rayonnement journalier global.....	143
Figure 66 : Histogramme représentatif de l'ensoleillement mensuel de jours ensoleille par heure Pour la période (1991-2010).....	143
Figure 27 : Courbe de la Température journalière pour la période (2000-2009).....	144

Figure 68 : Graphe de la température mensuelle moyenne pour La période (2000-2009)..	144
Figure 69 : Graphe représentatif des précipitations mensuelles en mm des jours avec précipitation en période 2000-2009.....	145
Figure 70 : Direction de l'Académie.....	147
Figure 71 : Direction des travaux publique.....	147
Figure 72 : Agence de transport routière.....	147
Figure 73 : Direction de la douane.....	147
Figure 74 : Direction du tourisme.....	147
Figure 75 : Direction de l'agriculture.....	147
Figure 76 : Plan de situation.....	148
Figure 77 : Façade principale.....	148
Figure 78 : L'entrée de la direction.....	148
Figure 79 : Hall de réception.....	148
Figure 80 : vue vers l'extérieur d'un bureau.....	148
Figure 81 : Orientation du bâtiment d'étude et trajectoire Solaire.....	150
Figure 82 : Façade Principale Est-Sud-Est.....	152
Figure 83 : Façade Sud-Ouest.....	152
Figure 84 : Façade Aveugle Nord-Ouest.....	152
Figure 85 : Plans Du Rez-De-Chaussée.....	154
Figure 86: Plan D'étage.....	154
Figure 87 : Plan De Terrasse.....	155
Figure 88 : Présentation De La Face EP-Launch.....	157
Figure 89: Présentation De La Face IDF Editor.....	158
Figure 90 : Présentation de la face EP-Compare.....	159
Figure 91 : Modèle géométrique 3D du bâtiment étudié.....	163
Figure 92 : Propriétés thermo physiques des matériaux de construction utilisés pour les éléments du bâtiment.....	164

Figure 93 : Entrée des propriétés thermo physiques du verre utilisé pour les fenêtres et mur.....	164
Figure 94: Composition des parois du bâtiment rideau.....	165
Figure 95 : Représentations du store avec lamelles dans les positions ouvertes et fermées. Source : Auteur.....	166
Figure 96 : Présentation géométrique du model de simulation.....	167
Figure 97 : Types de protections solaires selon les orientations.....	168
Figure 98 : présentation géométrique du model de simulation.....	169
Figure 99 : Dimensionnement de l' Auvent par Solarpedia:Copyrights.....	170
Figure 100 : Dimensionnement de l' Auvent pour offrir une protection solaire totale : $Do = H/tgh$ Source : (J.L. Izard, Sandra Buisson) modifier par l'auteur.....	171
Figure 101 : Modélisation de l'auvent avec une grande portée on le divisant en deux parties afin de réduire celle-ci.....	172
Figure 102 : Géométrie du bâtiment a son état actuel.....	177
Figure 103: Histogramme représentatif de la consommation de climatisation à l'état initiale pour la journée du 09/07/2014.....	178
Figure 104: Histogramme représentatif de la consommation de climatisation à l'état actuel pour les 6mois de la saison chaude.....	179
Figure 105: Géométrie du bâtiment avec protection solaire intérieure.....	180
Figure 106 : L'influence de la protection solaire intérieure sur les charges de climatisation pour la journée du 9juillet (de8h à 17h).....	181
Figure 107 : L'influence de la protection solaire intérieure sur les charges de climatisation pour les 6mois de la saison chaude.....	182
Figure 108: Géométrie du bâtiment avec protection solaire extérieure.....	183
Figure 109: L'influence de la protection solaire extérieure sur les charges de climatisation pour la journée du 9juillet (de8h à 17h).....	184
Figure 110 l'influence de la protection solaire extérieure sur les charges de climatisation pour les 6mois de la saison chaude.....	185
Figure 111: Géométrie du bâtiment avec protection solaire extérieure-intérieure.....	186
Figure 112: L'influence des deux protections solaires extérieure et intérieure sur les charges de climatisation pour la journée du 9juillet (de8h à 17h).....	187

Figure 113: L'influence de la protection solaire extérieure sur les charges de climatisation pour les 6 mois de la saison chaude.....	188
Figure 114 : Graphes comparatifs de la consommation de climatisation du bâtiment en kWh/ans pour les différents scenarios.....	190
Figure 115: Graphes comparatifs d'énergies des radiations solaires transmises a l'intérieur du bâtiment en kWh/ans pour les différents scenarios.....	193
Figure 116 : Diagramme de trajectoire du soleil de la Ville de Béchar.....	217
Figure 117 : Position du soleil de la ville de Bechar.....	217

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 01 Consommation finale par produit années 2014/2015.....	58
Tableau 02 : Consommation finale par secteur années 2014/2015.....	62
Tableau 03 : Des enregistrements climatique de la série (1991-2010).....	141
Tableau04 : Principe de dimensionnement d'un auvent.....	170
Tableau05: Donnée enregistre pour l'année 2014.....	214
Tableau 06: Donnée enregistre pour l'ajournée du 9juillet 2014.....	215
Tableau 07: Position du soleil pour la journée du 9juillet 2014.....	218
Tableau 08: Elévation et azimut du soleil pour la journée du 9 juillet 2014.....	218

CHAPITRE INTRODUCTIF

I-INTRODUCTION GENERALE

« L'architecture est fatalement climatique, il n'y a architecture que lorsqu'il y a contraintes.

Le climat en est une à laquelle on n'échappe pas »

(Pierre Lavigne, 2009)

L'attention particulière pour la réduction de la consommation d'énergie des bâtiments est un phénomène relativement récent, mais qui est maintenant d'actualité depuis un peu plus de vingt-cinq ans. C'est lors de la première crise pétrolière, en 1973, qu'on a commencé à se rendre compte de la nécessité de faire des économies d'énergie. Pendant les premières années, on s'est surtout penché sur l'isolation thermique et sur les chaudières. Ensuite, dans les années '80, une attention croissante a été portée à l'énergie solaire passive, le but étant de capter et d'utiliser un maximum de gains solaires – gratuits – pendant la saison de chauffe. (Dr Ir. Peter Wouters 2002).

Avec les Challenges de l'environnement solution plus écologique et moins polluants en plus des ressources fossiles qui commencent à se faire rare, l'Algérie est devant un grand nombre d'enjeux dans le domaine des énergies renouvelable et même de consommation d'énergie...etc.

Actuellement avec la dégringolade des prix du pétrole il est temps de commencer à se rendre compte de la nécessité de faire des économies d'énergie dans le bâtiment pour pouvoir protéger l'économie du pays. En revanche puisque que le bâtiment est responsable plus de 45% de la consommation totale d'énergies et de 25% des émissions de gaz à effet de serre selon (HELAS-OTHENIN N. et al, 2007). Face aux changements climatiques qui en découlent, il est aujourd'hui plus que nécessaire de réduire les consommations d'énergie dans le bâtiment du plus neufs à l'existant, Pour cela, il faut moderniser les méthodes de conception et de rénovation des bâtiments pour pouvoir réduire la consommation d'énergie et participer à la préservation de notre environnement.

L'Algérie est un pays qui jouit d'une position relativement enviable en matière énergétique. (M. Amirat, S.M.K. El Hassar, 2005) Les réserves en hydrocarbures dont il dispose et les niveaux actuels de consommation nécessaires à la couverture de ses besoins propres lui permettent de rester serein pour quelques temps encore. Dans l'immédiat, le problème énergétique de l'Algérie est un problème qui se pose en

terme de stratégie de valorisation de ses ressources d'énergies renouvelables pour les besoins du développement du pays, de choix d'une véritable politique énergétique à long terme et de définition immédiate d'un modèle cohérent de consommation énergétique couvrant le court et le moyen terme, avant la date fatidique de l'épuisement de ces ressources fossiles stratégiques.

Les bâtiments comptant pour près de 40% de la consommation totale d'énergie primaire en Europe, la pression a augmenté pour les rendre plus économes en énergie.

Le potentiel d'économies est énorme : il n'est pas rare aujourd'hui d'avoir des bâtiments qui consomment plus de 250 kWh/m².an, alors que des technologies courantes dans les bâtiments modernes permettent d'atteindre des valeurs bien inférieures à 100 kWh/m².an. un bâtiment bien isolé et construit dans les nouvelles normes présentes une consommation annuelle de 325 MJ/m² (Claude-Alain Roulet, 2004).

Plusieurs pays travaillent sur des réglementations limitant la consommation d'énergie maximale à 50 kWh/m².an à l'horizon 2015 ou peu après. Dans le même temps, la technologie de maisons passives et actives gagne des parts de marché et le Parlement européen a rappelé son souhait de voir tous les nouveaux bâtiments atteindre le niveau « zéro énergie » à partir de 2019 (ES-SO, 2012).

La consommation d'énergie dans le monde par les équipements de CVC (chauffage, ventilation et climatisation) dans les bâtiments varie de 16 à 50% (Razika Kharchi, 2014) de la consommation totale d'énergie. Donc on comprend que la consommation d'énergie pour climatisation et chauffe prend 50% de la consommation totale du bâtiment dont il faut bien étudier le choix architecturale et technique pour essayer de réduire cette consommation et obtenir un bâtiment écologique moins polluant. Pour réduire les émissions de gaz à effet de serre dans le

secteur de la construction, il faut réduire l'énergie de chauffage et de refroidissement dans les bâtiments.

Cette consommation d'énergie peut être considérablement réduite par l'adoption des stratégies d'efficacité énergétique dans le bâtiment tel que les protections solaires (Razika Kharchi, 2014).

En Algérie, on constate que la majorité des bâtiments à mur rideaux dans le climat chaud et aride ne sont pas confortable en été. Elles peuvent facilement souffrir des problèmes de surchauffe ou de grandes charges de refroidissement de pointe. Il en résulte une consommation accrue d'énergies due à la négligence dans l'étude des protections solaires et ses utilisations.

Cependant, En raison du manque de données pertinentes sur la façon de bien protéger ses bâtiments ,le choix de placer des protections solaire étant une question qui nous semblait essentielle lors de la conception d'un bâtiment avec une paroi rideau en verre, il nous paraissait très intéressant de l'analyser en détail afin d'essayer de l'optimiser en choisissant des protections pour ces parois rideau en verre, pour pouvoir participer à la réduction de la consommation d'énergie du bâtiment.

La protection solaire est considéré comme un élément clé pour améliorer les besoins énergétique on assurant un confort thermique intérieur dans le bâtiment. Cette protection influe sur le bilan énergétique et la consommation énergétique d'un bâtiment. Donc Cette technologie des systèmes de protection solaire à un impact majeur sur la réduction de la consommation d'énergie des constructions on améliorant le confort thermique des occupants (ES-SO, 2012).

II-PROBLEMATIQUE:

"L'efficacité énergétique est rapidement devenue l'un des grands enjeux de notre époque et les bâtiments en sont une des composantes majeures. Ils consomment plus d'énergie que tout autre secteur et contribuent donc dans une large mesure au changement climatique" (Björn Stigson, 2009)

En raison de la crise des énergies, elles sont devenues l'un des principaux sujets de préoccupation des chercheurs dans le domaine de la construction. Aujourd'hui, le comportement des bâtiments du point de vue thermique et énergétique en corrélation avec les conditions climatiques et économiques, fait l'objet de nombreuses études et recherches dans tous les pays.

Les choix architecturaux et techniques concernant l'énergie dans un bâtiment jouent un rôle capital dès le stade de la conception. Ils déterminent étroitement les besoins en chauffage et en climatisation, ce qui a une influence directe sur les émissions de polluants de l'air. La Loi sur l'énergie de Genève « article 16 » exige que toute nouvelle construction doive tendre vers l'objectif «Nearly Zero Energy», soit une consommation d'énergie proche de zéro. La mise en œuvre d'un concept énergétique est obligatoire pour toutes les constructions des collectivités publiques.

BECHAR est une wilaya du sud Algérien, se caractérise par un climat saharien chaud et aride. La température est très élevée surtout en été qui dure plus de 6 mois (Mai -Octobre), et un hiver très froid (novembre-avril), d'où l'importance de l'aspect climatique dans le choix d'une stratégie d'économie d'énergie est très important. L'intégration à grande échelle de cet aspect semble être ignorée par les concepteurs.

La tendance actuelle va vers une architecture ouverte avec des systèmes de murs rideaux, l'impact de l'utilisation de cette nouvelle technologie de construction va de pair avec une augmentation de la consommation énergétique pour refroidissement , il est donc important d'essayer d'analyser ce système sous des conditions climatiques spécifiques à la ville de BECHAR pour établir une stratégie de protection contre un rayonnement solaire trop intense (stores intérieurs et brises soleils) pour ces grandes baises vitrées afin de réduire la facture énergétique et de créer des conditions de confort thermique durables.

Si de grandes baies vitrées au sud ou à l'ouest sont souhaitables pour l'hiver afin de diminuer la consommation d'énergie de chauffage, elles peuvent facilement engendrer des surchauffes en été ou dès la mi-saison, et créer un inconfort important et une consommation accrue d'énergies pour refroidissement.

Afin d'améliorer l'efficacité des systèmes de refroidissement pour les bâtiments et d'éviter les problèmes de très forte chaleur en été, il est impératif de prévoir une protection solaire pour réduire de manière significative ces charges de refroidissement en été, d'améliorer le confort thermique en protégeant les vitres exposées au soleil et également de réduire les problèmes d'éblouissement potentiels.

1-QUESTION FONDAMENTALE :

Dans le but de renforcer notre problématique de recherche et mieux concrétiser le problème on a essayé de formuler des questions fondamentales du problème recherché.

Que les questions cruciales qui dégagent le problème de cette recherche soit :

- 1. Les protections solaires intérieures ou extérieures peuvent-ils réduire la consommation d'énergie dans les bâtiments à murs rideaux?**
- 2. Quelle stratégie (intérieure stores /extérieure brises soleil) est la plus bénéfique ?**

2-HYPOTHESES :

Les systèmes de protection solaire sont la partie centrale de notre recherche. donc notre travail consiste de placer des protections solaires intérieure et extérieure qui permettent de minimiser au maximum les apports solaires en été en réduisant les besoins de refroidissement, c'est à dire moins de **consommation d'énergie**, tout en

apportant en même temps un bon confort thermique. Dans le cadre opérationnel nos hypothèses se formulent comme suit :

- 1. Un bâtiment sans protection solaire consomme plus d'énergie.**
- 2. Une protection solaire extérieure est plus efficace pour réduire la consommation d'énergie dans les bâtiments.**

3-OBJECTIFS DU TRAVAIL:

L'objectif principal de ce travail de recherche consiste de placer des protections solaires qui permettent de bénéficier des apports solaires en hiver pour éviter leurs influencent sur le confort d'hiver en réduisant les besoins de chauffage, et minimisent ces apports en été, en réduisant ainsi les besoins de climatisation, tout en apportant en même temps un confort thermique optimale, dans un bâtiment a mur rideau situé à la ville de BECHAR. Notre travail consiste donc d'entamer une large série de simulations afin d'étudier précisément **L'effet du store intérieur et brise soleil sur la consommation d'énergie, en précisant le moyen le plus bénéfique.**

A partir des résultats de cette étude, nous comptons tirer des conclusions permettant dans l'avenir de choisir des protections solaire dans les bâtiments a mur rideaux en fonction des critères de consommation d'énergie et de confort pour le climat chaud et aride.

Dans notre travail, nous avons considéré que le choix des protections solaires est le problème le plus critique dans les bâtiments à murs rideaux, en attendant ; le travail présenté et la méthodologie appliqué sur ce type de bâtiments peut s'élargir pour d'autre type de bâtiments.

Les objectifs visés dans le cadre de ce travail sont les suivantes :

- Réduire la consommation d'énergie de refroidissement en utilisant des protections solaires intérieure et extérieure.
- Démontrée l'importance de l'efficacité énergétique apportée par les protections solaire.
- Présenter la stratégie de protection solaire la plus bénéfique.

4-L'ETAT DE L'ART :

Un grand nombre d'auteurs se sont intéressés à des études expérimentales et numériques des protections solaires et leurs comportements vis à vis à la consommation d'énergie dans les bâtiments. Dans l'état de l'art on a essayé de cibler et citer les différents travaux dont on s'est inspiré, afin de choisir la méthode du travail la plus adapté à notre recherche, parmi ces différents travaux on cite ce qui suit :

Les protections solaires et leurs influences sur les consommations d'énergie ont été réalisées par :

Jorge Herman and Salazar Trujillo intitulé : Performance solaire et comportement des protections solaire dans les bâtiments: étude de cas avec ordinateur. Modélisation d'un bâtiment à Lorena, Espagne, 2001.

On trouve aussi des expériences menées par **l'Organisation Européenne de la protection solaire**, février 2012 présenter dans Un guide de « La protection solaire dans les bâtiments à basse consommation » destiné à donner les informations techniques nécessaires pour évaluer la performance des protections solaires.

L'Union professionnelle belge des producteurs de volets et protections solaires (VEROZO ,2010) nous présente un article intitulé : Protections solaires: une contribution à votre confort et à l'économie d'énergie qui comporte un résumé des éléments les plus essentiels des 400 pages de l'étude VLIET qui a été réalisé de 1995 à 1997 intitulé 'Surchauffe des immeubles dans les conditions d'été Cette étude a été réalisée par le Centre Scientifique et Technique de la Construction.

La relation entre l'utilisation des protections solaires et les variations de consommation d'énergie a aussi été étudiée expérimentalement :

Un travail de **C. Bougriou, A. Hazem et K. Kaouha** sur les Protections Solaires des Fenêtres Faculté des Sciences de l'Ingénieur à Batna. Dans leur recherche L'intérêt considérable est d'étudier l'évolution des consommations de climatisation et d'éclairage suivant le type de fenêtres et de protections solaire et leur gestion

Une recherche effectuée par **Hidayat Shahida et David Naylorb** intitulé « évaluation de la performance énergétique d'une fenêtre avec un store vénitien horizontal». 2005. Cette étude est basée sur une méthode expérimentale qui examine les effets de la présence d'un store vénitien sur la performance thermique d'une fenêtre à l'aide d'un outil de simulation.

En Espagne on trouve Un travail de **Inês dionísio palma santos** intitulé: « évaluation de la performance des systèmes de protection solaire. » Université de Lisbonne en 2007.

En Allemagne Une étude mene par **Rosencrantz, T., Bülow-Hübe, H., Karlsson, B. & Roos, A.** intitulé « l'énergie solaire accrue et l'utilisation des revêtements antireflets sur les fenêtres à faible émissivité »2004.

L'impact des protections solaires sur les charges de chauffage et climatisation a été étudié :

En Allemagne **E. Tillmann and J. Platzer** dans leur travail intitulé « évaluation de la protection contre la surchauffe par différent type de protection solaire». On étudier le système des protections solaire qui doivent assurer le confort thermique, visuel à la fois et elle doit être économique. Réalisé en 2001

Au Canada : Ontario, en 1997 On trouve aussi une recherche menée par **Ping .Ye** en 2001 intitulé « Effet des stores vénitiens sur le transfert de chaleur grâce à des systèmes de fenêtres. » Il a développé une étude numérique du transfert de chaleur à deux dimensions à travers des unités de vitrage avec stores vénitiens.

En Vilnius, Lithuania on trouve le travail de **R.Tobias, H.Hakanand K. Bjorn** en 2005 intitulé : «la valeurs-g des fenêtres de contrôle solaire avec des dispositifs internes de protection solaire ». Cette étude sur les fenêtres de contrôle solaire et de dispositifs de protection solaire des mesures internes ont été réalisées dans le laboratoire solaire à l'énergie et la conception des bâtiments.

En Sweden Gothenburg **Tobias Rosencrantz** à effectuer Une étude intitulé « Calcul Des Charges De Refroidissement Pour Différents Dispositifs De Protection Solaire Dans Les Bureaux En Suède En Utilisant Le Logiciel Parasol V 2.0 Et Comparaison les Valeurs-G» 2003.

En suède, lund on trouve le travail de **Wall, M., & Bülow-Hübe, H** en 2002 intitulé « Protection solaire dans les bâtiments », dont il on définit que Les bâtiments commerciaux avec de grandes surfaces vitrées peuvent facilement souffrir de problèmes de surchauffe ou de grandes charges de refroidissement de pointe. Ils ont prouvés que les protections solaires peuvent réduire considérablement ces charges de refroidissement, d'améliorer le confort thermique et réduire les problèmes d'éblouissement potentiels.

5-METHODOLOGIE D'APPROCHE:

Notre travail de recherche s'inscrit dans le cadre des effets des protections solaire sur la consommation d'énergie dans les bâtiments à murs rideaux. Notre but est de déterminer l'importance des protections solaires sur la réduction d'énergie consommée par ces bâtiments. Notre méthode est attachée à trois volets:

Le premier est théorique, il consiste à faire une analyse des nouveaux concepts liés au sujet de la recherche, et de connaître leurs évolutions dans le monde extérieur.

Le deuxième est pratique en menant une recherche bibliographique pour voir les différentes recherches qui ont été déjà faites dans notre cadre de recherche pour connaître les différentes méthodes utiliser et choisir la méthode la plus adéquate à notre travail, on a aussi présenté notre cas d'étude ainsi que la méthode du travail.

Le troisième est expérimental, basé sur l'utilisation d'un outil de simulation, afin de répondre à nos objectifs qui consistent de placer des protections solaire permettant une réduction de la consommation d'énergie de la climatisation dans un bâtiment a mur rideaux situer dans un climat chaud et aride, pour enfin faire une validation des hypothèses.

6-STRUCTURE DU MEMOIRE:

Dans le cadre de reprendre aux objectifs sus énoncer, il est important d'apporter une structure bien définie au sujet de recherche. Notre recherche comporte trois parties:

La première est théorique ; elle traite les notions fondamentales des concepts recherchés, et se divise en trois chapitres:

- Le premier chapitre : basé sur les différentes notions et concepts lier aux protections solaires

- Le deuxième chapitre : comporte un détail sur le concept de la consommation d'énergie sur les différentes échelles (planétaire et Ville)
- Le troisième chapitre : présente les bâtiments à mus rideaux qu'on a choisie comme cas d'étude et leurs impact sur la consommation énergétique.

La deuxième partie : comporte deux chapitres :

- Le premier chapitre : l'état de l'art et positionnement épistémologique ou on a ciblé les différents travaux faites dans le contexte des protections solaire et leurs effet sur la consommation d'énergie afin de se positionner épistémologiquement par rapport aux différentes méthodes utilisée par les chercheurs.
- Le deuxième chapitre : présente notre cas d'étude, son environnement et la méthodologie de travail utilisée.

La dernière partie englobe le déroulement de la simulation avec le logiciel Energyplus, et l'interprétation des résultats ; elle se compose d'un seul chapitre qui est :

- Le Chapitre : résultats et interprétation

Enfin la conclusion générale recommandations et les axes des futures recherches.

**PARTIE I: THEORIES
ET DEFINITIONS
CONCEPTUELLES**

CHAPITRE I : LES PROTECTIONS SOLAIRES

Introduction :

Avec l'augmentation vertigineuse des coûts des ressources énergétiques primaires, LA PROTECTION SOLAIRE est devenue un élément clé qui permet de réduire les consommations énergétiques de refroidissement ainsi que limiter le risque de surchauffe.

De point de vue énergétique Les protections solaires influent sur la consommation d'énergie des bâtiments en réduisant les gains solaires et en minimisant les pertes thermiques à travers les fenêtres. Les protections solaires influencent aussi le niveau d'éclairage naturel atteint à l'intérieur et la vue vers l'extérieur.

Les protections solaires influencent donc directement sur les consommations d'énergie de chauffage, refroidissement et éclairage ainsi que le confort visuel et thermique.

Donc elle doit être en mesure de contrôler les gains de chaleur solaire afin de réduire le risque de surchauffe, ainsi que l'énergie pour les besoins de refroidissement et au contrôle de la lumière du jour intérieur et éviter l'éblouissement (Bülow-Hube, Helena,2001) ,Il est fort compliqué de mettre en place les protections solaires dans un bâtiment en tenant compte de tous ces aspects.

Ce chapitre est une introduction et aperçu général sur le concept des protections solaires qui est le symbole principale de notre hypothèse

Nous expliquons dans ce chapitre la relation entre l'utilisation de la protection solaire et son impact sur la consommation énergétique.

I-/LE CONCEPT « protection solaire » :

I-1-/ Définition :

« Protection solaire » est un terme que nous utilisons pour couvrir toutes les techniques permettant de limiter l'entrée excessive d'énergie solaire, allant de l'ombrage des arbres aux stores fixes jusqu'aux fermetures et stores entièrement automatisés. Les conditions climatiques extérieures – lumière et chaleur – changent constamment au cours d'une journée. (ES-SO, 2012),

Pour Christian Schittich, 2001 dans son livre construire en verre, présente la protection solaire comme étant un élément qui réduit le taux des gains solaires qui font monter la température intérieur, selon (paca 2009) la protection solaire est l'un des concepts de base de l'architecture bioclimatique en climat chaud et la protection du bâti face aux rayons solaires.

A.Chatelet, P.Fernandez et P.Lavigne dont intitulé de leurs livre : l'architecture climatique : une contribution au développement durable tome2 concept et dispositifs, 1998on définie une protection solaire comme tout élément dont le rôle est d'éviter que tout ou seulement une partie du rayonnement solaire ne peut pénétrer à travers une ouverture.

On peut définir Une protection solaire : tout corps empêchant ou limite le rayonnement solaire (les ondes courte) d'atteindre une surface qu'on ne souhaite pas ensoleiller, on cite par exemple : les avancer architectural, la végétation et les éléments placée au bâtiment comme les stores et les parasols (brise soleil).

Les protections solaires permettent aussi d'ajuster les propriétés des fenêtres et des façades aux conditions climatiques et aux besoins des occupants. Une bonne gestion de ces systèmes peut alors maximiser les apports solaires en hiver, réduisant ainsi les besoins de chauffage, et minimiser ces apports en été, réduisant ainsi les

besoins de refroidissement tout en apportant en même temps un bon confort visuel pour les occupants. (ES-SO, 2012).

II- LA CLASSIFICATION DES PROTECTIONS SOLAIRES :

En général deux grandes classification des protections solaire différentes déclarer par (Sigrid Reiter, André de Herde, 2004): en fonction de leur position par rapport au vitrage citer par plusieurs chercheurs tels que (Maria Wall and Bülow-Hübe, H, 2002) et par rapport à leur mobilité citer par (CAUE, 2010):

II-1-/Selon leurs positionnements par rapport au vitrage :

Dans cette classe on trouve les protections solaires intérieures ; extérieures ou intégrées au vitrage :

II-1-1-/Les protections solaires intérieures :

Les protections solaires placées à l'intérieur du bâtiment de type stores sont peu efficaces, laissent en effet pénétrer le soleil dans la pièce avant de transformer le rayonnement en chaleur. Par contre, elles permettent d'éviter le rayonnement direct sur une personne. Si elles n'influencent pas la température, elles n'en ont pas moins un impact sur le confort ressenti. (IBGE, 2010).

II-1-2-/Les protections solaires intégrées au vitrage :

Dans un double vitrage sans ou avec isolant on intègre une protection solaire (store mobile) pour augmenter l'isolation thermique de la fenêtre d'un côté (Ping .Ye, 2001), et de réduire le taux de rayonnement solaire directe et éviter l'éblouissement d'un autre côté, donc la protection solaire va jouer un double rôle : **comme un isolant et une protection** (Hidayat Shahida ,2005).

II-1-3-/Les protections solaires extérieures

Les protections extérieures comme le brise soleil sont les plus efficaces en confort d'été parce qu'elles font stopper les rayons solaires avant qu'ils n'arrivent à la fenêtre. Ce qui a été confirmé par plusieurs chercheurs tels que (Tobias Rosencrantz, 2003), (Maria Wall and Bülow-Hübe, H, 2002)

Et enfin on peut dire que tous ces protections solaires ont un même effet sur la luminosité, par contre pour éviter la surchauffe dans un local en période d'été une protection solaire extérieure et la plus recommander, par ce qu'elle bloc les rayons solaires avant de rentrer (Christian Schittich, 2001), le choix se fait aussi par rapport au facteur sus énoncer et au besoin de chaleur à l'intérieur d'un local.

II-2-/Selon leurs mobilités :

Il existe deux grandes familles de protections solaires cités dans une fiche pratique du Conseil d'Architecture d'Urbanisme et de l'Environnement (CAUE, 2010):

II-2-1-/Les protections fixes :

Ce sont des protections idéalement intégrées au bâtiment, participent à l'architecture, tel que le débord de toiture, une terrasse couverte, un auvent, un balcon, une loggia, des lames horizontales ou verticales...etc.

Les protections fixes doivent être judicieusement dimensionnées afin d'offrir une protection efficace contre les surchauffes d'été et pour bénéficier des apports solaires en hiver, sans devenir un frein aux apports solaires hivernaux. En effet elles diminuent la luminosité intérieure globale d'été, ce qui peut nécessiter le recours à d'autres sources de lumière pour certaines activités.

Correctement intégrées au bâtiment, elles peuvent aussi avoir un intérêt de valorisation architecturale d'un bâtiment.

II-2-2-/ Les protections mobiles :

Il existe deux types :

II-2-2-1-/Les protections mobiles extérieures :

Les protections mobiles peuvent être adaptées en fonction de la position des rayons solaires, c'est à dire apportent une facilité de réglage en fonction du moment de la journée et de la saison, c'est l'atout majeur des protections mobiles.

Elles sont en général légères, en comparaison aux protections fixes. En plus elles offrent une bonne gestion de la lumière naturelle, elles permettent de bénéficier des apports solaire en hiver et les minimiser en été. Plus le matériau de la protection est isolant, plus la protection contre les surchauffes est meilleure.

L'inconvénient majeur de cette protection mobile est lié à la gestion de la manipulation de cette dernière, par ce que on peut dire qu'une protection mobile est optimale si sa gestion est parfaite pendant les moments de la journée pour éviter une grande consommation d'énergie et l'inconfort visuelle.

II-2-2-2-/ Les protections mobiles intérieures :

Parfois très semblables aux protections mobiles extérieures, il peut s'agir de stores à lames orientables, horizontales ou verticales, d'un rideau occultant, de volets intérieurs...

Leur intérêt est de protéger contre la trop forte luminosité, par ce que une fois que les rayons ont traversé le vitrage à l'intérieur du bâtiment, un effet de serre se produit, de préférence elle doit être associé avec une protection extérieure, parfois elle est utilisée pour constituer une isolation thermique si elle emprisonne l'air entre le vitrage et la protection solaire pour créer un confort intérieur et éviter la sensation de chaleur induite par la baie vitrée.

III-/LES DIFFERENTS TYPES DE PROTECTION SOLAIRE :

Il existe de nombreux types de protection solaire disponibles sur le marché et d'autre liées à la construction dont on a essayé de citer les types les plus rencontrés et étudiés dans la conception des bâtiments et même certains liée a l'environnement, on va présenter les protections solaire liées à l'environnement et les protections intégrées à l'architecture du bâtiment selon (Sigrid Reiter, André de Herde,2004) ainsi que les protections permanentes et les protections ajoutée selon (IBGE,2006) dont on va présenter un modèle pour chaque type :

III-1-/les protections liées à l'environnement :

III-1-1-/La végétation :

Elle peut effectivement servir à réduire l'exposition d'une fenêtre au soleil. Les plantations devraient être choisies soigneusement en prenant en compte leur taille et leur type, ce choix influençant la forme de l'orme de l'ombre qu'elles produisent en été comme en hiver.



Figure 1 : Exemple d'une protection végétale. (Source : archiexpo.com)

Les plantes à feuilles caduques apportent une protection naturellement variable. En été, le feuillage fournit un ombrage aux fenêtres ; en hiver, la chute des feuilles fait profiter les locaux des apports gratuits du soleil mais ne protège pas de l'éblouissement. En

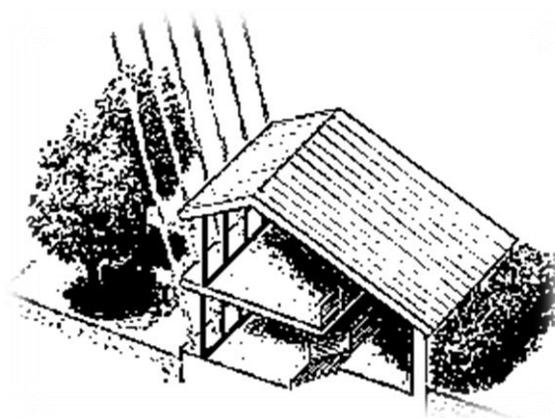


Figure 02 : Exemple présente le rôle d'une protection solaire végétale en été. (Source : greenglobes.com)

général, on recherchera des essences à feuilles caduques qui présentent peu de branchage pour avoir un ombrage minimum en hiver mais avec un feuillage dense en été.

Les arbres à feuilles caduques sont un très bon système de protection solaire pour les orientations est et sud-est ainsi que pour les orientations ouest et sud-ouest. En effet, pour ces orientations, le soleil est bas en début de matinée et en fin d'après-midi.

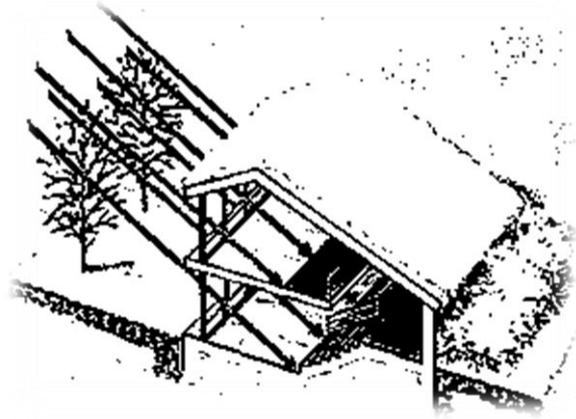


Figure 03: Exemple présente le rôle d'une protection solaire végétale en hiver. (Source : greenglobes.com)

III-1-2-/Les constructions :

Forment des écrans fixes pour le voisinage .leurs rôle peut être positif si l'on cherche une protection contre le soleil : c'est le cas des villes méditerranéennes traditionnelles ou l'étroitesse des ruelles et la hauteur des bâtiments réduisent considérablement le rayonnement direct et fournissent un ombrage bienvenu.

Par exemple en Belgique (Sigrid Reiter, André de Herde, 2004) les immeubles voisins qui masquent le soleil sont considérés comme désagréables. Généralement, ils apportent un peu d'ombrage en été mais deviennent, par contre, de réels obstacles à l'ensoleillement en hiver. De plus, compte tenu de la largeur de nos rues, l'ombrage fourni par les constructions voisines durant l'été est rarement efficace. La protection solaire due aux bâtiments voisins n'est généralement possible que lorsque le soleil n'es pas trop haut dans le ciel ; elle est donc maximale pour les orientations est et ouest.

III-1-3-/Les protections intégrées à l'architecture du bâtiment (Les éléments architecturaux):

La forme du bâtiment et sa volumétrie crée des ombres sur les parties de ses parois et produit des masques d'ombre. Certains éléments qui constituent la façade produit l'ombre tel que les éléments latéraux et avancées architecturale.

Les éléments architecturaux sont des éléments fixes intégrés dans la structure du bâtiment comme, par exemple : les balcons. Par définition, ils doivent être projetés dès la conception du bâtiment consistant en une plateforme se dégageant du mur de l'édifice. Leur utilisation en rénovation est donc extrêmement limitée.



Figure 04 : Exemple d'une volumétrie du centre commercial de Bangkok.
(Source : pourcel-chefs-blog.com)

Leur performance est semblable aux brise-soleil, certaines configurations pouvant être conçues pour favoriser la transmission de la lumière naturelle à l'intérieur des locaux.

III-2-1-/les protections ajoutées :

Elles sont utilisées en fonction des besoins, faciles à s'intégrer aux bâtiments en apportant un nouveau design, et permettent une protection efficace en été tout en bénéficiant des apports solaires en hiver on trouve :

III-2-1-/Brise soleil :

Les brise-soleil sont des éléments extérieurs rapportés au bâtiment. Ils peuvent être soit des éléments architecturaux lourds en béton, soit des éléments un peu plus légers se composant généralement de lames en aluminium, en métal, ou en bois. Leur position par rapport à la fenêtre est horizontale, voire figure 05, en parallèle à la fenêtre ou verticale perpendiculaire au plan de la fenêtre,



Figure 05 : Hôtel Four Points by Sheraton à Oran Algérie.
(Source : ehotelier.com).

Le brise-soleil est le plus couramment utilisé pour protéger toute ou partie d'une façade avec une grande surface de verre qui engendre des surchauffes pendant l'été. Contrairement au store, le brise-soleil est considéré comme un élément architectural car il peut être intégré dans la structure du bâtiment (énergie+), pour ce cas on peut le considérer parmi les protections solaires intégrées à l'architecture du bâtiment (une protection solaire permanente).

III-2-1-1-/Transmission lumineuse et éblouissement pour le brise soleil :

Contrairement aux protections déployées devant les vitrages, pour un brise-soleil horizontal la vue du monde extérieur reste pratiquement inchangée. La pénétration de lumière à l'intérieur du local reste importante. En effet, la composante réfléchie (par le sol et les bâtiments voisins) de la lumière du soleil n'est pratiquement pas interceptée, tandis que les lames diffusent une partie de sa composante directe.

L'éblouissement, par vue directe du soleil ou par réflexion du rayonnement solaire par l'environnement, n'est cependant pas maîtrisable à toute période de l'année. (Énergie+)

III-2-1-2-/Son pouvoir isolant :

Un brise-soleil ne permet pas d'augmenter l'isolation de la fenêtre, même si il est en parallèle avec cette dernière, puisque il est à l'extérieur ne permet pas d'éviter l'écoulement de la chaleur contrairement à une protection solaire intérieur qui empêche cet écoulement (Hidayat Shahida ,2005).

III-2-2-/Les Stores :

Le store est un Dispositif de protection contre la lumière, en tissu ou en matériau léger, fixé en haut d'une fenêtre (intérieur ou extérieur). Larousse, 2016 On présente différents types de stores rencontrée.

III-2-2-1-/Store vénitien :

Un store vénitien est un store composé de lames parallèles espacées qui peut être incliné afin de contrôler le montant des gains et de la lumière solaire entrant dans la salle.

Les lamelles sont disponibles dans des largeurs différentes 25mm 50mm ou 70mm etc... et peuvent être faites de matériaux différents (habituellement du bois ou aluminium). Ils sont également disponibles avec différentes finitions et couleurs selon l'effet sur la lumière et l'esthétique recherchée.

Les stores vénitiens ont le grand avantage d'être rétractable et ils peuvent



Figure 06 : Exemple d'un store vénitien en bois placé à l'intérieur. (Source : futura-sciences.com).

être internes, externe ou Inter-pane (voir Figure 07). Selon l'endroit où ils vont être montés ils ont des exigences différentes. Par exemple, un brise-soleil (store vénitien extérieur) doit être plus résistant et robuste (plus largeur et épaisseur) d'un store interne. Une lame plus étroite permettra de réduire la vue de l'extérieur lorsque la lame est inclinée pour une protection solaire efficace. (Inès Dionisio palma Santos, 2007)

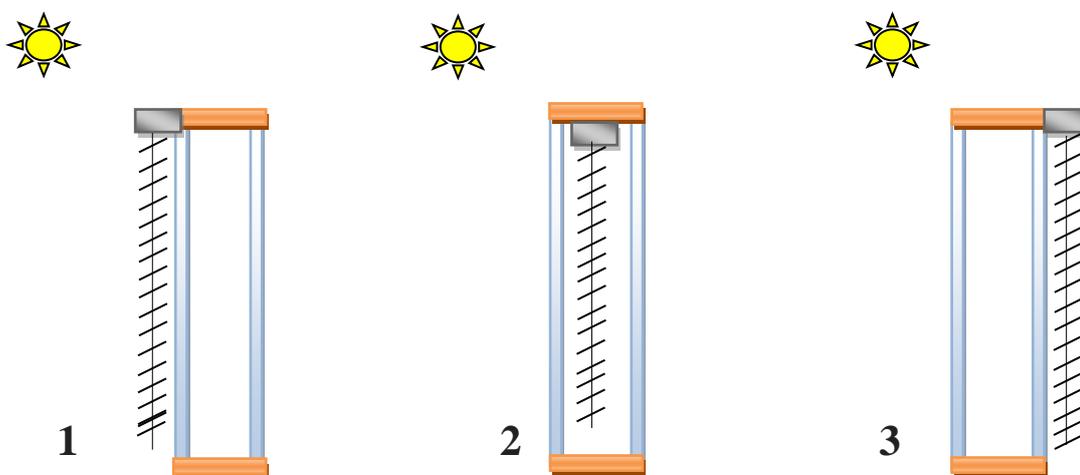


Figure 07 : schéma d'un store vénitien : extérieur 1, inter-pane 2, intérieur 3.

(Source : Auteur).

III-2-2-1-1-/Transmission lumineuse du store vénitien :

Son objectif principale est de contrôler le taux de lumière à l'intérieure du bâtiment. À l'aide de ses lames orientables l'occupant peut les orienter selon ses besoins en éclairage et en gain solaire.

Un store extérieur peut jouer le rôle d'un light-shelf grâce aux lames orientables, il permet de protéger les occupants de l'éblouissement, et de prolonger l'éclairage naturel à l'intérieur du bâtiment.

Exemple sur (énergie+) : Un store vénitien avec des lames de 16 mm



Figure 08 : Transmission lumineuse à travers les lames du store vénitien.
(Source : énergie+).

III-2-2-1-2-/Isolant du store vénitien

Une étude de l'effet d'un store vénitien sur la performance thermique d'une fenêtre (Hidayat Shahida ,2005), a montré que le store vénitien associé à une fenêtre permet de réduire le taux global de transfert de chaleur à travers la fenêtre en réduisant le rayonnement thermique du vitrage intérieur qu'il soit un simple ou un double vitrage.

Une autre étude menée par (Ping .Ye, 2001) présente l'effet des stores vénitiens sur le transfert de chaleurs, on obtient de cette recherche que le transfert d'écoulement de la chaleur par un store associer à une fenêtre est presque aveugle

Donc on peut dire que Le store vénitien a un pouvoir isolant on association avec le vitrage, et selon (Ping .Ye, 2001) pour améliorer encore sa résistance thermique il faut l'intégrer au vitrage.

III-2-2-2-/Store enrouleur :

Le store à enroulement vertical est un store rétractable constitué d'un matériau flexible qui est plat quand il est dessiné.

Ils sont disponibles dans différents tissus souvent en toile en fibres de verre qui peuvent être plus ou moins transparents en fonction de leurs facteurs d'ouverture il est conçu pour filtrer la lumière extérieure sans l'occulter complètement. La toile permet de vous protéger des regards extérieurs et de conserver votre intimité. Les tissus peuvent avoir une finition métallique ou non métallique et sont disponibles sur couleurs différentes.

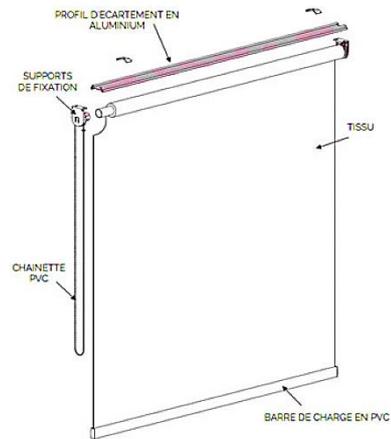


Figure 09 : Exemple d'un store enrouleur.
(Source : stores-mariton.com).

Les volets roulants peuvent être externes, internes ou Inter-pane (voir la figure10), mais ils ont différents exigences selon l'endroit où ils vont être montés. Par exemple, un rouleau aveugle usage externe doit avoir une épaisseur plus élevée et une finition plus résistante. Elle devrait également être montée en glissières latérales de sorte qu'il est plus protégé des charges de vent. (Inès Dionisio palma Santos, 2007)

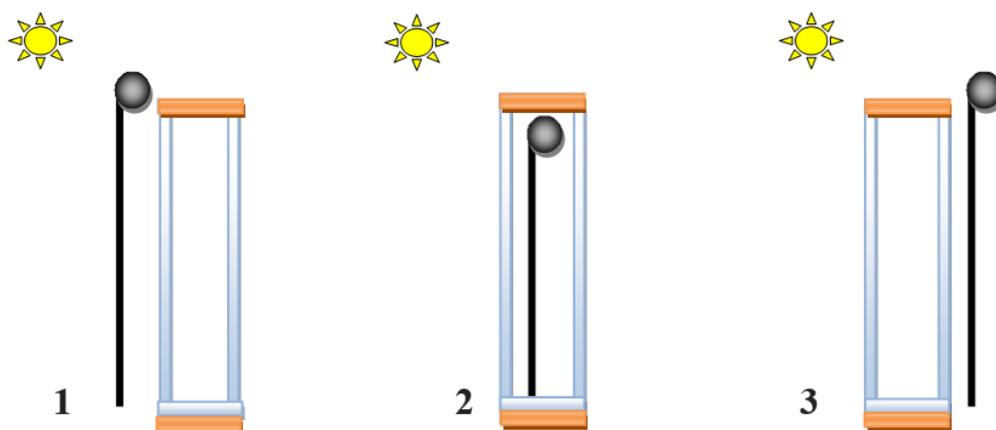


Figure 10 : schéma d'un store enrouleur : extérieur 1, inter-pane 2, intérieur 3.
(Source : Auteur).

III-2-2-3-/Store plissés :

Un store plissé est un store composé d'un seul voile souvent en tissu plissé comme son nom l'indique, ils se plissent complètement lorsqu'on les relève et ses plis restent visibles quand le store est baissé.

Les stores plissés portent les mêmes principes que les stores enroulable sauf que Les stores plissés sont généralement manœuvrés manuellement tandis que les stores enrouleurs peuvent être motorisés.

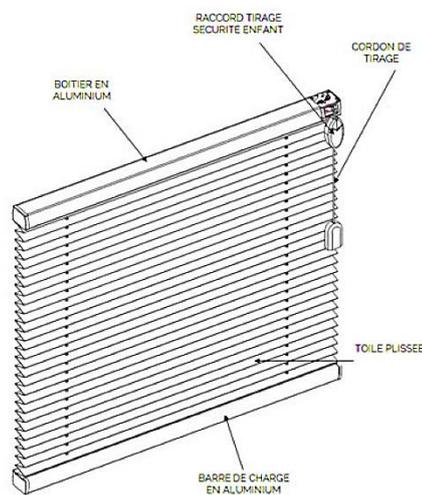


Figure 11 : Exemple d'un store plissé (Source : stores-mariton.com).

III-2-2-4-/Rideaux :

Le rideau est défini par le dictionnaire français Larousse comme étant une Pièce d'étoffe mobile qu'on peut tendre à volonté devant une ouverture, pour tamiser ou intercepter le jour, protéger des regards, isoler du froid, du bruit.

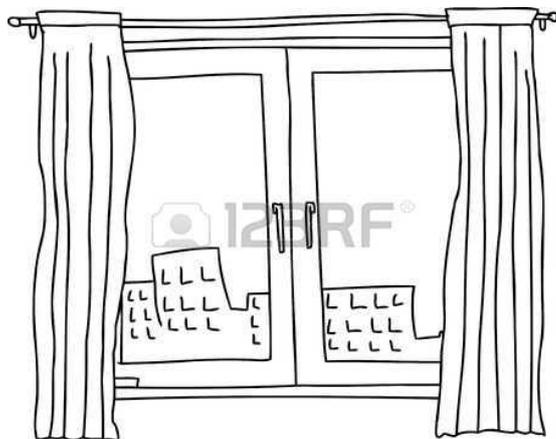


Figure 12 : fenêtre a battent avec rideaux. (Source : fotosearch.com).

Le rideau peut être un isolant thermique en ajoutant une doublure thermique en aluminium, ce rideau est capable d'isoler votre pièce du grand froid hivernal comme des chaleurs étouffantes de l'été. (Elle Maison).

Le Dictionnaire historique d'architecture définit le rideau comme une pièce d'étoffe ordinairement au moyen d'anneaux glissant sur une triangle d'un mentale poli se ferme ou s'ouvre devant une porte , le plus souvent devant une fenêtre pour préserver du soleil , pour modère la lumière pendant le jour , interdire du dehors la vue dans les intérieurs, et garanti aussi des influences de l'air extérieur .

III-2-2-/Les protections permanentes :

Deux types de protections permanentes sont considérer selon l'institut bruxellois pour la gestion de l'environnement (IBGE, 2006):

III-2-2-1-/Auvents :

Étymologiquement, le mot auvent a fait beaucoup de voyage pour arriver à un résultat convergent. De façon évidente, "auvent" est tiré des mots "ante" et "ventus" qui signifient "devant", et "vent" ou "en plein air". La définition veut donc que l'auvent est une structure devant une façade pour s'abriter contre le vent. Pour aller plus loin, cette structure parfois impressionnante est beaucoup plus qu'un simple abri contre le vent, elle servira aussi contre le soleil, la neige ou la pluie. (Bruno Caillard, 2015).



Figure 13 : Exemple d'un auvent a Menara aéroport de Marrakech.
(Source : christinm.com).

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

L'auvent est une protection permanente parce qu'elle est considéré comme un élément architectural intégrés dans la structure du bâtiment (energie+,2016) voir figure 13.

III-2-2-2-/vitrages solaires :

Ils limitent les gains solaires aussi bien en hiver qu'en été, et réduisent les niveaux de lumière naturelle à l'intérieur (IBGE, 2010). Mais d'après une étude qui a été faite par (Tobias Rosencrantz, en 2004) Confirme que les fenêtres avec vitrage de faible émissivité augmentent la transmission de la lumière du jour afin qu'elles deviennent encore plus élevée que

d'une fenêtre de verre clair, donc on peut dire qu'il est déconseillé de l'utiliser dans les régions les plus chaudes.

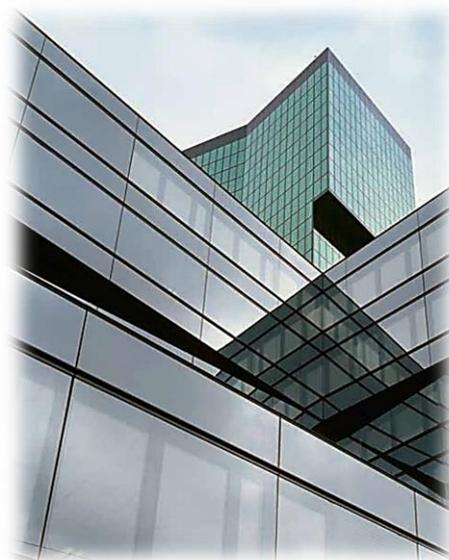


Figure 14 : Protection et sécurité avec le verre, Prime Tower – Swiss Platform, Zurich (source : Glas, Trösch Holding,2013).

IV-/LES DIFFERENTS PARAMETRES DE MODULATION DE LA PROTECTION PAR RAPPORT AUX BESOINS :

Le degré de protection dépend des paramètres suivants (énergie +) :

De la Position de la protection par rapport à la fenêtre, de la hauteur du soleil, du rapport entre la largeur de la protection et la hauteur ou longueur (en position verticale) de la fenêtre, de l'espacement et de l'orientation des lames.

Exemple : la figure ci-dessous représente la protection réalisée par un brise-soleil horizontal, pour une fenêtre orientée au sud, au mois de juin, à 16 h.

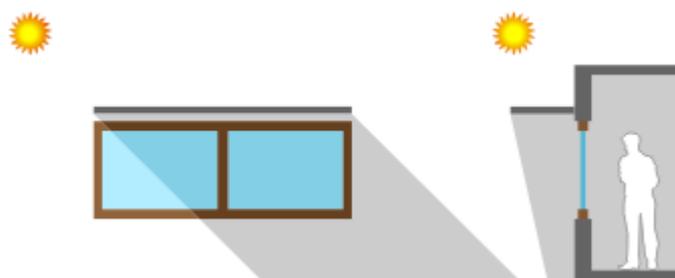


Figure 15 : La protection réalisée par un brise-soleil horizontale pour une fenêtre orientée au sud. (Source : énergie+).

Une protection adéquate ne pourra être obtenue que grâce à une étude précise tenant compte des risques de surchauffe et d'éblouissement dus à l'ensoleillement en fonction de la position du soleil et de la saison. Une amélioration de la situation peut être obtenue par une combinaison de protections horizontale et verticale. Il est à noter qu'il est possible de rendre amovibles des parties entières de la protection pour s'adapter aux conditions. Cependant cette solution n'est guère souple et généralement coûteuse car non standard.

V-/LES DIFFERENTS TYPES DES RAYONNEMENTS EN RAPPORT AVEC UNE PROTECTION SOLAIRE :

L'être humain est exposé à de nombreux types de rayonnements électromagnétiques diffusés par des énergies naturelles et artificielles, ces rayonnements électromagnétiques se caractérisent par leurs vitesse, leurs fréquence et leurs longueur d'onde qui se varie entre des rayonnements naturels tel que les rayonnements qui parvient du solaire (source d'énergie naturelle) et d'autres artificiels tel que les rayonnements des systèmes de chauffage (source d'énergie artificielle).

Dans la figure ci-dessous on va présenter les divers rayonnements en fonction de leur longueur d'onde. En suite dans cette partie on va discuter les types de rayonnement qui ont une relation avec la protection solaire. Ces rayonnements se divisent entre des rayonnements visibles et d'autres invisibles. (ES_SO, 2012)

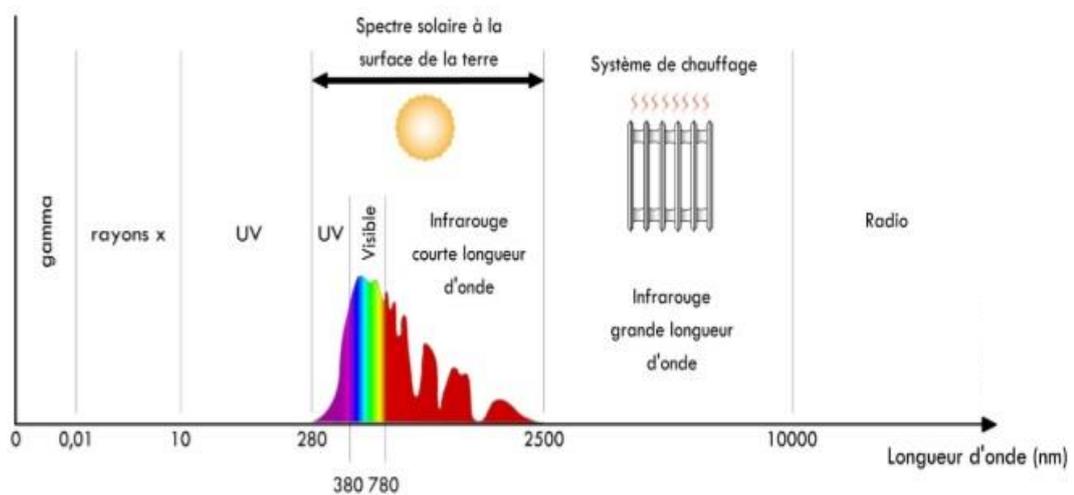


Figure 16 : Classification des divers rayonnements électromagnétiques en fonction de leurs longueurs d'onde. (Source : ES-SO, 2012).

La protection solaire est concernée par deux types de rayonnement selon l'Organisation Européenne de la protection solaire (ES-SO, 2012) :

V-1-Le rayonnement solaire :

Comme son nom l'indique il est l'origine du soleil et occupe qu'une partie du spectre des ondes électromagnétiques figure 16.

Ce rayonnement Comprenant les longueurs d'onde comprises entre 280 nm et 2500 nm cette intercale est subdivisé en trois parties : Les ultraviolet (UV) de 250 nm à 380 nm, ces rayons sont invisibles à l'œil humain et peuvent être dangereux en cas de surexposition. Ils vieillissent les matériaux et détériorent les surfaces et les couleurs. La partie visible : de 380 nm (violet) à 780 nm (rouge), ces rayons sont détectés par la rétine humaine et permettent la vue des formes, des reliefs et des couleurs. Les infrarouges de courtes longueurs d'onde (IR) : de 780 nm à 2500 nm, ces rayons sont invisibles mais sont ressentis sous forme de chaleur.

Lorsque ce rayonnement est reçu totalement sur la surface d'une protection solaire ou bien une surface, il se définit par la somme des trois composantes :

Un rayonnement direct : la partie du rayonnement solaire qui n'est ni absorbée ni réfléchi par l'atmosphère

Le rayonnement diffus : la partie du rayonnement absorbée par l'atmosphère et réémise dans toutes les directions

Le rayonnement réfléchi qui correspond à la réflexion des rayonnements direct et diffus par le sol.

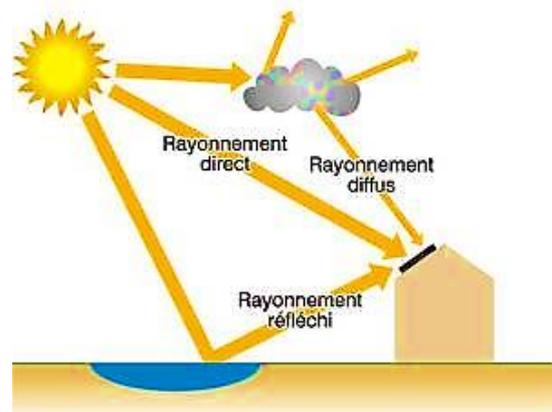


Figure 17 : Partie incidentes du rayonnement solaire ,(source : energieplus-lesite.be).

V-2-/Le rayonnement de grandes longueurs d'onde :

Est un rayonnement qui est à l'origine d'une chaleur dégagée par un matériau, il comprend des longueurs d'onde comprises entre 2500 nm et 10000 nm comme l'indique la figure 16. Ce rayonnement est dans le domaine de l'infrarouge et donc invisible.

V-2-1-/Infrarouge de grandes longueurs d'onde :

Tous les matériaux émettent en permanence un rayonnement dans toutes les directions sous forme d'énergie. Tandis que le spectre solaire comprend un rayonnement de courtes longueurs d'onde émis à des températures variées, le rayonnement thermique est essentiellement composé de rayonnement infrarouge de grandes longueurs d'onde émis à basse température. En pratique, cela signifie qu'un matériau irradié par le rayonnement solaire se réchauffe et émet un rayonnement de grandes longueurs d'onde dans la zone environnante. Ce rayonnement chauffe ensuite les matériaux au voisinage qui émettront à nouveau un rayonnement, et ainsi de suite.

VI-/LES FACTEURS DE CHOIX D'UNE PROTECTION

SOLAIRE :

Plusieurs chercheurs tel que (Inês dionísio palma santos 2007) (Ping .Ye, 2001) ,(Hidayat Shahida ,2005), (IBGE,2006) affirment que le choix d'une protection solaire dépend de nombreux facteurs dont certains sont principaux tels que l'orientation de la fenêtre (nord, sud, est, ouest), caractéristiques physiques de la protection solaire et le climat du site. D'autres critères peuvent s'ajouter tel que le type du local dont elle est affectée, le contact désiré avec l'extérieur (confort visuel), le coût, la gestion de la protection solaire, son entretien, et sa durée de vie. Parmi ces différents facteurs qui influent sur le choix de la protection solaire on s'est intéressée de développer les trois principaux facteurs :

VI-1-/Facteur d'orientation de la fenêtre :

Durant notre étude on a trouvé que Le facteur d'orientation de la fenêtre est le plus important pour choisir le type de la protection solaire, chaque orientation de la

fenêtre est liée à la position du soleil dans le ciel (altitude et azimut) dont il faut bien connaître tout au long de l'année et instant de la journée, Cette information est indispensable pour obtenir les

apports solaires qui atteignent les surfaces verticales d'un bâtiment spécifiquement la fenêtre.

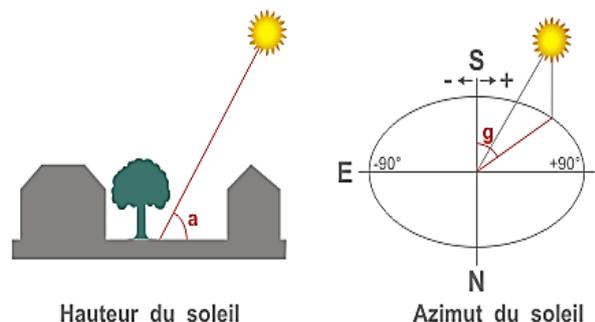


Figure 18 : La position du soleil dans le ciel. (Source : enrgieplus-lesitre.be).

La trajectoire du soleil en générale est constante de l'est à l'ouest comme elle est présentée à la figure 18. On remarque une variation dans l'attitude qui varie d'un temps a un autre ainsi que l'azimut qui varie d'un moi a un autre.

Pour plus de clarté on va présenter un exemple sur la course solaire par un diagramme en coordonnées rectangulaires sur la figure 19.

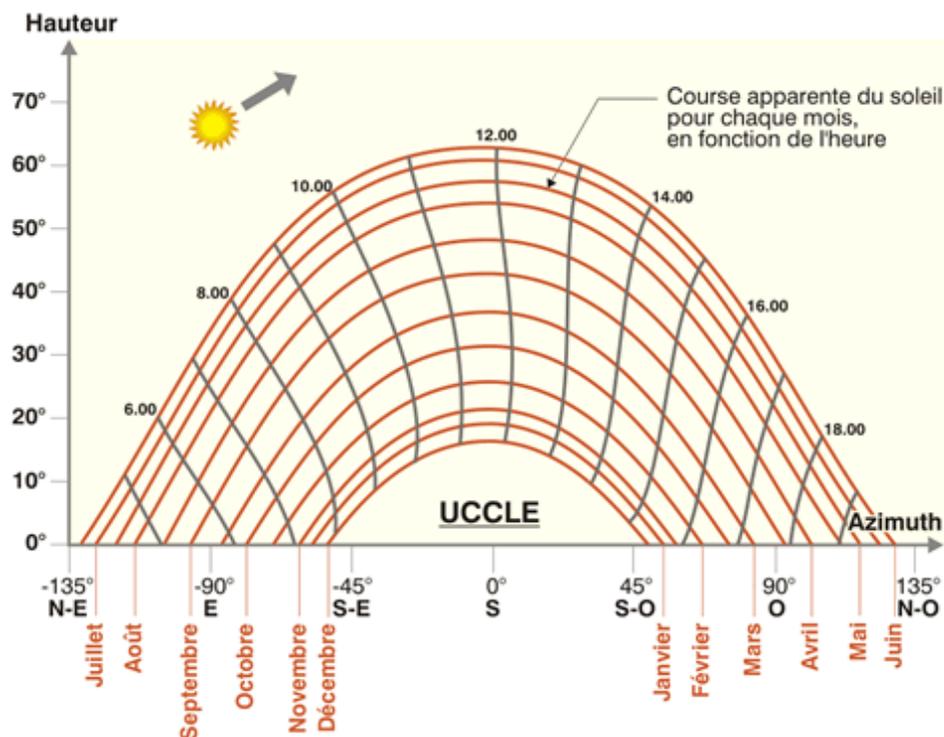


Figure 19 : Diagramme solaire cylindrique pour Uccle en temps universel

(Source : IBGE, 2006).

En regardant plus précisément, la valeur de l'azimut à différents moments de l'année, on constate que l'expression "le Soleil se lève à l'est et se couche à l'ouest" n'est pas exacte. En effet, en décembre, il se lève au sud-est pour se coucher au sud-ouest, tandis qu'en juin, il se lève pratiquement au nord-est pour se coucher au nord-ouest. Ceci donne 7 heures d'ensoleillement maximum en décembre et plus de 16 heures en juin : ce sont les deux époques des solstices de l'année. Ce n'est qu'aux

équinoxes de printemps et d'automne que la durée du jour est égale à celle de la nuit. (énergie+).

Durant le déplacement du soleil sur sa trajectoire des apports solaire vont atteindre les différentes façades d'un bâtiment ; on trouve que :

Les façades du bâtiment exposées au nord leurs fenêtres reçoivent le plus faible niveau d'éclairage solaire jugé par leur position lointaine du rayonnement solaire.

Les façades orientées à l'est et à l'ouest leurs fenêtres reçoit la plus grande partie du rayonnement celle de l'est reçoit la plus grande partie avant midi, alors que les façades à l'ouest la reçoivent dans l'après-midi.

Et enfin pour Les façades exposées au sud ces fenêtres son expose face au rayonnement solaire qui le reçoivent presque toute la journée.

VI-1-1-/Types de protections solaires adaptées selon les orientations :

Le diagramme ci-dessous permet de déterminer les types de protections solaires adaptées selon les orientations. Par exemple, dans les bâtiments très ouverts au soleil sur la façade sud et ayant peu d'inertie, il est courant de souffrir de surchauffes dès les premières journées ensoleillées de janvier. Dans ce cas, des dispositifs de protections mobiles suppléent aux protections horizontales fixes qui ne sont efficaces qu'en été.



Figure 20 : Types de protections solaires selon les orientations (Source : Alain Liébard, André De Herde, 2005).

Donc le choix de la protection solaire dépend spécifiquement de l'orientation de la façade (fenêtre) par ce que chaque façade est en rapport avec une position solaire (rayonnement solaire) différente.

La mise en place des protections solaires selon l'orientation du bâtiment permet de limiter les risques de surchauffes ou d'éblouissement. (Alain Liébard, André De Herde,2005).

VI-2-/Climat du site (région) :

Il est très important de connaître le climat du site dont la protection solaire est placée pour choisir le type de cette dernière, par ce que le climat influe sur l'efficacité des protections solaire.

Pour deux climats différents (Inês dionísio palma santos 2007) a étudié l'efficacité énergétique des protections solaires dans deux climats différents (Copenhague et Lisbonne) dont elle a tranché que le choix du type de protection solaire dépend du climat du site (région) donc il est indispensable de choisir des protections solaires plus performants (protection extérieur) dans les régions avec un climat très chaud.

VI-3-/Les caractéristiques physiques de la protection solaire :

Afin de faire un choix pertinent des dispositifs de protection solaire, il est nécessaire de prendre en considération ses caractéristiques physiques. En effet, ces produits ont un impact sur le niveau d'isolation de la façade, son facteur de transmission solaire et son facteur de transmission lumineuse. Les caractéristiques des systèmes de protection solaire sont déterminées en fonction du :

VI-3-1-/Coefficient de transmission thermique

Le coefficient de transmission thermique U concernant une protection solaire représente les déperditions thermiques à travers une fenêtre à la présence d'une protection solaire verticale. Lorsque la protection mobile (store) est relevée ou absente voir figure 21, ce coefficient est désigné par U_w . Lorsque la fermeture ou le store est fermé, ce coefficient est désigné par U_{ws} . Plus la valeur du coefficient U est basse plus le niveau d'isolation de la fenêtre est élevée. Le coefficient U est donné en $W/m^2.K$.

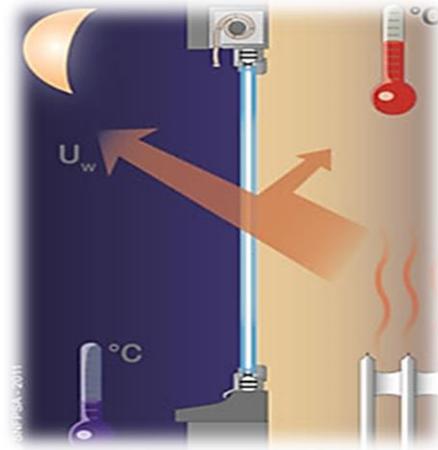


Figure 21 : Coefficient de transmission thermique d'un vitrage seul. (Source : paroisvitreesrt2012.fr).

La résistance thermique d'une protection solaire est améliorée si le système de protections solaires piège une couche d'air supplémentaire derrière le vitrage caractérisée par une résistance thermique additionnelle désignée par ΔR (en $m^2.K/W$). La plupart des auteurs s'accordent à dire que les stores vénitiens, les tentures et les stores enroulables, placés derrière un simple vitrage, réduisent les pertes de chaleur (Hidayat Shahida ,2005), et pour améliorer encore sa résistance thermique (Ping .Ye, 2001) il faut l'intégrer au vitrage.

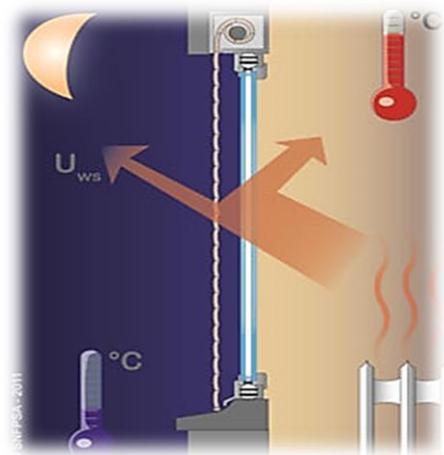


Figure 22 : Coefficient de transmission thermique d'un vitrage + store intérieur. (Source : paroisvitreesrt2012.fr).

VI-3-2-/Coefficient de transmission solaire :

Le facteur solaire FS ou valeur g , est la somme de la partie du flux énergétique transmise et de la partie absorbée réémise vers l'intérieur du local. Voir figure 23 Cette valeur de g elle est généralement mesuré pour l'ensemble verre plus protection solaire g_{tot} . Le facteur solaire est une donnée fournie notamment par les fournisseurs de stores et de vitrages, représentant la fraction du rayonnement solaire traversant la protection solaire.

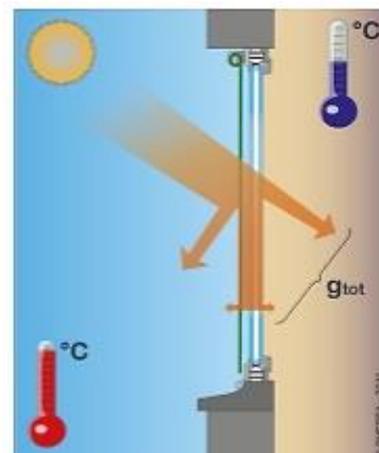


Figure 23 : Le facteur solaire FS d'un vitrage + store extérieur. (Source : .es-so.com).

Les fabricants de systèmes de protection solaire font dès lors souvent état des prestations de leurs produits en combinaison avec plusieurs types de vitrages : simple, double, clair et absorbant. (veroso,2002), mais on peut trouver cette valeur uniquement pour la protection solaire Cette valeur change d'une protection à autre dont on trouve une recherche qui a été faite par (Wall, M., & Bülow-Hübe, H 2003) elle a étudié le facteur g de la protection solaire en changeant leur gestions (lamelles) ,positions par rapport au vitrage et leur couleurs dont elle a prouvé que ce facteur change par rapport au paramètre de la protection solaire .

Une autre étude menée par Tobias Rosencrantz, 2005 sur la valeurs- g des fenêtres de contrôle solaire avec des dispositifs internes de protection solaire montrant que la valeur g du vitrage influe sur l'efficacité de la protection solaire. Ces a dire il faut choisir la protection solaire on tenant compte au facteur solaire du vitrage pour avoir une protection optimale.

VI-3-3-/Coefficient de transmission lumineuse :

Le coefficient de transmission lumineuse d'une protection solaire est le pourcentage de lumière visible qui traverse celui-ci présenter en TL, dans un même type de protection solaire par exemple store vénitien le TL change en fonction de sa gestion et sa couleur.

Comme pour le facteur solaire, la transmission lumineuse est donnée généralement pour l'ensemble vitrage avec protection solaire, dont ces derniers qui influencent sur le taux de lumière entrant dans un local la figure 24 présente le taux de FL total d'une Protection solaire interne associé à un vitrage. La valeur de TL peut être donnée par les fabricant pour une protection solaire seule.

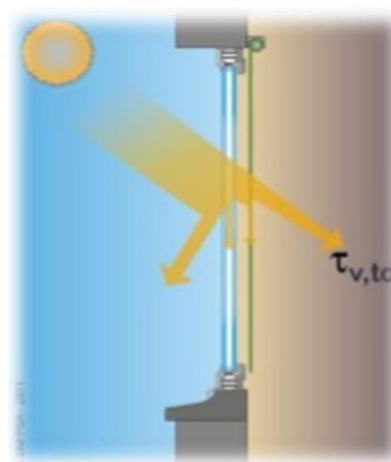


Figure 24 : Facteur de transmission lumineuse d'un store intérieur + vitrage.
(Source : .es-so.com).

Enfin, on peut dire que pour un choix typique d'une protection solaire il est nécessaire de trouver le meilleur équilibre entre tous ces facteurs principaux :

- L'orientation de la fenêtre (nord sud est ouest)
- Caractéristiques physiques de la protection solaire
- Le climat du site.

VII-/REACTION DU RAYONNEMENT SOLAIRE FACE A UNE PROTECTION SOLAIRE :

Lorsqu'un rayonnement solaire touche un matériau il se divise en trois parties, on a essayé d'introduire ce phénomène à une protection solaire.

- Une partie de ce rayonnement va être réfléchi par la protection solaire vers l'extérieur dont cette dernière est caractérisée par le facteur de réflexion, ce facteur varie selon le matériau.
- Une partie du rayonnement va être absorbé par la protection solaire dont elle est caractérisée par le facteur d'absorption, ce facteur varie selon le type du matériau qui constitue la protection solaire.
- Et Enfin, une partie va être transmise par la protection solaire à l'intérieur dont elle est caractérisée par le facteur de transmission solaire.

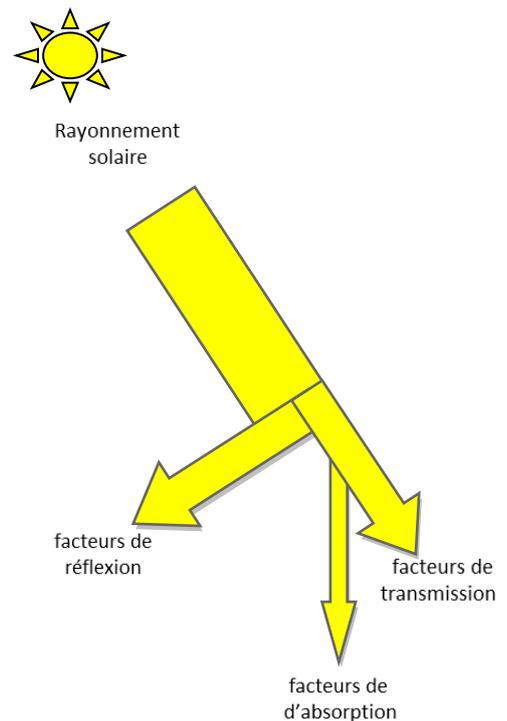


Figure 25 : Comportement d'un rayonnement solaire face à une protection solaire. (Source Auteur).

Ce facteur varie selon le matériau constituant la protection solaire.

Les facteurs de transmission, de réflexion et d'absorption sont des caractéristiques spécifiques au matériau de la protection solaire. Dans la figure 25 on a présenté cette réaction du rayonnement solaire à la présence d'une protection solaire (son matériau).

VIII-/FONCTIONNEMENT DE LA PROTECTION SOLAIRE :

Le fonctionnement d'une protection solaire peut être basé sur plusieurs phénomènes physiques tels que l'absorption, la réflexion, la réfraction et la diffraction.

Cependant, les deux paramètres les plus importants pour déterminer l'efficacité des protections solaires sont ; leur transmission lumineuse et leur facteur solaire (IBGE, 2010). Pour ce dernier on prend habituellement en considération l'ensemble formée par le vitrage et la protection solaire.

IX-/LES OBJECTIFS DE LA PROTECTION SOLAIRE :

La présence des protections solaires permet d'atteindre différents objectifs des situations rencontrées .le choix du type de la protection solaire dépendra, des lors, de l'importance que l'utilisateur donnera à chacun d'eux en fonction de ses besoins. Les trois principaux objectifs de toute protection solaire citée dans l'ouvrage Sigrid Reiter, André de Herde, 2004 sont :

- La limitation de l'éblouissement.
- La diminution des surchauffes.
- La suppression de l'insolation directe.

L'ajout une protection solaire à un bâtiment permet également de participer à l'isolation du bâtiment, la transmission de l'éclairage naturel, La protection contre un rayonnement solaire trop intense, et l'intégration visuellement au style de la construction.

IX-1-/La limitation de l'éblouissement :

On parle de l'éblouissement c'est l'effet de conditions de vision pour lesquelles l'individu est moins apte à percevoir les objets suite à des luminances ou à des contrastes de luminance excessifs dans l'espace et dans le temps.

Donc dans un local si on signale de l'éblouissement due ou rayonnement solaire direct il est préférable de placer des protections solaire opaques pour arrêter ce rayonnement direct et éviter les protections solaire translucides comme le verre teinté, les rideaux transparents et les stores enroulables.

IX-2-/La diminution des surchauffes :

La surchauffe a une relation avec l'utilisation des verres transparent, les risque de surchauffe sont plus important à la façade sud et encore plus à la façade ouest dans la chaleur de toute la journée s'accumule a l'intérieure du local ce piège de chaleur et connus sous le nom de l'effet de serre.

Donc pour diminuer le problème de surchauffe une protection solaire est indispensable pour bloquer la pénétration du rayonnement solaire, et il est préférable d'opter pour une protection solaire extérieur pour éviter et stopper le rayonnement solaire avant qu'il rentre à l'intérieur, cette limitation de surchauffe a un rapport direct avec le facteur solaire de l'ensemble vitrage + protection solaire qui est le principal indicateur de leur efficacité.

IX-3-/La suppression de l'insolation directe :

L'insolation est un coup de chaleur provoqué par une trop longue exposition au soleil, Le coup de chaleur peut survenir dans un endroit surchauffé, comme par exemple dans un local qui édifice du soleil pendant toute la journée, donc l'augmentation de la température intérieure ce n'est pas la seul source d'inconfort, le rayonnement direct posé sur une partie du corps peut rapidement créer une sensation

d'inconfort pour les usagers. Donc pour supprimer l'insolation dans un local il faut essayer de placer des protections solaires qui absorbent le rayonnement direct ou le refléter.

Donc les protections solaire doivent répondre a une multiplicité d'objectif comme : la limitation des surchauffes et de l'éblouissement ainsi que la gestion de l'éclairage naturel dans les espace. Elles peuvent également contribuer à l'intimité des occupants et à l'esthétique de la façade. (Jakob.D, 2000)

X-/L'IMPACT DE LA PROTECTION SOLAIRE SUR LA CONSOMMATION D'ENERGIE :

Le grand nombre d'études qu'on a abordé dans le chapitre d'état de l'art ont pour but d'étudier l'impact de la protection solaire sur la consommation d'énergie globale (chauffage, éclairage et refroidissement) ces études ont été réalisées entre 1997 et 2012

Parmi ces études, certaines ont montré l'effet de la présence d'une protection solaire sur les charges de refroidissement, d'autres sur la charge de chauffage et ainsi que sur les charges d'éclairage, dont on va essayer d'expliquer l'effet de la protection solaires dans chacune de ces charges :

X-1-/Charge de refroidissement :

Pour réduire les charges de refroidissement en été une protection solaire est indispensable, elle permet de réduire au maximum les rayons solaire directs pour éviter la surchauffe : une étude a été faite dans ce domaine pour différents types de protections solaire (E. Tillmann and J. Platzer, 2000), une protection de type store associé à un vitrage intérieur permet de renforcer l'isolation de ce dernier pour éviter les déperditions de chaleur (Hidayat Shahida ,2005).

Par rapport à son emplacement une protection solaire externe peut diminuer d'un facteur de deux la charge de refroidissement et de la demande de refroidissement annuelle par rapport à une protection solaire interne qui n'a diminué que d'un tiers la charge de refroidissement et de la demande de refroidissement prouvé par (Tobias Rosencrantz,2003) a Gothenburg ,(Wall, M., & Bülow-Hübe, H 2000.2002) et a Lund qui possède un climat dit tempéré chaud.

X-2-/Charge de chauffage :

La présence d'une protection solaire interne dans la fenêtre diminue les déperditions de chaleur (isolante) contrairement à une protection externe (Ping .Ye, 2001) ,(Hidayat Shahida ,2005), en revanche Une mauvaise gestion de la protection solaire peut influencer sur les charges de chauffage on empêchant les gains solaires élevés d'entrer en hiver. (E. Tillmann and J. Platzer,2000)

X-3-/Charge d'éclairage :

La mauvaise gestion de la protection solaire comme l'indique la figure26 influx sur les charges d'éclairage en premier lieu. Donc la présence d'une protection solaire active pour diminuer les rayons solaires directs influx sur le taux de lumière et la consommation en énergie d'éclairage, dont il a été prouvé dans une étude sur un store extérieur placé dans une façade sud avec de 80% de surface vitrée faite par l'Organisation Européenne de la protection solaire (ES-SO, 2012). Alors on peut dire que dans La majorité des cas où il est nécessaire d'activer la protection contre les rayons solaires directs, l'utilisateur risque d'allumer l'éclairage artificiel.

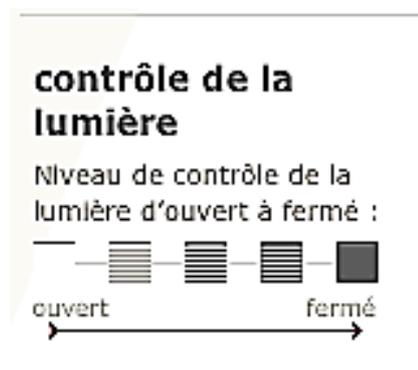


Figure 26 : Contrôle de la lumière d'ouvert a fermé.
(Source : fermalux.be).

L'article de (VEROZO, 2002) présente un exemple de l'influence d'un store sur l'éclairage naturel qui est présenté dans la figure 24 : un bureau d'une personne avec une surface vitrée de 3,2 m² est équipé d'un store solaire extérieur d'une valeur g de 0.25 et qui enclenche automatiquement à un seuil de 200 W/m². Supposons que le bureau soit équipé d'un éclairage ancien et inefficace, composé de 4 lampes de 100 W chacune.

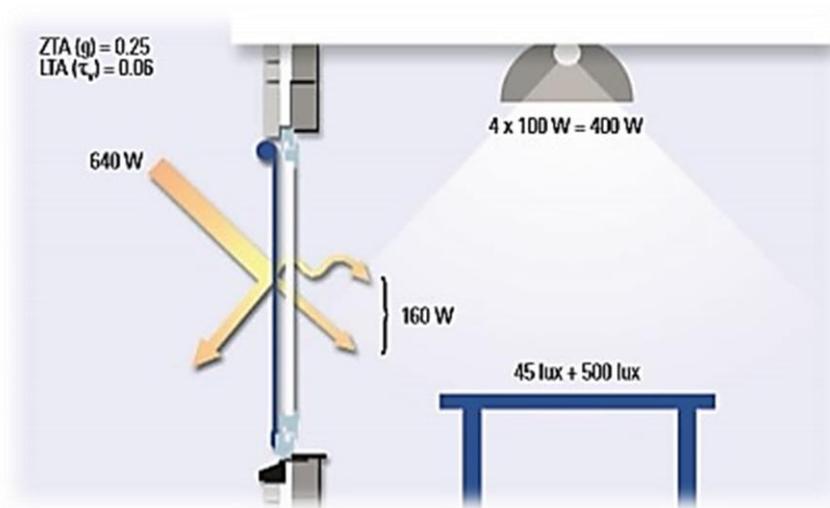


Figure 27 : L'effet de la protection solaire sur l'éclairage naturelle.
(Source : VEROZO, 2002).

Dès que l'intensité du soleil atteint 200 W /m², la protection solaire descend et ne laissera passer que 25% de l'énergie, soit 160 W (3,2m² * 200 W/m² = 640 W * 0.25 = 160 W). Si l'on allume en même temps l'éclairage, l'apport supplémentaire sera de 400 W, soit au total 560 W, ce qui élimine l'effet de la protection solaire. Mais on revanche on va avoir une grande consommation d'énergie d'éclairage. Par rapport a un bureau sans protection solaire, et même pour une qualité de vitrage moyenne, quelque 500 W auraient probablement pénétré dans le local.

Conclusion :

Afin d'éviter une grande consommation d'énergie dans le bâtiment, il est nécessaire de diminuer les apports de chaleur, notamment les apports solaires, en plus des problèmes d'éblouissement qui doivent être traités. Donc une protection solaire est indispensable dans le bâtiment pour protéger ses parties vitrées contre les rayons solaires nocives.

Une protection solaire sert à résoudre plusieurs problèmes dans le bâtiment, elle permet une protection contre les rayons solaires directs pour éviter l'éblouissement, la surchauffe en été et d'augmenter le pouvoir d'isolation de la fenêtre en hiver afin de diminuer la facture énergétique, donc elles jouent un rôle important dans l'amélioration du confort d'un bâtiment.

C'est pour cela une protection solaire ne peut pas être considérée comme un élément secondaire dans le bâtiment spécifiquement dans l'enveloppe vitrée, bien au contraire elle doit être bien intégrée dans la conception du bâtiment dès la toute première étape de l'élaboration du projet pour éviter l'impact de cette dernière sur d'autres paramètres liés au bâtiment tel que son aspect architectural.

CHAPITRE II :
LA CONSOMMATION
D'ENERGIE

Introduction :

« Les bâtiments et la construction contribuent directement et indirectement à nos grands problèmes environnementaux.

Les bâtiments sont des terribles consommateurs et générateurs de déchets, et le processus industriel utilisé dans la manufacture des matériaux des bâtiments et des équipements contribue aussi aux déchets et à la pollution »

(Sandra F. Mendler, et William Odell, 2000)

De nos jours, la consommation d'énergie est une des plus grandes préoccupations par ce qu'elle est en augmentation permanente.

La consommation nocive des énergies fossile pose divers problèmes, Le second problème est les émissions de CO₂, qu'elles engendrent, car elles sont élevées et contribuent fortement au réchauffement climatique (changements climatiques), sans aucun doute, les plus grands enjeux de l'humanité.

Actuellement en Algérie il y a une forte consommation énergétique dans tous les secteurs qui est due principalement au changement du mode de vie, la dépendance majeur à l'électricité, l'augmentation de la population et du confort qui en découle, ainsi qu'à la croissance des activités industrielles en plus de la négligence du choix des matériaux dans le bâtiment, pour essayer de réparer tout cela il nous interpelle sur la nécessité d'une nouvelle politique énergétique ainsi que de nouveaux comportements des usagers.

Dans Le secteur du bâtiment représente de 30 à 40 % de la consommation totale d'énergie et une forte part des impacts environnementaux d'origine anthropique. De ce fait, il présente un fort potentiel d'amélioration à la fois sur les plans énergétiques et environnementaux. Pour répondre à ces défis énergétiques et environnementaux, plusieurs éléments de solution peuvent être mis en œuvre de manière complémentaire. Du point de vue énergétique, les solutions concernent les différents

maillons de la chaîne énergétique et passent par la réduction des besoins énergétiques. L'efficacité des équipements et l'adaptation de la chaîne énergétique aux usages. Du point de vue environnemental, les solutions sont très nombreuses et concernent notamment la rationalisation de l'utilisation des matières premières, la réduction des émissions polluantes et des déchets et le recyclage des matériaux. Ces solutions, appliquées au bâtiment, amènent à travailler simultanément sur la consommation du bâtiment, sa structure et ses divers équipements, dès la phase de conception (Stéphane, 2008).

Nous expliquons dans ce chapitre les notions du concept de la consommation d'énergie et son effet sur l'environnement, ainsi que l'impact du bâtiment sur la consommation d'énergie.

I-/LE CONCEPT « D'ENERGIE » : un aperçu sur l'énergie

I-1-/Définition de l'énergie :

Le mot énergie est d'origine latine, « energia » qui veut dire « puissance physique qui permet d'agir et de réagir. (GRAND LAROUSSE, 1972)

L'énergie est une grandeur physique nécessaire à la réalisation d'un travail (mécanique, chimique, ...) matérialisée sous différentes formes: énergie calorifique ou énergie thermique (chaleur), énergie électrique (électricité), énergie mécanique, énergie chimique, énergie nucléaire. (Climamaison, 2016).

Les énergies que nous utilisons actuellement sont :

- les énergies fossiles (charbon, pétrole, gaz,)
- l'énergie nucléaire (uranium).
- les énergies renouvelables (énergie éolienne, énergie solaire, énergie bois, énergie hydraulique, etc ...).

La définition de l'énergie est vague, a une acceptation large suivant les différents domaines ou on se trouve, en architecture vu qu'elle est indispensable dans le bâtiment pour assurer le confort des occupants, L'énergie peut s'introduire dans l'architecture à travers deux axes principaux Selon Depecker:

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

Ceci est démontré dans le schéma ci-dessous (figure28):

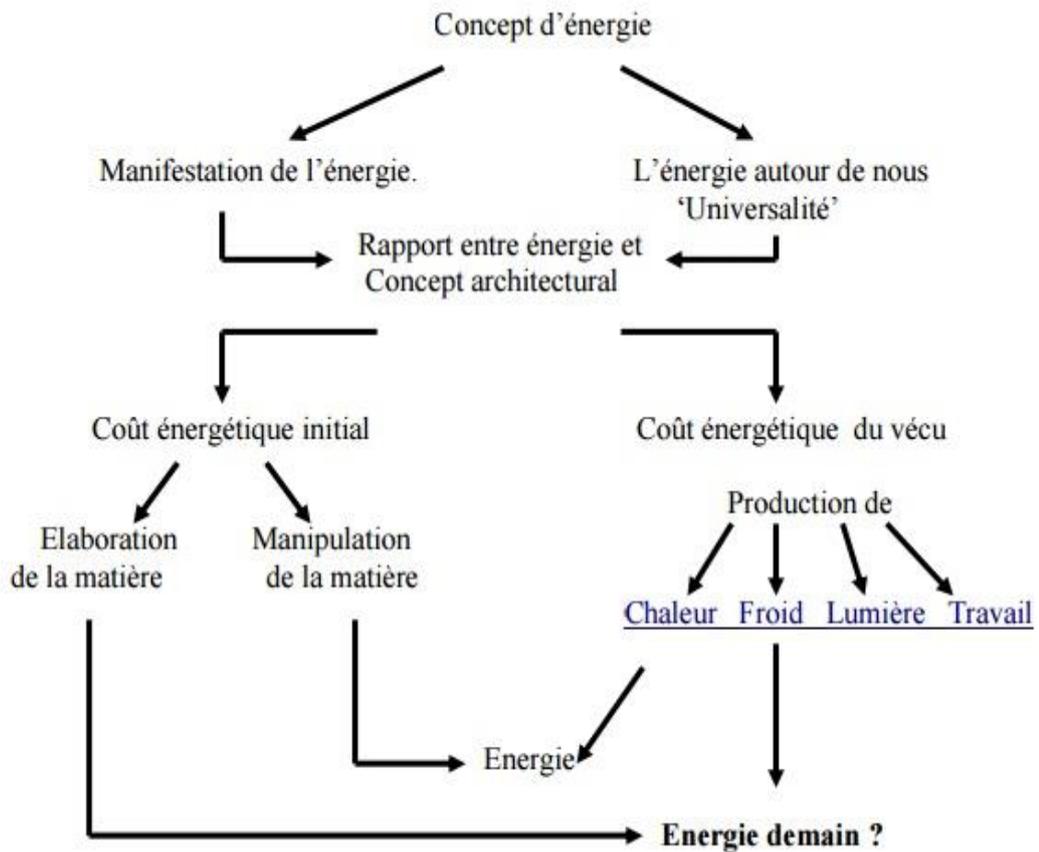


Figure28 : Organisation des contenus sur le thème de l'énergie.
(Source : Depecker, 1985).

L'énergie est capable de produire soit du travail, soit de la chaleur, soit tous les deux. Parce que le travail et la chaleur sont fondamentaux pour notre vie.

Par exemple : Le besoin de l'énergie en chaleur dans les bâtiments se traduit par une demande d'électricité, du fuel-oil ou de gaz. Selon B.Chateau et B. Lapillonne cette demande peut être schématisée comme suit :

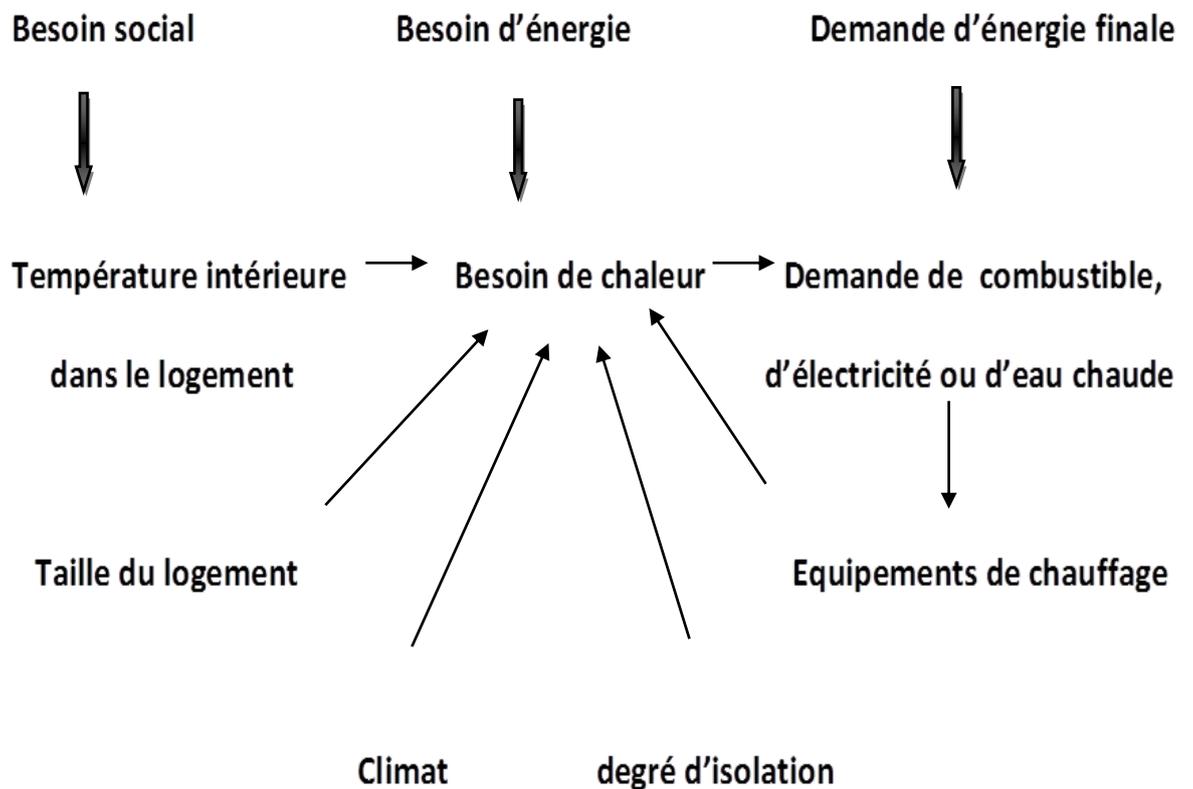


Figure 29 : Demande de l'énergie finale dans le cas du chauffage domestique. (Source : B.Chateau et B. Lapillonne, 1977).

I-2-/Type d'énergies :

Les énergies sont diversifiées, entre des énergies renouvelables et des énergies non renouvelables, parmi les énergies les plus utilisés dans le monde on trouve :

I-2-1-/Les énergies fossiles :

L'énergie fossile désigne l'énergie que l'on produit à partir de roches issues de la fossilisation des êtres vivants : pétrole, gaz naturel houille et Le charbon qui est l'énergie fossile qui a été la plus utilisée avant l'exploitation des gisements d'hydrocarbures et de gaz naturel. Tous ses énergies sont présentes en quantité limitée et non renouvelable, leur combustion entraîne des gaz à effet de serre elle sont les plus utilisées dans le bâtiment (électricité, gaz naturel) dont elle fournissent le plus grand pourcentage de la consommation quotidienne mondiale d'énergie. Les combustibles fossiles représentaient le plus grand taux de l'énergie consommée dans le monde.

I-2-2-/L'énergie nucléaire :

Sous sa forme actuelle L'énergie nucléaire c'est l'énergie qui est basée sur la fission de l'uranium, plus précisément de son isotope le plus rare (l'uranium 235). Les réserves actuelles d'uranium permettraient d'alimenter la filière en combustible pendant environ 100 ans, au niveau de prix et de technologie actuels. Cette durée serait sensiblement allongée si on prenait en compte les réserves d'uranium plus coûteux. Si on exploitait également l'isotope d'uranium le plus abondant (l'uranium 238), la durée possible d'exploitation augmenterait au moins d'un facteur 100.

La technologie nucléaire utilisée actuellement partout sur Terre se base sur la fission. Elle utilise les noyaux les plus massifs, dont les nucléons sont légèrement « trop lourds » par rapport à ceux des atomes de masse intermédiaire. La différence est

très petite (moins de 1 % par nucléon) mais elle correspond à une énergie gigantesque, que l'on cherche à exploiter. Les 435 réacteurs nucléaires en service dans le monde en 2014 utilisent ce principe pour produire de l'électricité. (Pierre Manil, 2014)

Parmi les avantages de l'énergie nucléaire (la fission nucléaire) est de diminuer la dépendance aux pays producteurs de gaz et de pétrole, car elle est intéressante sur le plan économique, ainsi que son cycle de fonctionnement n'émet pas de CO₂ un grand avantage pour sauver la planète des changements climatiques. Le seul inconvénient et le risque d'explosion des réacteurs qui produisent de l'énergie en fissionnant de l'uranium en cas de panne du système de refroidissement.

I-2-3-/Les énergies renouvelables :

Avec l'augmentation continue du prix des énergies fossiles associées à la question du réchauffement climatique favorisent la croissance des énergies renouvelables.

Les énergies renouvelables représentent l'ensemble des techniques de production d'énergie dont la mise en œuvre n'entraîne pas l'extinction de la ressource initiale et est renouvelable en permanence à l'échelle humaine.

C'est le rayonnement solaire qui inonde la terre de son énergie qui est à l'origine de la plupart des énergies renouvelables exploitables par l'homme :

- **L'énergie solaire thermique:** récupération directe de la chaleur des rayons solaires, exemple avec des panneaux solaires thermiques.
- **L'énergie solaire photovoltaïque:** transformation directe en énergie électrique du rayonnement solaire, exemple avec des panneaux photovoltaïques.
- **L'énergie thermodynamique:** récupération de la force de circulation de l'énergie entre une zone froide et une zone chaude, exemple avec une pompe à chaleur.

- **L'énergie éolienne:** récupération de l'énergie du vent provoqué par les différences thermiques entre les différentes zones de la terre (jour/nuit, nord/sud). Exemple avec des éoliennes.
- **L'énergie hydroélectrique:** récupération de la force de chute des cours d'eau ou de déplacement des courants marins provoqués par le cycle de l'eau (évaporation, pluie) lui-même généré par le soleil. Récupération d'énergie électrique via des turbines thermoélectriques.
- **L'énergie géothermique de surface:** récupération de la chaleur des rayons solaires accumulée en surface de la terre.
- **L'énergie géothermique de profondeur:** récupération dans la couche de surface de la chaleur produite par les réactions nucléaires dans les profondeurs du globe terrestre. (Climamaison)

Toutes ces énergies Sont des énergies flux inépuisables par rapport aux énergies fossile, en plus Les énergies renouvelables n'engendrent pas ou peu de déchets ou d'émissions polluantes. Elles participent à la lutte contre l'effet de serre et les rejets de CO2 dans l'atmosphère, facilitent la gestion raisonnée des ressources locales, génèrent des emplois. (Observ-er)

En résumé que les énergies renouvelables ont moins d'impact sur l'environnement et la santé de l'homme. Elles n'entraînent pas de problèmes de déchets ou d'accident de réacteurs et ne produisent pas de gaz nocifs pour l'atmosphère.

L'énergie se traduit en multiple forme utilisée dans les différents secteurs : secteur du transport, industriel, tertiaire et résidentiel dans cette étape on va essayer de présenter l'énergie sous ces formes les plus produites et les plus consommées en Algérie :

Le Pétrole :

Le pétrole est une huile minérale résultant d'un mélange d'hydrocarbures et de divers composés organiques. Exploité par les Hommes, **le pétrole est une énergie fossile**. Sa formation est le fruit de la transformation lente de matière organique, souvent végétale, qui se dépose sur le fond des océans et qui, sous l'effet de la pression des autres couches qui s'accumulent et l'augmentation de température se transforme peu à peu en kérogène, puis en pétrole.

Ensuite Ce dernier se faufile entre les roches au milieu desquelles il a été formé et remonte vers la surface de la terre. Mais en chemin, il est piégé par des roches non perméables. Ce sont ces sites que les compagnies pétrolières traquent afin d'effectuer des forages pour l'exploiter (futura-sciences).

En Algérie C'est l'un des plus chers au monde. Parce que c'est un pétrole léger, à moindre teneur en soufre. Il est de ce fait apprécié des raffineurs. La variété de brut algérien est appelée Sahara Blend. Sa production En 2015 a connu un recul de production de -3.2 % soit un taux de 49 184 K tonnes (pétrole brut) par rapport à l'année 2014 qui a touché 50 805 K tonnes, en revanche la consommation a connu une hausse de 2.9% en 2015 soit un taux de 15 857 K tonnes par rapport à 2014 qui a atteint 15 401 K tonnes (Ministère de l'énergie 2015).

L'électricité :

L'électricité est une énergie sous forme de courant d'électrons (électricité), produite grâce à l'utilisation d'autres énergies donc elle n'est pas une énergie primaire. Elle est le résultat d'un mix énergétique qui dans le cas de l'Algérie

provient essentiellement des énergies fossiles, et ensuite des énergies renouvelables dont elle peut être aussi nucléaire. Ensuite cette énergie électricité est utilisée directement pour produire de la lumière ou de la chaleur.

En effet on peut dire que l'énergie électrique ne représente ni une énergie fossile, ni une énergie renouvelable car elle dépend des énergies primaires qui ont été utilisées pour produire de l'électricité.

L'électricité est l'énergie la plus consommable en Algérie, sa production totale en 2015 a connu une hausse de 6.62% soit un taux de 68 798 GWh par rapport à l'année 2014 qui a touché 64 241 GWh. ainsi que sa consommation a connu une hausse de 7.4% en 2015 soit un taux de 68 766 GWh par rapport à 2014 qui a atteint 64 050 GWh (Ministère de l'énergie 2015).

Gaz naturel :

Le gaz naturel est un combustible fossile constitué d'un mélange d'hydrocarbures gazeux, dont le méthane (CH₄) est l'un des principaux composants. Formé par la transformation d'organismes morts il y a des millions d'années, le gaz naturel se trouve dans divers réservoirs souterrains, parfois associé à du pétrole. Le gaz naturel est exploité pour la production de chaleur et d'électricité, ainsi que dans le cadre de processus industriels.

L'usage du gaz naturel s'est accru dans le contexte de prise de conscience environnementale de ces dernières décennies. Cet hydrocarbure est en effet moins polluant et moins riche en CO₂ que les autres hydrocarbures (charbon, pétrole). En outre, ses réserves sont plus importantes que celles du pétrole. (Futura-planete).

L'Algérie est le troisième pays exportateur mondial de gaz dont il fera face à une hausse importante de la demande intérieure de gaz en raison de la croissance soutenue de son économie, le gaz naturel est le produit le plus consommable en

algérien dont il a touché un taux de 36.6% de la consommation totale d'énergies ,Sa consommation a touché une hausse de 3.9% en 2015 soit un taux de 22 588 10⁶m³ par rapport à 2014 qui a atteint 21 745 10⁶m³, ainsi que sa production en 2015 à toucher une hausse de 1,5% soit un taux de 84 583 10⁶m³ par rapport à l'année 2014 qui est de 83 296 10⁶m³ .

La production d'énergie primaire de 2015 reste dominée par le gaz naturel à hauteur de 52%. (Ministère de l'énergie 2015).

II-/LE CONCEPT « CONSOMMATION D'ENERGIE » :

II-1-Définition de la consommation d'énergie :

La consommation d'énergie correspond à la quantité d'énergie utilisée par un appareil ou un local bâti. La consommation d'énergie est variable en fonction de paramètres variés. Entre autres, pour un logement dépendra de son isolation. L'unité permettant de comparer la consommation d'énergie d'un logement est le Kw/m²/an. Plus l'isolation d'un logement ou d'un local est performante et plus sa consommation d'énergie est faible.

Les normes actuelles de consommation d'énergie des logements courants sont de 150 à 250 Kw/m²/an et sont en train d'être adaptées (RT 2005, RT 2010) pour atteindre une consommation d'énergie inférieure à 50KW/m²/an dans l'habitat future.

Les économies d'énergie ainsi générées permettraient de réduire considérablement l'impact environnemental du Bâtiment en matière de rejet de CO₂. (climamaison, 2016).

III-/LA CONSOMMATION D'ENERGIE EN ALGERIE :

La consommation nationale d'énergie a connu une croissance accrue, principalement due à l'amélioration du niveau de vie des citoyens, qui s'est traduite par l'augmentation du taux d'équipement, de même que la réalisation de plusieurs projets d'infrastructures d'utilité publique a contribué à cette croissance. (apru2015)

Le bilan énergétique national de l'année 2015, montre que la consommation finale évolue dont elle est passée de 39,4 M Tep à 42,5 M Tep en 2015 de la consommation nationale, reflétant une hausse de 7,8% par rapport à l'année 2014. Tirées par l'électricité (9,6%), le gaz naturel (9,3%) et les produits Pétroliers (6,6%).

L'évolution de la consommation finale par produit et par secteur d'activité est détaillée comme suit par le (Ministère de l'énergie, 2015) :

III-1-/La consommation d'énergie en Algérie par produit :

Le tableau ci-après donne l'évolution de la consommation finale par produit qui a connu une croissance tous produits confondus.

	Unités	2014	2015	Evolution	
				Quantité	(%)
Produits pétroliers	K Tep	14 989	15 975	986	6,6
	K Tonnes	14 328	15 270		
Gaz naturel	K Tep	11 207	12 248	1 041	9,3
	10 ⁶ m ³	11 860	12 961		
Electricité	K Tep	10 918	11 966	1 048	9,6
	GWh	45 766	50 152		
GPL	K Tep	2 236	2 239	3	0,1
	K Tonnes	1 895	1 897		
Coke sidérurgique	K Tep	14	23	9	61,6
	K Tec	20	33		
Autres : Bois	K Tep	6	6	-	0,2
	K Tec	32	32		
Total	K Tep	39 371	42 458	3 086	7,8

Tableau 01 Consommation finale par produit années 2014 et 2015 (Source : Ministère de l'énergie2015).

L'évolution de la consommation finale par produit fait ressortir ce qui suit :

- hausse de 9,3% de la demande sur le gaz naturel à 12,2 M Tep, tirée par les besoins croissants des clients de la basse pression ;
- croissance de l'électricité (9,6%) pour atteindre 12,0 M Tep, tirée notamment par la forte demande des clients de la basse tension (essentiellement les ménages)
- hausse de 6,6% des produits pétroliers pour atteindre 16,0 M Tep, tirée par la demande sur le gasoil et les essences
- stabilité de la consommation finale des GPL (0,2%) à 2,2 M Tep.

La répartition de la consommation finale par produit est comme suit :

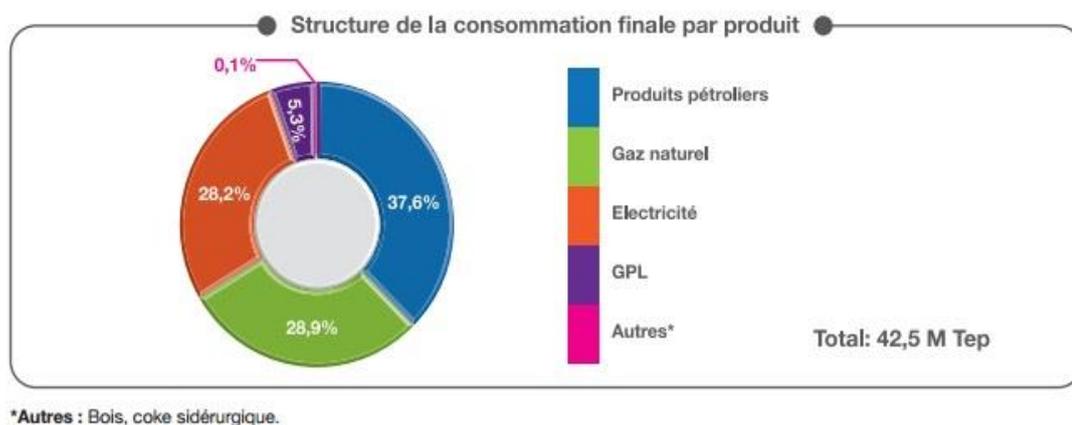


Figure30 : Un graphe structure la consommation finale par produit. (Source : Ministère de l'énergie2015).

III-2-/La consommation d'énergie par différents secteurs :

Par secteur d'activité, l'évolution de la consommation finale en 2015 fait ressortir ce qui suit :

III-2-1-/La consommation d'énergie du secteur des transports :

La consommation d'énergie de ce secteur a atteint 15,5 M Tep en 2015, soit une croissance de près de 1,0 M Tep (6,5%) par rapport à l'année précédente (2014), en raison principalement de la hausse de la consommation des carburants, sous l'effet de la conjonction de plusieurs facteurs tel que l'augmentation du parc automobile national, avec près de 270 000 nouveaux véhicules importés en 2015. (Ministère de l'énergie2015)

III-2-2-/La consommation d'énergie du secteur industrie :

La consommation d'énergie de ce secteur a connu une croissance de 7,0% par rapport à l'année 2014, passant de 8,2 M Tep à 8,8 M Tep en 2015, due à la hausse de la consommation du sous-secteur matériaux de construction (6,5%) et des industries manufacturières (6,9%). (Ministère de l'énergie2015)

III-2-3-/La consommation d'énergie du secteur ménages :

En Algérie Le secteur ménages se trouve parmi les secteurs les plus consommateurs d'énergie avec une consommation représentant près de 43% de l'énergie finale qui englobe (le secteur résidentiel, tertiaire et un taux minime pour l'agriculture et autres). La consommation du secteur ménages est en perpétuelle hausse, Elle a augmenté de 9,4% par rapport à l'année 2014 pour atteindre 18,1 M Tep en 2015, dont on marquer un taux plus élevés pour les deux secteurs résidentiel et tertiaire : 13,9 M Tep pour le secteur résidentiel et 3,8 M Tep pour le secteur tertiaire en 2015 (Ministère de l'énergie2015). Cette hausse est sous l'effet de la

conjonction de plusieurs facteurs notamment, le développement démographique, le nombre important de logements livrés ...etc.

Puisque notre travail s'inscrit dans le secteur tertiaire (bâtiment administrative) on s'est intéressé de le commenter:

Le secteur tertiaire consomme prêt de 3814 K Tep en 2015 soit un taux de 27% de la consommation totale du secteur ménages (Ministère de l'énergie, 2015) dont on touche deux types de consommation d'énergie les plus élevées :

III-2-3-1-/La consommation d'Electricité :

La consommation d'électricité du secteur tertiaire a atteint 2551 KTep en 2015, elle représente 21% de la consommation totale d'électricité en Algérie, et de 67% de la consommation totale d'énergie du secteur tertiaire, donc elle ne cesse pas d'augmenter d'une année à l'autre, en 2015 elle a touché une hausse de 1. Par rapport à l'année 2014 où elle a atteint 2359 KTep (Ministère de l'énergie 2015), cette consommation annuel et du au nombre important des bâtiments administrative ainsi que l'accroissement du nombre des activités et de nouvelle technologie (matériels du confort et d'activer) basse sur l'électricité.

III-2-3-2-/La consommation du Gaz naturel :

En Algérie pour le secteur tertiaire la consommation du gaz naturel est moins importante par rapport au d'autre secteur, elle a atteint 912 KTep ce qui représente 7,4% de la consommation totale nationale du gaz naturel en 2015 et de 24% de la consommation totale d'énergie du secteur tertiaire, en 2015 cette consommation a touché une hausse de 7% par rapport à l'année 2014 dans la quelles elle a atteint 848 KTep (Ministère de l'énergie, 2015). Donc le gaz naturel est considéré comme étant la source d'énergie la moins utilise dans le secteur tertiaire qui est basé sur l'énergie d'électricité.

Le détail de la consommation finale, par secteur d'activité, est donné dans le tableau ci-après :

K Tep	2014	2015	Evolution	
			Quantité	(%)
Industrie et BTP, dont :	8 241	8 818	576	7,0
- Matériaux de construction	3 556	3 786	230	6,5
- ISMME	663	675	12	1,8
- BTP	404	460	56	14,0
- Industries manufacturières	957	1 023	66	6,9
A -Industries agroalimentaires	843	909	66	7,8
- Chimie	340	320	-21	-6,0
- Autres industries	2 322	2 555	232	10,0
Transport, dont :	14 551	15 495	944	6,5
- Routier	13 901	14 778	877	6,3
- Aérien	435	476	41	9,4
Ménages et autres, dont :	16 579	18 145	1 566	9,4
- Résidentiel	12 597	13 925	1 328	10,5
- Agriculture	421	406	-14	-3,4
Total	39 371	42 458	3 086	7,8

Tableau 02 : Consommation finale par secteur années 2014/2015. (Source : Ministère de l'énergie2015).

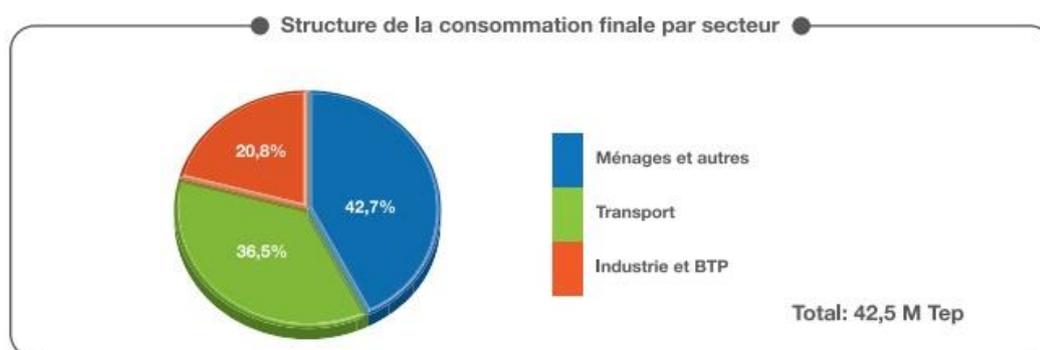


Figure31 : Un graphe structure la consommation finale par secteur. (Source : Ministère de l'énergie2015).

En résumé, qu'en termes de structure de la consommation finale, celle-ci n'a pas connu de grandes mutations en 2015 ou on a enregistré une augmentation de 7,8% pour atteindre 42,5 M Tep, tirée par l'électricité (9,6%), le gaz naturel (9,3%)

et les produits pétroliers (6,6%), on peut obtenir aussi de ses statistiques fournies par le ministère de l'énergie que la consommation d'énergie en Algérie est toujours en hausse au fil des années, donc il faut prévoir des stratégies pour réduire cette consommation d'énergie.

IV-/L'IMPACT DE LA CONSOMMATION D'ENERGIE SUR L'ENVIRONNEMENT :

Parmi les plus grands impacts de la consommation d'énergie que la planète a connue est celle du changement climatique qui est due principalement à l'accélération du réchauffement climatique sous la pression des combustions d'énergies fossiles qui engendrent une émission de gaz à effet de serre responsable dans ce réchauffement planétaire.

IV-1-/L'effet de serre :

L'effet de serre est un phénomène thermique bien connu sur les planètes comme la Terre et Vénus, où l'atmosphère laisse passer une partie du rayonnement solaire qui vient frapper le sol. Réchauffé, celui-ci émet un rayonnement infrarouge en partie ou totalement piégé par l'atmosphère rendue « imperméable » par la présence de gaz, dont principalement la vapeur d'eau sur Terre et le CO₂ sur Vénus. On observe alors une isolation accrue de la planète et un réchauffement global de celle-ci. À noter que l'effet de serre existe aussi sur Mars, bien qu'il soit très faible.

On estime actuellement que l'élévation de la température due à l'effet de serre d'origine humaine est de l'ordre d'un demi-degré Celsius. On s'attend à un degré voire deux d'ici la fin du siècle. Même si cela paraît peu, deux degrés suffisent pour créer une modification majeure du climat. Au niveau des conséquences, ce type de changement sur le court terme pourrait induire une disparition des espèces de la faune et de la flore incapables de s'adapter rapidement (Futura- planète, 2016).

IV-2-/Changement climatique :

Le changement climatique fait référence à tout changement dans le temps, qu'il soit dû à la variabilité naturelle ou aux activités humaines (GIEC, 2007).

Le réchauffement climatique qui est la principale cause du changement climatique et la conséquence la plus palpable de l'effet de serre : désigne le phénomène d'élévation de la température moyenne mesurée à la surface de la terre est dû à l'augmentation de la concentration de gaz à effet de serre dans l'atmosphère, conséquence des activités humaines modernes (transport, industries, élevage...). Il se traduit par un dérèglement du climat à l'échelle mondiale, dont les conséquences sont déjà visibles (hausse du niveau des océans, sécheresses, températures extrêmes...).

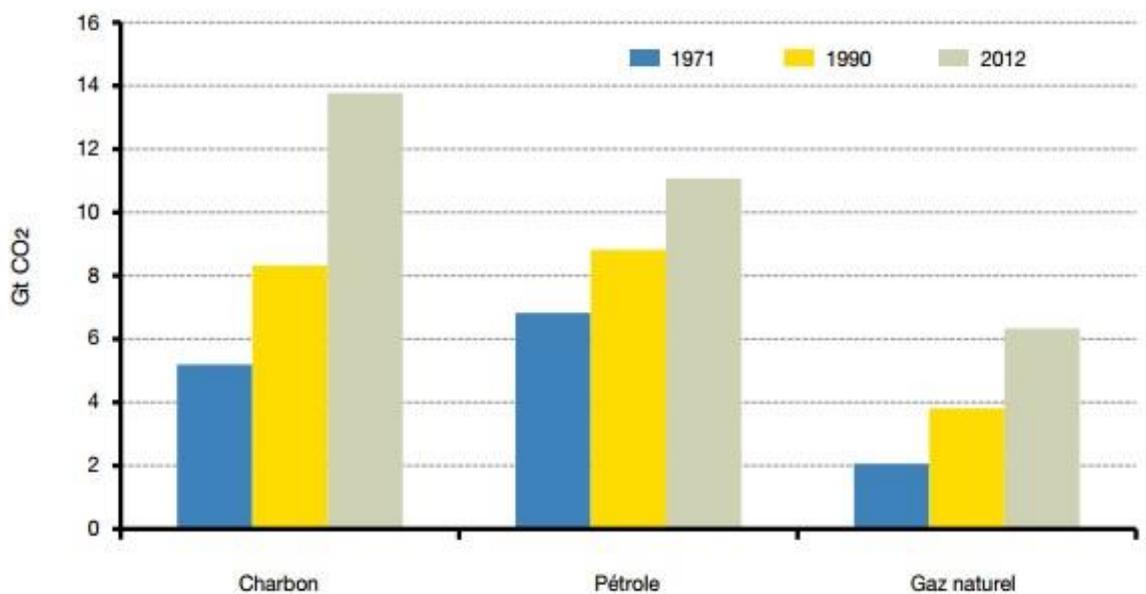
L'augmentation moyenne des températures prévue à l'horizon 2100 est de 1,8°C à 6°C confirmée par les scientifiques du Groupe intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). Au cours du XX^e siècle, la température moyenne de l'air a déjà augmenté d'au moins 0,6°C. (GEO, 2009)

Selon certains scientifiques, les impacts du réchauffement peuvent être catastrophiques. En tout cas, jusqu'ici, on a constaté certains changements. Le niveau de la mer a augmenté de 10 à 20 cm depuis un siècle, l'épaisseur de la glace de l'arctique a diminué jusqu'à 40% depuis une décennie, la couche des neiges a également diminué d'épaisseur, le phénomène El Nino s'observe de plus en plus souvent et les moments de reproduction et de migration des animaux ont changé. Il se pourrait en outre que le réchauffement entraîne une diminution des ressources d'eau potable, et une augmentation des incendies de forêts. Les chercheurs s'attendent également à des épidémies dans les pays en voie de développement, et à un accroissement de taux de mortalité chez les personnes fragiles. Il se pourrait également que la production agricole connaisse des baisses conséquentes, que les animaux changent d'attitude et de mœurs à cause du stress thermique. Les intempéries de plus en plus fortes pourraient également avoir raison des

constructions telles que les barrages ou même les bâtiments (Economiesolidaire, 2009).

IV-1-1-/Les causes du réchauffement climatique :

La cause du réchauffement climatique est due principalement à la combustion nocive des énergies fossile (charbon, pétrole et gaz naturel), qui libèrent d'énormes quantités du co2 dans l'atmosphère qui est toujours en hausse avec le temps (gaz à effet de serre) voir la figure 00, ce rejet du co2 viennent s'ajouter à celles naturellement présentes dans l'atmosphère, renforçant ainsi l'effet de serre et le réchauffement de la planète. Le CO2 est le gaz à effet de serre le plus produit par les activités humaines, il est responsable de 63 % (Commission européenne) du réchauffement de la planète causé par l'homme, Plus de CO2 relâché dans l'atmosphère plus le risque de réchauffement climatique augment. Donc, Nous sommes responsables des bouleversements de la planète.



Source : Agence internationale de l'énergie, mars 2014

Figure32 : Émissions de CO2 dues à l'énergie par combustible dans le monde.

Le secteur résidentiel / tertiaire, représente la croissance la plus inquiétante du rejet de CO₂ dans l'atmosphère par ce que ce sont les secteurs les plus consommateurs des énergies fossiles par rapport aux autres secteurs. Donc la diminution des émissions de CO₂ est fortement nécessaire pour permettre une stabilisation de la concentration de CO₂ et la température moyenne pour les années qui viennent. Tous les experts confirment aujourd'hui que la lutte contre le réchauffement climatique doit devenir une priorité pour tous. Pour relever ce défi, il est capital que nous réduisions massivement nos émissions de CO₂ par la réduction de la consommation d'énergies fossiles. Tout le monde est concerné : élus, acteurs économiques, citoyens, pour réduire nos émissions de gaz à effet de serre, mais aussi pour s'adapter aux changements déjà engagés. Tout cela pour préserver l'environnement et limiter les changements climatiques.

V-/ENERGIE ET BATIMENT :

Pour préserver notre environnement, le secteur du bâtiment doit jouer un rôle primordial, car il est responsable d'un large impact environnemental dont il est le plus grand consommateur d'énergie primaire (gaz, pétrole, charbon ext.....) parmi tous les secteurs économiques, il représente 45% des consommations d'énergie à lui seul, 25% des émissions de CO₂ et 19% des émissions de gaz à effet de serre (chauffage urbain et électricité compris). (HELAS-OTHENIN N. et al, 2007)

V-1-/La stratégie de la maîtrise de l'énergie en Algérie :

« La maîtrise de l'énergie n'est pas un médicament que l'on prend en période de crise, de maladie, mais une hygiène qui permet de rester en bonne santé ».

Citation de Pierre Radanne, ancien directeur de l'ADEME.

L'Algérie amorce une dynamique d'énergie verte en lançant un programme ambitieux de développement des énergies renouvelables (EnR) et d'efficacité énergétique. Cette vision du gouvernement algérien s'appuie sur une stratégie axée

sur la mise en valeur des ressources inépuisables comme le solaire et leur utilisation pour diversifier les sources d'énergie et préparer l'Algérie de demain. Grâce à la combinaison des initiatives et des intelligences, l'Algérie s'engage dans une nouvelle ère énergétique durable. (Ministère de l'énergie, 2016)

L'efficacité énergétique s'impose comme une réponse appropriée à la problématique de la consommation d'énergie qui est toujours en hausse. A cet effet, l'évaluation du potentiel d'économie d'énergie s'avère nécessaire pour cerner la marge de manœuvre possible en vue de dégager les actions et les mesures à mettre en œuvre sur le terrain afin d'agir sur la consommation d'énergie.

Le programme d'efficacité énergétique vise à réaliser des économies d'énergies à l'horizon 2030 de l'ordre de 63 millions de TEP (Ministère de l'énergie, 2016), pour l'ensemble des secteurs de consommation qui ont un impact significatif sur la demande d'énergie : il s'agit du bâtiment, du transport et de l'industrie. Le programme de l'efficacité énergétique permettra aussi de réduire les émissions de CO₂ de 193 millions de tonnes. Pour les stratégies on s'est intéressé de présenter les différentes stratégies du secteur du bâtiment car notre travail s'inscrit dans le bâtiment administratif, ce programme vise globalement la réduction de la consommation de 9% à travers la substitution inter énergétique et l'introduction des équipements et des technologies performantes. (Aprue2015)

V-1-1-//Les stratégies pour le secteur du bâtiment :

Le programme vise à encourager la mise en œuvre de pratiques et de technologies innovantes, autour de l'isolation thermique des constructions existantes et nouvelles. Des mesures adéquates seront prévues au niveau de la phase de conception architecturale des bâtiments. Il s'agit également de favoriser la pénétration massive des équipements et appareils performants sur le marché local, notamment les chauffe-eau solaires et les lampes économiques: l'objectif étant d'améliorer le confort intérieur des bâtiments en utilisant moins d'énergie. La mise

en place d'une industrie locale des isolants thermiques et des équipements et appareils performants (chauffe-eau solaires ; lampes économiques) constitue l'un des atouts pour le développement de l'efficacité énergétique dans ce secteur. Globalement, c'est plus de 30 millions de TEP qui seront économisées, d'ici 2030 répartie comme suit (Ministère de l'énergie, 2016) :

- Isolation thermique : l'objectif est d'atteindre un gain cumulé évalué à plus de 7 millions de TEP tonnes équivalent pétrole.
- Chauffe-eau solaire : l'objectif est de réaliser une économie d'énergie à plus de 2 millions de TEP.
- Lampe basse consommation (LBC) : Les gains en énergie escomptés, à l'horizon 2030 sont estimés à près de 20 millions de TEP.
- Eclairage public : l'objectif est de réaliser une économie d'énergie de près de un (01) million de TEP, à l'horizon 2030 et d'alléger la facture énergétique des collectivités

Tep : Tonne équivalent pétrole

VI-/ L'IMPACT DU BATIMENT A MUR RIDEAU SUR LA CONSOMMATION D'ENERGIE :

Les bâtiments avec de grandes surfaces vitrées (mur rideau) participe à la réduction d'énergie de chauffage en hiver ; par conséquent en été elles peuvent facilement souffrir des problèmes de surchauffe ou de grandes charges de refroidissement de pointe, donc le mur rideau a un impact sur le taux de consommation d'énergie totale du bâtiment qui est responsable d'un large impact environnemental.

L'impact du bâtiment a mur rideau sur un taux important de la consommation d'énergie sera effectuer si ces bâtiments se caractérisent par :

- Une mauvaise isolation des façades vitrées (mur rideau), comme l'utilisation du double vitrage avec un faible isolant (l'air).
- Absence des protections contre le rayonnement solaire direct pour les façades vitrées (mur rideau) ou l'utilisation des vitrages à basse émissivité comme protection, par ce que ces derniers ne participent pas à la protection contre les apports solaires, ils sont à l'origine des grandes surchauffes en été qui nous mène vers une consommation de climatisation accrue d'après (Tobias Rosencrantz , 2004) ,donc ils sont déconseillé pour les façades orientées au sud dans les régions les plus chaudes.
- une mauvaise orientation des façades selon leurs surfaces vitrées.
- Absence des ouvertures dans les façades vitrées (mur rideau) pour un rafraîchissement avec ventilation nocturne en été.
- L'utilisation de tous matériels électriques à grande consommation énergétique.

- Incompatibilité entre la puissance du climatiseur et la surface du local ce qui engendre une grande consommation d'énergie (climatisation sans arrêt)

VI-1-/Les stratégies pour diminuer la consommation d'énergie dans les bâtiments a mur rideaux :

Pour éviter la grande consommation d'énergie globale dans les bâtiments a mur rideaux on s'est intéressé de réduire la consommation d'énergie de refroidissement causée par le phénomène de la surchauffe dans le bâtiment a mur rideau, une analyse soutient une consommation responsable des ressources : **moins de climatisation = moins de consommation d'énergie globale**, donc moins de rejets de CO2 dans l'atmosphère.

Cette analyse a pour but de diminuer très sensiblement les besoins de climatisation sans perturber le confort d'hiver et pour un surcoût très raisonnable, une démarche consiste à conjuguer favorablement un certain nombre de mesures d'efficacité énergétiques entre eux, pour cela on va citer quelques stratégies adaptées dans le projet pilote de MED-ENEC pour l'efficacité énergétique des bâtiment ainsi que CHARBONNIER. Sylvie et al, présenter dans leurs guide de la thermique dans l'habitat neuf, on essayant de les appliqué pour ces bâtiments avant et après leurs conception (bâtiment déjà construits) :

VI-1-1/Les stratégies pour les bâtiments avant la phase de conception :

Pour les bâtiments avant la phase de conception on trouve plus de faciliter de les modeler de tel manière à obtenir un bâtiment avec une grande efficacité énergétique = un bâtiment qui consomme moins d'énergie. Afin d'assurer cette dernière on va présenter les différentes stratégies pour une meilleur efficacité énergétique :

- Une bonne implantation du bâtiment dans le site.
- Une bonne orientation du bâtiment surtout pour les façades avec une grande surface vitré (mur rideau)
- L'Utilisation des matériaux à haute performance énergétique (qui assurent l'isolation et l'inertie thermique).
- Assurer une Isolation horizontale et verticale et Le Traitement des ponts thermiques.
- Constitution des baies vitrées : Isolation avec le Double ou le triple vitrage associer avec une protection solaire efficace et gérable (pour but de bénéficier des apports solaire en hiver et les minimisées au maximum en été).
- Assurer L'ouverture du vitrage de mur rideau pour Rafraîchissement avec ventilation nocturne en été.
- L'optimisation de l'éclairage naturel et utilisation d'appareils électriques à basse consommation.
- régulation du système de climatisation.

VI-1-2/Les stratégies pour les bâtiments après la phase de conception :

Pour les bâtiments déjà construits il est très difficile de les modeler pour les rendre moins consommateurs en énergie ; plusieurs obstacles nous empêchent d'assurer une

bonne efficacité énergétique du bâtiment tel que l'orientation du bâtiment qui est déjà faite, son implantation et ses matériaux de construction ,en effet malgré cet écart des éléments essentiels d'efficacité énergétique on va essayer de présenter les différentes stratégies (éléments) pour une meilleure efficacité énergétique qu'on peut ajouter après la phase de conception pour assurer une réduction de la consommation d'énergie:

- Renforcer l'isolation verticale en ajoutant des éléments associés au vitrage tel que les stores.
- Apporter une bonne protection (protection solaire) au vitrage afin d'éviter la surchauffe.
- Essayer de placer un système d'éclairage réglable selon le besoin pour économiser le surplus.
- Utilisation d'appareils électriques à basse consommation.
- Régulation du système de climatisation.

Et enfin, on peut dire qu'un bon équilibre entre ses éléments peut réduire de manière significative ces charges de refroidissement, d'améliorer le confort thermique et également de réduire les problèmes de pollution environnementale (rejets de CO₂ dans l'atmosphère) bien sur sans perturber le confort d'hiver.

Conclusion :

A travers ce chapitre, nous constatons que l'augmentation de la consommation d'énergie dans les différents secteurs est une implication de tous : Etat, collectivités locales, entreprises (concepteur) , associations, citoyens ,donc nous avons la solution entre nos mains, afin de limiter les dégâts engendrer par la consommation accru d'énergie. Cette dernière est responsable des émissions de gaz à effet de serre qui provoque des changements climatiques, ainsi que dans la détérioration de l'économie du pays.

L'énergie est le moteur de développement des Pays et le pilier de leurs économies surtout que l'Algérie est dépendante uniquement des énergies fossiles donc il faut préserver cette énergie pour assurer un équilibre dans l'économie du Pays.

De plus, à L'échelle du bâtiment qui lui aussi a un grand impact sur la consommation d'énergie en Algérie, car il est responsable de plus de 40% des consommations d'énergie au niveau national à lui seul en 2015, donc il représente l'un des plus grands potentiels d'efficacité énergétique et de réduction des émissions de gaz à effet de serre dont il est responsable près de 25% des émissions de CO2 et 19% des émissions de gaz à effet de serre.

En Algérie Avec l'augmentation de la consommations d'énergie dans le secteur du bâtiment , autant qu'architecte il est primordiale d'agir sur le bâtiment on essayons de manipuler ses paramètres pour réduire la facture énergétique et assurer un confort thermique, en revanche la consommation accru d'énergie causé par les bâtiments engendre des impacts environnementaux en créant des changements climatiques à cause du gaz à effet de serre injecté dans l'atmosphère a la combustion des énergies fossiles pour produire de l'énergie, dont l'Algérie est basé sur cette énergie qui émette un grand pourcentage de co2 dans l'atmosphère. Pour cela on peut dire qu'on agissant sur le bâtiment afin d'améliorer son efficacité énergétique cela

nous mène à une stabilité de l'économie du pays en préservant ses ressources énergétiques, et participants dans la protection de notre environnement.

CHAPITRE III :

BATIMENT A MUR RIDEAU

Introduction :

Dans L’histoire de la construction contemporaine, Parmi les lieux constructifs qui qualifient l’architecture contemporaine, le mur rideau est le plus emblématique, membrane légère qui sépare l’intérieur de l’extérieur, à la fois visage du bâtiment, toile de fond urbaine, se réclamant d’une spatialité, d’un confort et de relations avec l’extérieur novateurs. Il est le symbole de la ville de l’après-guerre, en pleine croissance, qui loge ses activités économiques vives dans des bâtiments multifonctionnels, plus étincelants de nuit que de jour. Il met en œuvre les techniques de pointe et les matériaux les plus avancés – alliages légers extrudés, tôles d’acier recuit embouties, verres isolants, teintés ou trempés, caoutchoucs et colles synthétiques – et il est considéré par les architectes qui l’emploient comme un vecteur de qualité, de précision, et de technicité (Franz Graf.2014).

Aujourd’hui, en Algérie la nouvelle tendance architecturale de la construction avec des grandes surfaces vitrées a touché presque la majorité des bâtiments du secteur tertiaire spécifiquement les bâtiments administratifs.

Cette nouvelle tendance de construction peut apporter des avantages tel que la transparence et l’esthétique du bâtiment comme elle peut être une barrière face au progrès de l’économie du Pays qui est basée sur les énergies dont ces bâtiments favorisent une grande consommation d’énergie sur tout dans la période d’été grâce à l’importante surface vitrée qui la favorise. Ceci est due d’une part à l’absence d’une réglementation spécifique qui oblige une construction spéciale de ces bâtiments a grande façade vitrée dans des climats chaud, et d’autre part au manque de savoir-faire et une méconnaissance du sujet par les maîtres d’ouvrage.

Dans ce chapitre on va essayer de présenter les différentes notions lié au concept du « bâtiment à mur rideau ».

I-/LE CONCEPT « BATIMENT » :

I-1-/Origine et définition :

Le « terme » Bâtiment Formé à partir du verbe bâtir désigne l'ensemble des ingénieries et techniques ainsi que tous les corps de métiers nécessaires à la construction la réhabilitation, ou la rénovation d'un ouvrage bâti destiné à l'habitation ou aux activités tertiaires et industrielles. (linternaute, 2016)

Un bâtiment est une construction destinée à servir d'abri ou d'habitat et à protéger des biens et des personnes des conditions météorologiques extérieures. A cet effet, le Génie Climatique dans le bâtiment regroupe l'ensemble des techniques destinées à assurer un traitement de l'air intérieur procurant une ambiance stable et confortable en rapport à la destination d'usage du bâtiment.

La construction dans le bâtiment est organisée autour de la maîtrise d'ouvrage (le client), de la maîtrise d'œuvre (l'architecte, les bureaux d'études, les installateurs entreprises, les sociétés de maintenance, etc, ...) (climatmaison, 2016).

II-/LE CONCEPT « mur-rideau » : aperçu générale sur le mur rideau

II-1-/Origine et définition :

Le dictionnaire général des bâtiments définit le Mur-rideau comme étant une paroi extérieure de façade, composée de panneaux préfabriqués légers rapportés et suspendus à l'ossature d'une construction. (Dicobat, 2004)

Le mur-rideau a modifié l'architecture des constructions à ossature : au remplissage traditionnel des vides laissés par l'ossature, s'est substitué un revêtement léger, fabriqué industriellement, posé sur le devant de l'ossature qui assure la fermeture de l'enveloppe d'un bâtiment sans participer à sa stabilité. (Énergie+,2016).

La notion de mur-rideau telle qu'elle est employée actuellement signifie exclusivement : mur extérieur non porteur (la plupart du temps fixé comme une plaque à des poutres qu'il cache), dont la seule fonction est de protéger un espace du milieu extérieur. Ces murs rideaux, souvent faits actuellement en verre (ils restent rideaux cependant, car le verre est teinté) et composés d'éléments modulaires répétés, sont devenus comme un tic de la modernité selon Encyclopædia Universalis (Yve-Alain BOIS, 2016).

Selon Marc Saugey dans son rapport de recherche sur Les murs-rideaux des immeubles multifonctionnels publié dans le livre de **(Franz Graf, 2014)** définit le mur rideau en étant le plus emblématique, membrane légère qui sépare l'intérieur de l'extérieur, à la fois visage du bâtiment, toile de fond urbaine, se réclamant d'une spatialité, d'un confort et de relations avec l'extérieur novateurs

Selon ces plusieurs définitions qui ont été présentées par divers praticiens et chercheurs (urbaniste, historien, architecte...), on peut synthétiser une définition du mur rideau comme étant une façade légère qui participe à la fermeture du bâtiment mais ne participe pas à sa stabilité.

II-2-/Historique du mur rideau:

Un bref historique sur le mur rideau qui a caractérisé l'architecture contemporaine, dont on remarque la disparition du mur et l'apparition des grandes baies voire murs rideaux entièrement vitrés, Le mur-rideau contemporain est annoncé au moins par les bâtiments à poutres d'acier de Le Baron Jenney, et par ceux de Perret en béton armé ; il est le produit du développement de l'industrie métallurgique, mais aussi de la production du verre et notamment de la croissance progressive de la solidité et de la grandeur de la surface des plaques de verre. Son but, essentiellement économique (finesse, pour une plus grande surface au sol, légèreté, pour une plus grande disponibilité de la construction en hauteur), allait être théorisé par Gropius (qui construit les usines Fagus à Alfeld-an-der-Leine en 1911 et le Bauhaus de Dessau en 1925-1926), par Le Corbusier (pavillon suisse de la Cité universitaire,

Paris, 1930-1932) et par Jean Prouvé (maison du peuple de Clichy, 1937-1939) ; on sait quelle fortune le mur-rideau a connue aux États-Unis après la Seconde Guerre mondiale, à la suite des constructions de Mies Van der Rohe. (Yve-Alain BOIS, 2016).

II-3-/Les caractéristiques du mur rideau :

Le mur rideau (la façade rideau) se constitue d'une ossature secondaire montante et traverse (métal, bois, raidisseur verrier) fixée sur l'ossature du bâtiment. L'ossature du mur rideau est le plus souvent en aluminium, avec des remplissages vitrés ou opaques montés sur celle-ci.

Le mur rideau se caractérise (Energie+, 2016) comme suit:

- Le mur rideau est fixé sur la face externe de l'ossature porteuse du bâtiment (ou squelette).
- Son poids propre et la pression du vent sont transmis à l'ossature par l'intermédiaire d'attaches.
- Il est formé d'éléments raccordés entre eux par des joints. On réalisant ainsi une surface murale continue, aussi grande qu'on le désire.
- un poids inférieur à 100 kg/m³ selon le type de remplissage (verre, bois, acieretc.) lui procurant une excellente inertie (contre 200 kg/m³ pour une façade réalisée en béton ou en maçonnerie...), (fenetrealu, 2016)
- une ossature composée de montants et traverses, dite secondaire, servant de support à des éléments de remplissage vitrés ou opaques, droits ou courbés. La livraison sur chantier de ces produits manufacturés permet une rapidité de la pose.
- un système d'attaches permettant à cette ossature secondaire de reprendre la structure primaire d'un bâtiment en métal, béton ou bois, afin d'assurer sa stabilité vis-à-vis de celui-ci.

Le mur rideau diffère du panneau de façade qui est utilisé pour remplir les vides laissés par l'ossature. Dans ce système, les panneaux sont appuyés, étage par étage sur le squelette. La façade laisse apparaître toute l'ossature, les nez de plancher ou les poteaux.

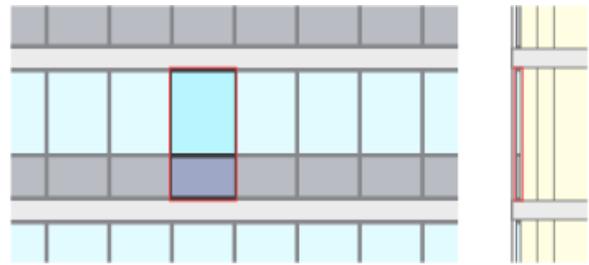


Figure 33 : Model du panneau de façade.
(Source : énergie+).

Dans le mur-rideau au contraire, l'ossature est cachée derrière la paroi, elle n'intervient pas pour composer la façade.

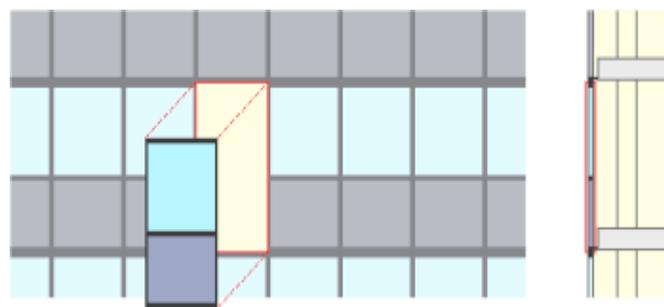


Figure 34 : Model du mur rideau. (Source : énergie+).

Bien qu'elle ne porte pas l'édifice, cette façade légère doit remplir toutes les autres fonctions d'un mur extérieur, soit :

- isoler thermiquement,
- assurer ou interdire la barrière de vapeur,
- isoler phoniquement,
- résister au feu,
- résister aux conditions extérieures, dont le climat, les agents chimiques, les vibrations, les chocs,...

III-/TYPOLOGIE DES MURS RIDEAUX :

Les différents types des murs rideaux selon R.schaal, 1966 et (Energie+, 2016), se distinguent par rapport à leurs technologies et leurs techniques de fixation au vitrage (l'assemblage des remplissages vitrés sur leurs ossatures). On trouve trois types de mur rideau selon leurs technologies (Technologie du mur-rideau monté sur grille, monté en panneau et la technologie du mur-rideau en verre structural) et trois d'autres types intégrés dans le troisième type selon leurs techniques de fixation au vitrage (La technique VEA Le verre extérieur attaché, VEC Verre extérieur collé, VEP verre extérieur parclofes).

III-1-/Technologie du mur-rideau monté sur grille :

Une grille est fixée au squelette du bâtiment, elle est formée soit de raidisseurs verticaux et de traverses horizontales assemblés sur chantier, soit de cadres complets préfabriqués en usine et juxtaposés sur chantier. Ce treillis est peut-être dissimulé dans le mur une fois achevé, ou gardé apparent pour articuler la façade et donner à ce type de construction son allure caractéristique.

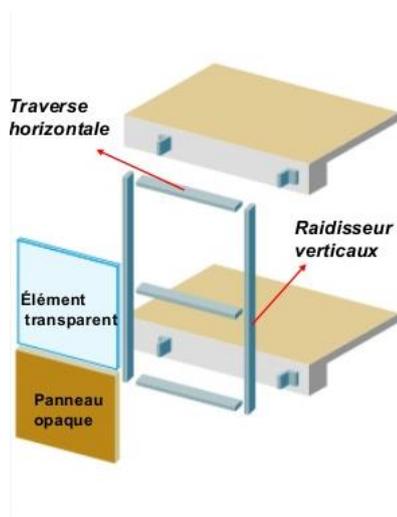


Figure 35: Cadre préfabriquée en usine (source : énergie+ modifié par l'auteur).

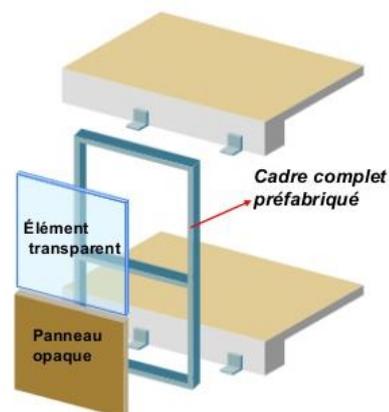


Figure 36 : Grill avec raidisseurs (source : énergie+ modifié par l'auteur).

Le quadrillage est ensuite obturé par des panneaux pleins et opaques (isolant, tôle, pierre, ...) ou par des éléments transparents en glace.

III-2-/Technologie du mur-rideau monté en panneau :

Il est réalisé à l'aide des panneaux de grandes dimensions, hauts d'un étage ou d'un demi-étage et fixés à l'ossature du bâtiment ou à une ossature secondaire. Ils sont entièrement préfabriqués en usine, juxtaposés sur chantier et fixés généralement par une ou deux attaches par panneau.



Figure 17 : réalisation des panneaux à grande dimension.
(source :archiexpo.com).

Les seuls éléments de construction sont ici les panneaux, qui assurent simultanément la fermeture, la transmission de leur propre poids et de la pression du vent à l'ossature ; ils sont autoportants.

Les panneaux sont essentiellement caractérisés par le fait que leur surface extérieure est fermée et dépourvue de joints. Lorsque la façade est équipée de fenêtres, elles sont ménagées dans la surface des panneaux; les châssis des fenêtres

sont solidaires des panneaux. Les panneaux sont assemblés directement entre eux sans pièce intermédiaire.

Sur le plan architectural, les murs à panneaux sont essentiellement marqués par des surfaces dégageant une impression d'unité, sans autre articulation que celle des joints entre panneaux. Ce système est plus rapide que le précédent et donne plus de facilités au point de vue de la réalisation des étanchéités.

- L'assemblage par emboîtement est réalisé par le profil de cadre qui est mâle et femelle ou encore par un profil auxiliaire en H, dans lequel viennent s'insérer les profils mâles de deux cadres adjacents. Ce mode d'assemblage ne permet que difficilement le montage d'un élément sans déplacer les cadres adjacents.



Figure 38 : L'assemblage par emboîtement est réalisé par le profil de cadre H (Source : trimo-group.com).

- L'assemblage par juxtaposition de cadre permet un démontage ultérieur simple, mais demande l'emploi d'un profil couvre-joint aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur.



Figure 39 : L'assemblage par juxtaposition de cadre. (Source : trimo-group.com).

III-3-/Technologie du mur-rideau en verre structurel :

Dans ce cas, la paroi est entièrement constituée par des lames de verre. La liaison entre les panneaux vitrés est assurée par un simple joint silicone. Les déplacements relatifs des panneaux les uns par rapport aux autres doivent être infimes, sous peine d'ouvrir les joints ou de créer des contraintes tendant à briser l'élément vitré. C'est pourquoi les pièces en suspension et les assemblages sont conçus pour absorber tous les mouvements et les efforts entre le mur vitré et la structure porteuse.

Pour la technologie du mur rideau en verre structurel On distingue diverses techniques de fixation au vitrage :

III-3-1-/La technique VEA :

Le verre extérieur attaché (VEA) est perforé et fixé directement sur une structure porteuse par l'intermédiaire d'attaches mécaniques métalliques ponctuelles, platine de serrage, boulons traversant ou non le verre, lesquels seront, ensuite, repris soit par des rotules, soit articulées, soit rigides. Ce dispositif doit permettre la reprise des efforts dus :

- au vent et/ou à la neige,
- au poids propre,
- aux mouvements différentiels

entre verre et structure



Figure 40 : Verre attache par des boulons traversant. (Source : pinterest.com).



Figure 41 : Paroi en verre supporte par une structure en câble inoxydable. (Source : glasscon.com).

En fonction du choix architectural, la paroi peut être supportée par différents types de structure : charpentes métalliques, structures en câbles inoxydables, poutres en verre, structures intégrant des contreventements...

III-3-2-/La technique VEC :

La technique VEC (Verre Extérieur collé) permet, par l'effacement de la structure métallique derrière les produits verriers, d'obtenir un aspect de façade uni, mettant en valeur les vitrages. Les composants verriers sont collés à l'aide de mastics qui agissent avant tout comme élément de transfert des contraintes de ces composants vers leur support.

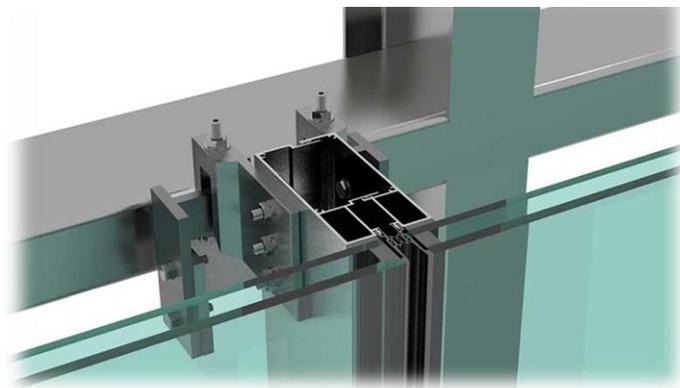


Figure 42 : Technique du verre extérieur colle. (Source : reynaers.fr).

1. Joint de structure.
2. Vitrage.
3. Joint d'étanchéité.
4. Structure de collage.
5. Espaceur.
6. Fond de joint.
7. Plans d'adhérence.

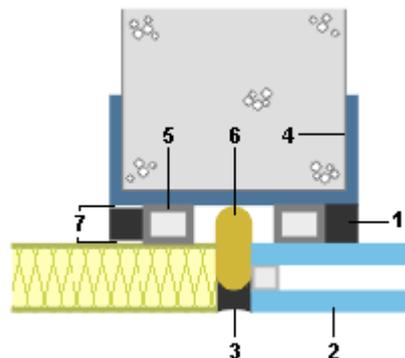


Figure 43 : Coupe représentée de la technique VEC. (Source : énergie+).

Ce sont les mastics qui doivent transférer les contraintes extérieures vers le support. Les mastics jouant le rôle de joint de structure doivent reprendre les efforts engendrés par le vent, éventuellement le poids propre et les dilatations différentielles entre verre et cadre support. En aucun cas, ils ne doivent reprendre les déformations prévisibles du bâtiment. Celles-ci doivent être reprises au niveau de la liaison "cadre/structure" porteuse du VEC.

Le VEC est un système de collage et non un système mécanique pur. La maîtrise des problèmes de vieillissement, de compatibilité, de propreté de surface, de définition de barrière d'étanchéité, est donc fondamentale.

Deux systèmes VEC peuvent être utilisés :

- le système "deux côtés" pour lequel les volumes verriers sont pris en feuillure classique sur deux côtés, les autres côtés étant collés sur une structure de maintien,

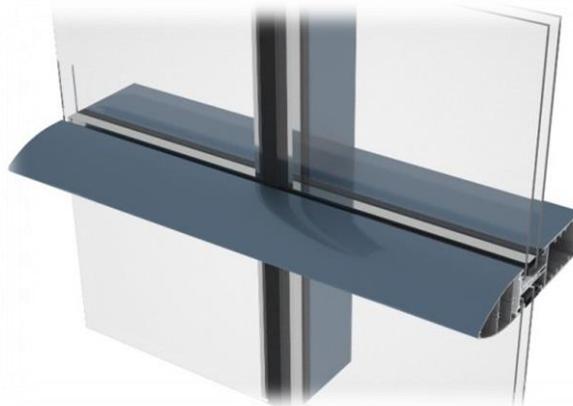


Figure 44: Système VEC pour deux coté avec une structure de maintien.
(Source : sepalumic.com).

- le système "quatre côtés" ou système intégral, pour lequel les volumes verriers sont collés sur quatre côtés sur des châssis non apparents (cadre à coupure thermique), ce qui se traduit par un aspect extérieur uniforme et sans aspérité.



Figure 45 : Système VEC colles sur les quatre coté sur des châssis (source : reynaers.fr).

III-3-3-/La technique VEP :

Le remplissage n'est pas collé sur le cadre, mais maintenu par une parclose **1** visible autour du verre ou du panneau vitré autour du verre ou du panneau vitré.

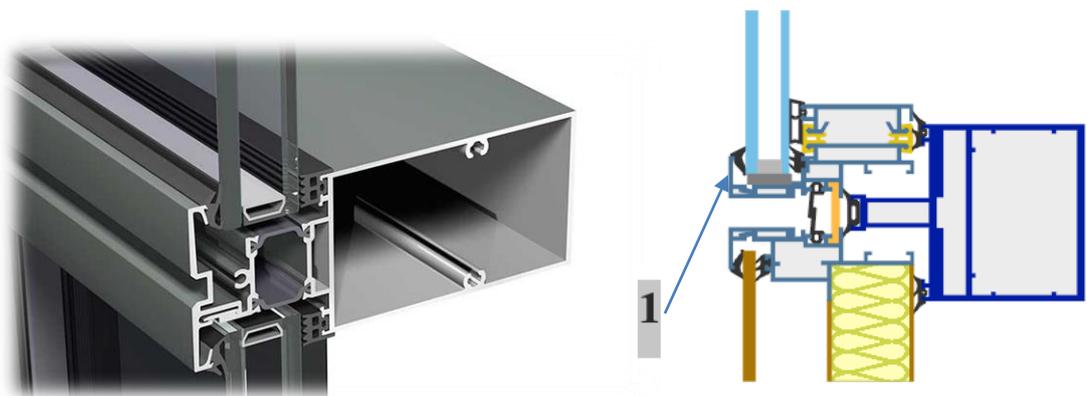


Figure 46 : System du verre maintenu par une parclose.
(Source : archiexpo.com).

On peut ajouter un autre type de mur rideau qui se caractérise par une double peau c'est-à-dire il peut être dédoublé par une deuxième façade vitrée. La distance entre les deux parois est généralement inférieure de 1 000 mm et supérieure de 200mm.

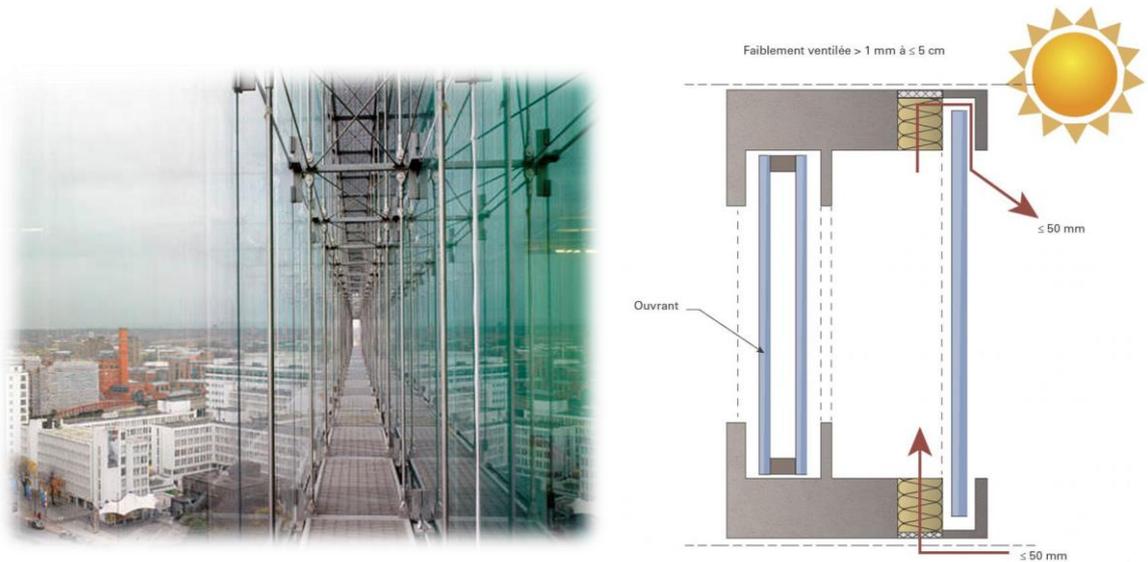


Figure 47 : Le mur rideau dédoublé par une deuxième façade vitrée (double peaux).
(Source : archiexpo.com).

Ces systèmes peuvent être conçus avec ou sans recouvrements horizontaux ou verticaux de la lame d'air. Les recouvrements empêchent les flux d'air sur plusieurs niveaux, appelés de court-circuit, qui font que l'air se mélange avec l'air frais.

IV-/LES ELEMENTS DE REMPLISSAGE DU MUR RIDEAU :

Les éléments de remplissage sont des matériaux qui adhèrent à l'ossature de la façade légère pour remplir les vides et former la façade. Ils peuvent être fixes ou mobiles, isolants ou non, opaques, transparents ou translucides. Ils doivent en tous cas assurer leur propre stabilité.

Les parois du mur rideau sont rarement employées seules, constituent généralement les faces rigides des complexes isolants ou servent de parement à ces complexes, dont elles sont alors séparées par une lame d'air.

Ces parois de mur rideau sont constituées de plusieurs éléments de remplissage dont on trouve :

- Les éléments verriers (verre opaque, verre émaillé, le verre façonné ...etc.)
- Les tôles d'acier (acier inoxydable, galvanisée ou électro zinguée, acier pré peinte...etc.)
- Les tôles d'aluminium planes ou à dessins sont utilisées sous différents états.
- Le bois déroulé ou tranché.
- Le bois massif.
- Les plaques en asbeste-ciment.
- Les feuilles de matières plastiques les plus diverses collées sur le parement.
- Les peintures appliquées à froid.
- Les parties transparentes et translucides en matières plastiques (Les plaques de chlorure de polyvinyle, polymétacrylate de méthyle ...etc.)

V-/BATIMENT A MUR RIDEAU :

A partir de la définition des deux concepts précédentes le bâtiment a mur rideau comme son nom l'indique est un bâtiment qui se caractérise par un mur rideau opaque ou transparent qui participe à la fermeture de l'enveloppe du bâtiment et a son architecture, il occupe la place des murs extérieurs mais il ne participe pas à la stabilité du bâtiment apportés par ces derniers.

Le bâtiment à mur rideau transparent (vitrée) se caractérise par le mode moderne de construction basé sur le verre qui couvre une ou plusieurs façades du bâtiment et forme son visage qui sépare l'intérieur de l'extérieur. La façade vitrée (façade rideau) donne de la modernité à l'ensemble de la structure et apporte beaucoup de lumière naturelle dans les espaces. Ce type de façade rideau est totalement intégré dans la conception ou dans la rénovation du bâtiment.

V-1-/Les bâtiments à mur rideau en Algérie :

En Algérie la construction du bâtiment avec mur rideau s'est prolongée pour deux types d'usage différents selon la fonction ou l'activité qui en déroule. On trouve :

V-1-1-/Les Bâtiments à usage résidentiel :

La construction des bâtiments avec mur rideau a été utilisée surtout pour les grands bâtiments publics ou les immeubles de bureaux, mais elle a fini par se développer de plus en plus chez les maisons de particuliers à usage résidentielle et surtout les maisons individuelles. Certains particuliers ont opté pour cette architecture moderne qui est plus ouverte vers l'extérieur et qui comporte un nouveau style de la façade qui se caractérise principalement par le verre (mur rideau).

V-1-2-/Les Bâtiments à usage public :

Pour les bâtiments publique qui représentent les activités du secteur tertiaire (administration, commerce, Santer, enseignement, infrastructure collectivité destiner au loisir, sport aux transportes) ; la nouvelle tendance de construction en verre a touché presque tous les infrastructures qui abritent ces activités su énoncer.

V-2-/La classification des bâtiments à mur rideau a Bechar :

Puisque la ville de Bechar est notre cas d'étude ; dans cette partie on va cibler et ressortir les grandes classes des bâtiments a murs rideaux sachant que le verre est l'élément de remplissage de son ossature, on trouve généralement deux types de bâtiment a mur rideau qu'on a classé selon le nombre de leur façades rideaux (façades vitrées) :

V-2-1-/Les bâtiments à une seule façade en mur rideau :

Ce sont des bâtiments qui se caractérisent par une seule façade rideau (façade vitrée). Généralement ces bâtiments sont rénovés, donc l'installation du mur rideau a pour but d'apporter un esthétique au bâtiment ainsi qu'à l'image de la ville. Cette constatation est faite car la façade vitrée (mur rideau) est toujours placée dans la façade principale quel que soit son orientation. Cela influe sur le confort du bâtiment et sur sa consommation d'énergie , et parfois même on trouve des bâtiments avec des murs extérieurs couvert d'un vitrage donc cela confirme notre opinion qui estime que la façade vitrée est destinée pour apporter de l'esthétique au bâtiment rien de plus .

V-2-2-Les bâtiments avec plusieurs façades en mur rideau :

Ce sont des bâtiments qui se caractérisent par deux ou plusieurs façades vitrées, généralement ils sont dotés d'un mur rideau dès leur phase de conception c'est à dire un bâtiment neuf. En revanche ces bâtiments qui comportent plusieurs façades sont les plus sujettes de recevoir des radiations solaires internes par rapport aux bâtiments d'une seule façade vitrée en plus de l'absence des protections pour leurs façades.

En été cela les rend plus susceptibles au surchauffe ce qui entraîne une grande consommation d'énergies pour la climatisation et donc on peut les considérer comme des bâtiments énergivores.

VI-LE MUR RIDEAU EN VERRE (FAÇADE VITREE) :

Dans notre cas d'étude le mur rideau est une façade vitrée puisque le verre est le principal élément de remplissage pour l'ossature de la façade qui couvre le bâtiment.

Cette façade vitrée peut être constituée principalement d'une ou plusieurs parois en verre. Dans cette étape on va expliquer les différents types de vitrage de cette façade rideau, leurs caractéristiques ainsi que leur impact sur la consommation d'énergie. (Présenté par Institut Wallon en 2003) :

VI-1-/Les Principaux types de vitrages :

Parmi les différents types de vitrage destiné pour les façades rideau on présente les principaux types :

VI-1-1-/Le Simple vitrage :

Il est constitué d'un verre clair ou coloré obtenu par coulage sur bain d'étain en fusion. Il est le produit de base pour former les doubles vitrages, les vitrages thermiques, feuilletés, armés, durcis, trempés, etc.

VI-1-2-/Double vitrage

Le double vitrage consiste à enfermer entre deux verres une lame d'air déshydraté ou un gaz améliorant l'isolation thermique (souvent de l'argon). Les deux verres sont séparés par un intercalaire en aluminium ou en acier. L'étanchéité périphérique est assurée par des joints organiques. Des agents déshydratants sont contenus dans l'intercalaire.

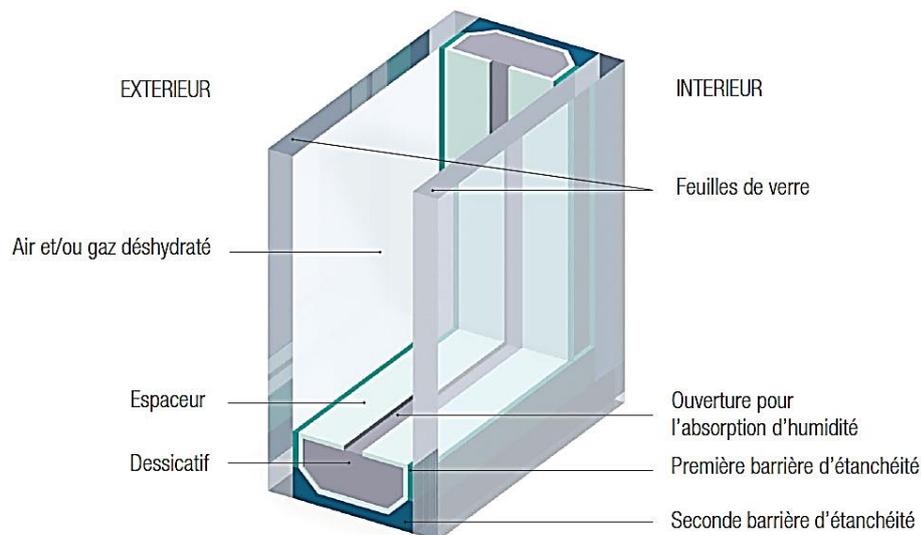


Figure 48 : présentation du double vitrage. (Source www.cstc.be)

VI-1-3-/Triple vitrage :

Il est possible d'améliorer la valeur U du vitrage en ajoutant une troisième, voire une quatrième plaque de verre. On obtient alors un meilleur pouvoir isolant, mais

également une augmentation de l'épaisseur totale et du poids du vitrage. En outre les transmissions solaires et lumineuses diminuent.

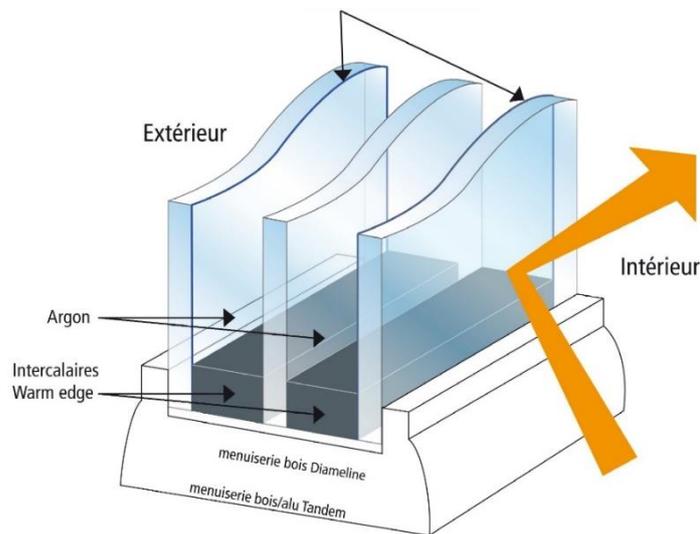


Figure 49 : Présentation du triple vitrage. (Source : www.testoon.com).

VI-1-4-/Le vitrage réfléchissant (pour le contrôle solaire) :

Ce type de vitrage est obtenu en déposant par pyrolyse une couche à base de silice sur un verre clair ou sur un verre teinté. La couche qui s'intègre parfaitement au verre lui apporte ses propriétés de contrôle solaire et son aspect très réfléchissant. Pour garantir une meilleure longévité à la façade et bénéficier de toutes les qualités du produit, la face traitée doit être positionnée vers l'intérieur. Les performances thermiques varient selon les différentes teintes.

VI-1-5-/Le verre armé :

C'est un verre dans lequel on a incorporé, lors de la phase de fabrication, un treillis métallique destiné à maintenir les morceaux de verre en place en cas de bris mais ne participant pas à la résistance mécanique ou thermique.

Les performances de ce type de vitrage sont les mêmes que celles d'un simple vitrage.

VI-1-6-/Le verre trempé :

Il s'agit d'un verre ayant subi un traitement thermique de renforcement augmentant considérablement sa résistance aux contraintes mécaniques et d'origine thermique (différence de températures pouvant aller jusqu'à 200 °C).

En cas de bris, le verre se fragmente en petits morceaux non coupants minimisant ainsi les risques de blessures profondes.

Les propriétés de contrôle solaire restent les mêmes que ceux du produit de base.

VI-1-7-/Le verre durci :

C'est un verre ayant subi un traitement thermique particulier augmentant sensiblement sa résistance aux contraintes d'origine mécanique ou thermique. Ce verre est appelé durci ou parfois semi-trempé.

Ce traitement ne peut être réalisé que sur des verres d'épaisseur inférieure ou égale à 10 mm. En cas de bris, ces vitrages se fragmentent en morceaux de grandes dimensions. Ce type de vitrage présente des caractéristiques de résistance supérieures à celles d'un vitrage recuit mais inférieures à celle des vitrages trempés

VI-1-8-/Le verre feuilleté :

Il est composé de deux ou plusieurs feuilles de verre assemblées à l'aide d'un ou plusieurs films plastiques ou de résines. Après la mise en place des composants,

l'adhérence parfaite est obtenue par traitement thermique sous pression. Après la trempe, le verre feuilleté ne peut plus être coupé, scié, percé ou façonné. En cas de bris du vitrage, le ou les films retiennent les fragments de verre en place.

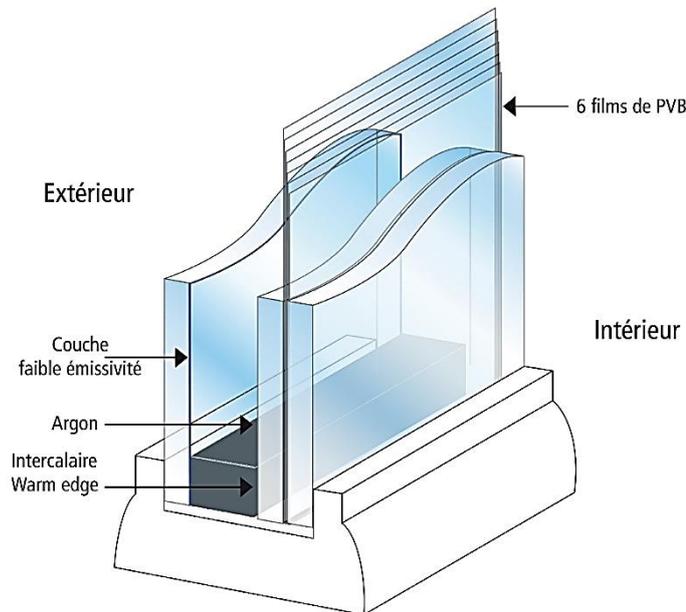


Figure 50 : Présentation du vitrage compose de verre feuilleté. (Source : www.testoon.com).

En faisant varier le nombre ou l'épaisseur de chacun des constituants, on obtient des vitrages feuilletés de caractéristiques différentes pour répondre à tous les types de sollicitations.

Les films peuvent être clairs, opalins ou, pour certaines applications, colorés.

VI-1-9-/Le vitrage à basse émissivité (ou à haut rendement) :

Afin d'empêcher le vitrage de réémettre, par rayonnement, trop d'énergie vers l'extérieur, le double vitrage dit "à basse émissivité" a les mêmes caractéristiques que le double vitrage, si ce n'est qu'une couche peu émissive de métaux nobles a été

déposée, par pulvérisation cathodique, sur la face intérieure de la feuille de verre extérieure (ou sur la face extérieure de la feuille de verre intérieure). La couche peu émissive doit être obligatoirement placée à l'intérieur du double vitrage.

Ce dispositif lui confère une résistance thermique renforcée, tout en laissant pénétrer un maximum d'apports solaires.

Au lieu de remplir l'espace entre les deux verres au moyen d'air sec, on peut aussi le remplir avec un gaz rare (argon ou parfois même du krypton, qui sont des gaz plus visqueux et ainsi thermiquement plus isolants que l'air).

Lorsque la pulvérisation d'une couche d'oxydes métalliques, le remplissage de gaz et la composition totale du vitrage conduisent à une valeur U inférieure à 2 W/m²K, on parle de vitrage à haut rendement, ou vitrage HR.

Les gains solaires à travers un vitrage HR sont inférieurs de quelques pour-cent à ceux d'un double vitrage ordinaire.

Les vitrages HR laissent un peu moins pénétrer la lumière du jour que les doubles vitrages ordinaires. Les performances acoustiques du vitrage HR sont parfaitement identiques à celles du double vitrage ordinaire en cas d'utilisation d'air sec dans l'espace. Par contre, le remplissage au moyen de certains gaz permet d'atteindre une meilleure isolation acoustique.

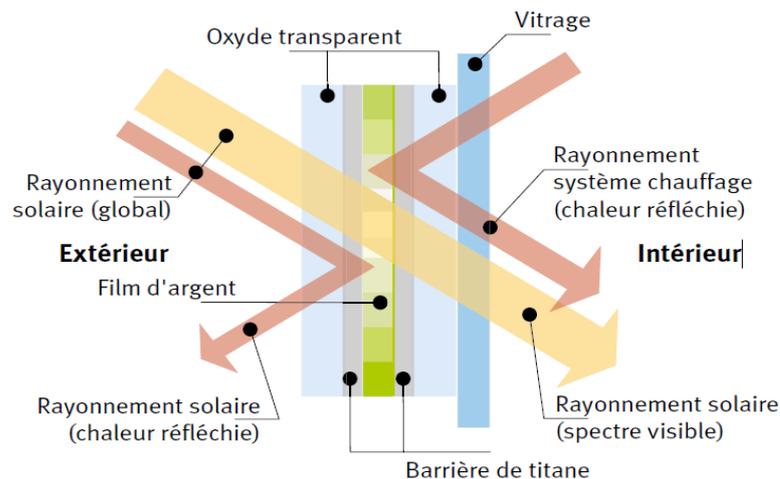


Figure 51 : Schéma de principe pour le vitrage à basse émissivité.
(Source : Institut Wallon en 2003).

VI-2-/Les caractéristiques des vitrages :

Le vitrage procède plusieurs caractéristiques dont les principaux sont :

VI-2-1-/L'isolation thermique :

Son isolation thermique s'exprime par le coefficient de transmission thermique U [W/m²K].

Ce coefficient caractérise la transmission de chaleur a travers une paroi, de surface égale à 1 m², séparant deux ambiances dont les températures diffèrent de 1 K.

La valeur U d'un simple vitrage est calculée en fonction des résistances thermiques d'échange, de l'épaisseur du verre et de sa conductivité thermique.

La valeur U d'un vitrage multiple est calculée en faisant, en plus, intervenir la résistance thermique Rs des différentes lames d'air ou de gaz, placées entre les vitrages.

La performance énergétique dépend du nombre de vitrages et de leurs caractéristiques, ainsi que de la présence et de la nature du gaz situé entre les vitrages.

VI-2-2-/Le contrôle solaire :

Quand le rayonnement solaire frappe une paroi vitrée, une partie sera réfléchi, une partie sera absorbée puis réémise et le reste sera directement transmis. Ce rayonnement direct transmis à l'intérieur des locaux est partiellement absorbé par les parois qui s'échauffent et ensuite réémis dans toutes les directions.

Le vitrage étant pratiquement opaque au rayonnement réémis, celui-ci reste piégé à l'intérieur du local, y entraînant une augmentation de la température. C'est ce qu'on appelle l'effet de serre.

Les types de vitrage se caractérisent par un contrôle solaire différent par rapport à leur facteur solaire g qui est le rapport entre l'énergie totale entrant dans le local à travers le vitrage et l'énergie solaire incidente. L'énergie totale entrant dans le local par le vitrage est égale à la somme de l'énergie entrant par transmission directe et de l'énergie cédée par le vitrage à l'ambiance intérieure à la suite de son échauffement par absorption énergétique (flux transmis + flux absorbé réémis vers l'intérieur).

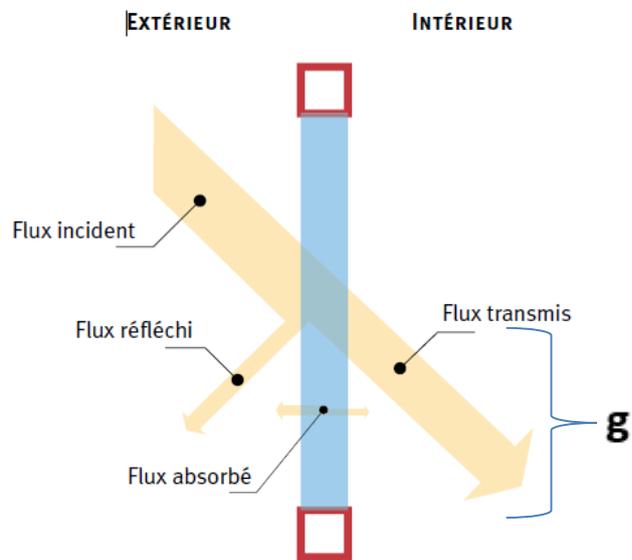


Figure 52 : Le facteur g du vitrage. (Source : Institut Wallon en 2003).

VI-2-3-/La protection contre l'éblouissement :

Lorsque la lumière visible du soleil est interceptée par une paroi, une partie de lumière est réfléchiée vers l'extérieur, une partie est absorbée par les matériaux et une partie est transmise à l'intérieur qui présente le facteur de transmission lumineuse.

Chaque type de vitrage se caractérise par Le facteur de transmission lumineuse ou Facteur Lumineux Absolu FLA (CIEFFUL, 1998) qui est la fraction de rayonnement lumineux incident qui traverse le vitrage. Ce facteur prend non seulement en compte la distribution énergétique spectrale du rayonnement solaire mais aussi la sensibilité spectrale de l'œil humain.

Remarque : Le choix du vitrage dépendra non seulement de la quantité de lumière nécessaire pour éclairer l'environnement et pour permettre l'activité prévue sans

provoquer d'éblouissement, mais aussi de la quantité d'énergie admissible pour éviter les surchauffes en été.

VI-2-4-/L'isolation acoustique :

L'enveloppe d'un bâtiment doit présenter une résistance acoustique pour atteindre le niveau de bruit admissible à l'intérieur. La résistance d'un mètre carré d'un élément de construction contre le passage du bruit aérien se caractérise par un spectre d'indices d'affaiblissement.

Une information plus abrégée est donnée par l'indice d'affaiblissement acoustique R qui caractérise les qualités acoustiques d'une paroi, c'est-à-dire la différence de niveaux sonores qui règnent de part et d'autre de cette paroi pour un spectre donné. Cet indice est exprimé en décibel dB(A) ou dB(W).

VI-2-5-/La sécurité à l'effraction :

Les éléments de l'enveloppe extérieure d'un bâtiment doivent être suffisamment solides, résister à un démantèlement rapide et répondre à certaines conditions pour éviter les dégâts en cas de brise. En prend l'exemple du verre trempé qui résiste le mieux aux impacts mais se brise en morceaux non coupants pour éviter les blessures.

VI-3-/L'impact des vitrages sur la consommation d'énergie :

L'influence du choix du vitrage sur les consommations énergétiques se caractérise principalement par les trois critères suivants (la lumière naturelle, les apports solaires et l'isolation thermique) :

VI-3-1-/La lumière naturelle :

Le vitrage permet de laisser passer le plus de lumière naturelle possible afin de réduire le recours à un éclairage artificiel durant la journée. Sans ceci, cela entraîne des problèmes d'éblouissement, l'utilisation de la lumière naturelle peut ainsi être optimisée.

VI-3-2-/Les apports solaires :

Le vitrage doit contrôler le rayonnement entrant afin de limiter, voire d'éviter les dépenses en énergie de refroidissement en été. En effet, l'excès des apports solaires peut provoquer une surchauffe des locaux et donc l'inconfort des habitants qui auront alors tendance à recourir à la climatisation.

Il faut cependant veiller à ne pas trop limiter les apports solaires afin de pouvoir encore bénéficier de cette énergie gratuite en hiver.

VI-3-3-/L'isolation thermique :

L'enveloppe extérieure d'un bâtiment doit limiter les pertes de chaleur en hiver et protéger de la radiation solaire en été. Cet objectif dépend des caractéristiques de transmission thermique des parois par conduction, convection et rayonnement, en moyenne 20 % des déperditions thermiques de l'enveloppe se font par les fenêtres. Les vitrages doivent donc être associés à l'isolation thermique. Plus le vitrage est isolant, plus les déperditions thermiques seront réduites et plus la température de la face intérieure du vitrage sera élevée, assurant ainsi le confort thermique pour une température de l'air intérieur plus faible.

VII-/BATIMENT ET MUR RIDEAU :

Le mur rideau est l'élément architectural qui participe à la conception du bâtiment, il contribue à la fermeture du bâtiment mais ne participe pas à sa stabilité dont sa charge est transféré par l'ossature du bâtiment, poteaux et planchés vers les fondations. Dans cette partie on va présenter l'impact de mur rideau qui est constituée principalement des éléments de remplissage en verre (façade vitrée) sur le bâtiment (cas d'étude).

VII-1-/L'impact du mur rideaux en verre sur la qualité architecturale :

D'après nos constatations la façade vitrée (mur rideau en verre), peut avoir des effets positifs comme elle peut avoir des effets négatifs sur le bâtiment et son comportement vis avis au confort des occupants ainsi qu'à la consommation d'énergie. Pour cela on va citer quelques points positifs et d'autres négatifs qu'apporte la façade vitrée (mur rideau) au bâtiment.

Parmi ces points positifs on cite ce qui suit :

- Une façade vitrée peut facilement apporter de la lumière naturelle aux différents espaces qui l'entourent.
- Elle assure une grande partie du confort visuelle dans le bâtiment grâce à la transparence fourni par cette façade vitrée.
- La façade vitrée rend le bâtiment plus léger par rapport à un bâtiment en mur de maçonnerie grâce à sa structure légère.
- Elle permet un choix varier pour l'isolation du bâtiment dont on peut choisir un simple, double ou triple vitrage selon nos besoins en isolation et sécurité du bâtiment.

- Une façade vitrée rend le bâtiment modulable grâce à sa propriété de montage et démontage. par exemple : renforcer l'isolation en changeant le simple vitrage par un double ou triple vitrage.
- Elle peut s'adapter à tout type de bâtiments.
- Et enfin une façade rideau rend le bâtiment privilégié en lui donnant un aspect plus moderne.

Par contre, l'utilisation d'une façade rideau (façade vitrée) n'est pas dépourvu des points négatifs en vers le bâtiment :

- Une façade vitrée peut facilement influencer sur le confort intérieur du bâtiment, en effet on peut avoir des espaces trop chauds en été et de même trop froids en hiver. Bien sûr si cette façade n'est pas bien isoler et protéger des rayonnements solaire.
- Elle est très fragile par rapport à une façade avec mur de maçonnerie en cas ou elle subi un choc
- Elle est difficile à entretenir car on peut avoir des problèmes de nettoyage sauf avec un vitrage autonettoyant.
- Une façade vitrée peut créer une sensation d'entrée dans un espace trop ouvert et à la vue de tous.
- Elle est très technique et industrielle, il lui faudra un professionnel pour la monter correctement afin d'éviter les problèmes d'isolation (les déperditions).
- En enfin elle est souvent très coûteuse.

Conclusion :

En conclusion on peut dire que la consommation d'énergie est l'un des points faibles du bâtiment avec façade vitrée. Car en été il peut facilement souffrir de la surchauffe (Maria Wall, 2002) en apportant une surcharge extrême de chaleur à l'intérieur, il en résulte dans la plupart des cas une installation massive de climatisation ainsi qu'une grande consommation d'énergie.

Le verre destiné à ce bâtiment est aussi bien le verre à isolation thermique avec ou sans traitement de surface antisolaires reste un élément statique de l'enveloppe du bâtiment et ne peut s'adapter en s'autorégulant aux conditions climatiques au fil des jours et des saisons. Donc leur protection est indispensable afin d'assurer le confort intérieur en réduisant les charges de climatisation. (VSR, 2007)

A partir de ce chapitre on a constaté que les bâtiments avec des grandes façades vitrées peuvent répondre aux exigences des citoyens de point de vue confort intérieur et dans la réduction de la consommation d'énergie ainsi que la préservation de l'environnement, si-elles-ci sont caractérisées par une bonne isolation et une protection pour ces grandes façades vitrées afin d'assurer un confort intérieur avec moins de consommation d'énergie.

En Algérie spécifiquement au sud les bâtiments à grande façade vitrée sont des bâtiments qui ne répondent pas aux exigences de point de vue confort et consommation d'énergie à cause de la négligence dans la technique de construction. Pour cela une amélioration de ces techniques de construction des façades vitrées (mur rideau) au niveau des matériaux et d'isolation permet aujourd'hui de réaliser des bâtiments qui rassemblent à la fois les qualités esthétiques et thermiques tout en offrant un cadre de vie plus confortable et moins de consommateurs d'énergie.

PARTIE II:
METHODOLOGIE ET
CONTEXTE

**CHAPITRE IV : ETAT DE
L'ART ET POSITIONNEMENT
EPISTEMOLOGIQUE**

*« La connaissance s'acquiert par l'expérience, tout le reste n'est que
de l'information ... »*

(Albert Einstein).

Introduction :

Dans l'axe de recherche sur les protections solaire et leur effets sur la consommation d'énergie dans le bâtiment, plusieurs expériences ont été faites dans lesquelles les outils de travail varient tandis que l'objectif de manipuler le paramètre de protection solaire pour minimisée la consommation d'énergie dans le secteur des bâtiments reste unique.

La consommation énergétique des bâtiments du secteur tertiaire est difficile à estimer du fait de l'importance des apports internes et solaires, de la complexité de la régulation du système de chauffage et de son intermittence. (Razika Kharchi ,2013)

Puisque notre problématique s'inscrit dans le cadre d'une approche expérimentale, dans ce chapitre qui suit la démarche méthodique et dans le but de la justifier on s'est intéressé de répertorier une série d'études menées par des chercheurs et spécialistes du domaine de la protection solaire, nous voulons à travers cela recenser la meilleure méthode de l'approche expérimentale, afin de répondre à nos objectifs et faire une vérification hypothétique.

I-/ETUDES EXPERIMENTALES ET ANALYTIQUES :

Un grand nombre d'auteurs sont intéressés à des études expérimentales des protections solaires et leurs effets sur la consommation d'énergie dans les bâtiments. Ces études montrent que La réduction de la consommation d'énergie en utilisant une protection solaire est liée aussi aux paramètres associés à cette dernière.

On a essayé de regrouper ces études en deux classes :

- ✚ Des études générales visant à collecter tous les informations liées aux protections solaires et les paramètres associé (fenêtres, vitrages).
- ✚ Des études expérimentales qui ont pour but d'étudier L'impact des protections solaires sur la consommation d'énergie.

Cependant, on a essayé de classer dans ce qui suit les différents travaux par rapport à ces groupes en présentant un exemple d'étude de chaque un.

I-1-/Des études générales sur les protections solaires:

Visant à collecter tous les informations liées aux protections solaires, leur rôle dans le bâtiment ainsi que les paramètres associés (fenêtres, vitrages) on cite:

I-1-1-/L'expérience de E. Tillmann and J. Platzer :

En Allemagne.. **E. Tillmann and J. Platzer** dans leur travail intitulé « évaluation de la protection contre la surchauffe par différent type de protection solaire».

Ont étudié les systèmes des protections solaires qui doivent assurer le confort thermique et visuel à la fois ; et elle doit être économique. En même temps, ils

devraient empêcher les gains solaires indésirables en été et permettre de bénéficier des gains solaires élevés en hiver.

Dans leur travail, ils ont développé une méthode pour évaluer la protection contre la surchauffe offerte par différents types de systèmes de protection solaires ainsi que la stratégie de contrôle associé.

L'objectif de leur nouvelle méthode est de fournir une approche simple mais fiable et réaliste pour évaluer l'efficacité des dispositifs de protections solaires internes et externes en combinaison avec un vitrage, qui est indépendant du type de bâtiment.

La nouvelle méthode consiste à la détermination dépendante de l'angle de la transmission totale de l'énergie solaire, g , basée sur des méthodes de calcul, qui a été validée en utilisant des mesures colorimétriques. La combinaison avec des distributions annuelles d'éclairement permet d'évaluer des différentes stratégies de lutter contre la surchauffe.

Dans leur recherche ils ont montré qu'il est essentiel de calculer les charges de refroidissement et chauffage, ce calcul est basé sur une stratégie de contrôle, qui reflète les priorités des utilisateurs du bâtiment.

E. Tillmann and J. Platzer ont démontré la nouvelle méthodologie pour le cas d'un store vénitien externe avec des lamelles blanches en combinaison avec vitrage de protection thermique. La largeur de la lame et lamelle géométrie du store vénitien est représenté sur la figure 53. Le point de l'évaluation de la performance de départ est la décision au sujet de la stratégie de contrôle. Comme indiqué ci-dessus, cette décision devrait être prise conjointement avec le client et si possible le futur utilisateur. Dans ce contexte, ils

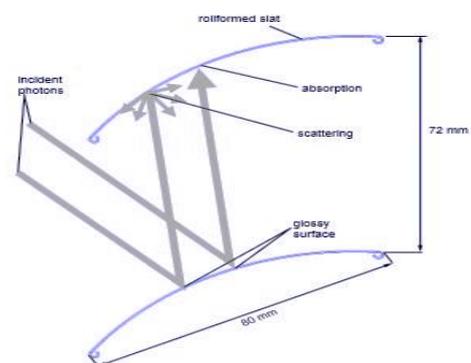


Figure 53 : Schemat du store venitien utilisé par E. Tillmann and J. Platzer

ont évalué aussi la performance du système de deux stratégies de contrôle différentes.

Les stratégies de contrôle utilisées :

Stratégie « fermé » : Avec cette stratégie, les lamelles sont toujours fermées totalement, lorsque la façade est irradiée directement par le soleil. Le store est complètement rétracté, lorsque la façade est à l'ombre ou quand il n'y a pas d'éclairage direct. Pour une combinaison donnée de store et le vitrage, cette stratégie de contrôle maximise la protection contre la surchauffe et protection de l'éblouissement lorsque le soleil frappe la façade directement. Cette stratégie de contrôle ignore la nécessité d'un contact visuel à l'extérieur. Les dimensions de la pièce et les fenêtres détermineront si la fourniture de la lumière du jour est suffisante ou non.

Stratégie « cut-off » : En ce qui concerne la première stratégie, le store est complètement rétracté, lorsque la façade est à l'ombre ou quand il n'y a pas d'éclairage direct. Lorsque le soleil brille directement sur la façade, les lamelles sont inclinées dans la position de cut-off-. La position des lamelles « cut-off » dépend de la position réelle du soleil. Dans cette position, les lamelles sont ouvertes autant que possible sans laisser le soleil briller directement à travers les stores.

Les figures suivantes montrent le comportement thermique solaire de l'exemple considéré. D'abord, ils ont évalué la stratégie de contrôle « cut-off », et la stratégie de contrôle « fermé ». Dans les figures suivantes, les valeurs effectives g sont représentées graphiquement par des lignes. Les figures 54 et 56 représentent les valeurs de g efficaces et les gains solaires associés pour les mois entiers, y compris le moment où le store vénitien est rétracté. La seule différence entre la figure 54 et 56 est que la figure 54 est valable pour la stratégie de contrôle « cut-off » et la figure 56 pour la stratégie « fermé ». Les figures 55 et 57 montrent les valeurs de g mensuelles efficaces pour le temps, lorsque le système de protections solaires est actif. Cela signifie que le moment avec un rayonnement purement diffus ou avec la façade étant à l'ombre ne sont pas pris en compte dans la valeur effective g active. La seule

différence entre les figures 54 et 56 est la stratégie de contrôle. Après avoir fait le calcul les résultats se présentent comme suit :

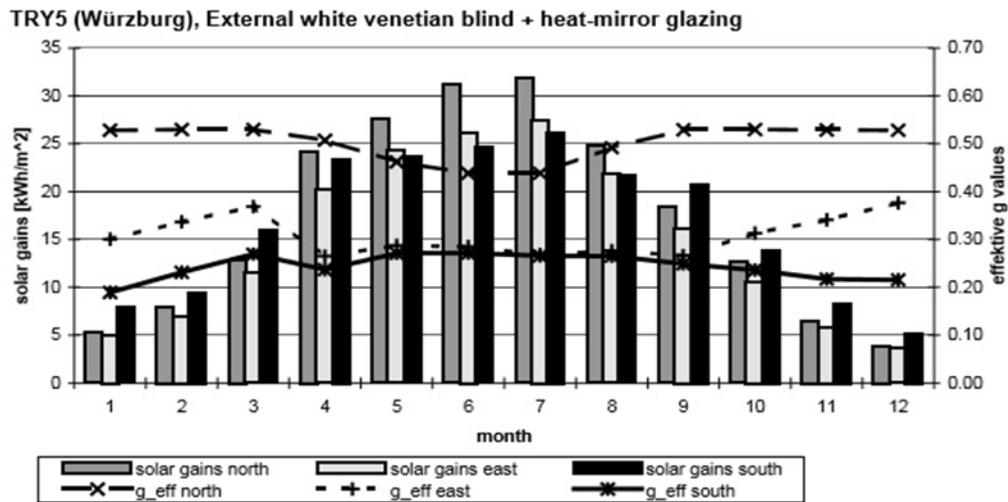


Figure 54: Gains solaires et les valeurs efficaces g pour une façade verticale à Würzburg, Allemagne (try5). La façade se compose d'un store vénitien blanc externe en combinaison avec le vitrage thermique. La stratégie de contrôle est « cut-off ».

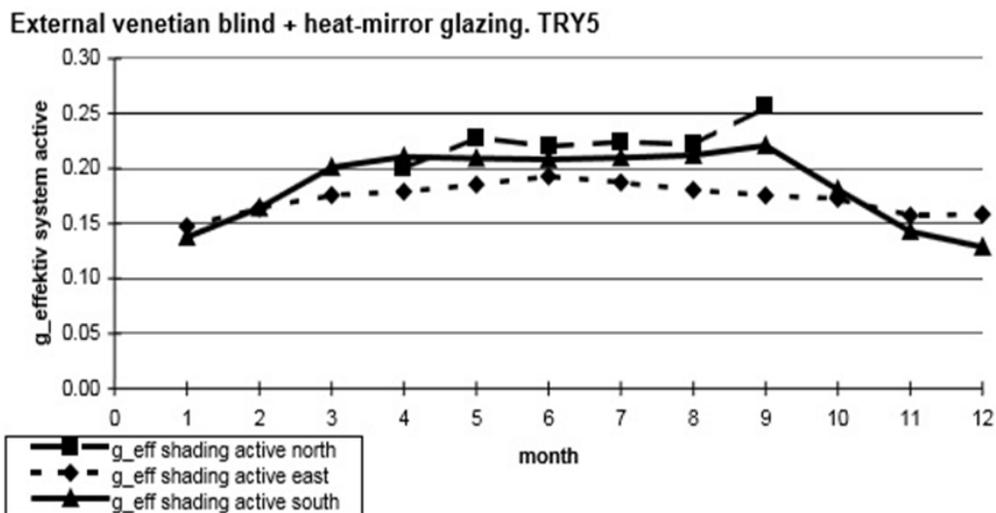


Figure 55: Evaluation du temps, lorsque le store est actif. Gains solaires et les valeurs efficaces g pour une façade verticale à Würzburg, Allemagne (try5). La façade se compose d'un store vénitien blanc externe en combinaison avec le vitrage thermique. La stratégie de contrôle est « cut-off ».

TRY5 (Würzburg), External white venetian blind + heat-mirror glazing

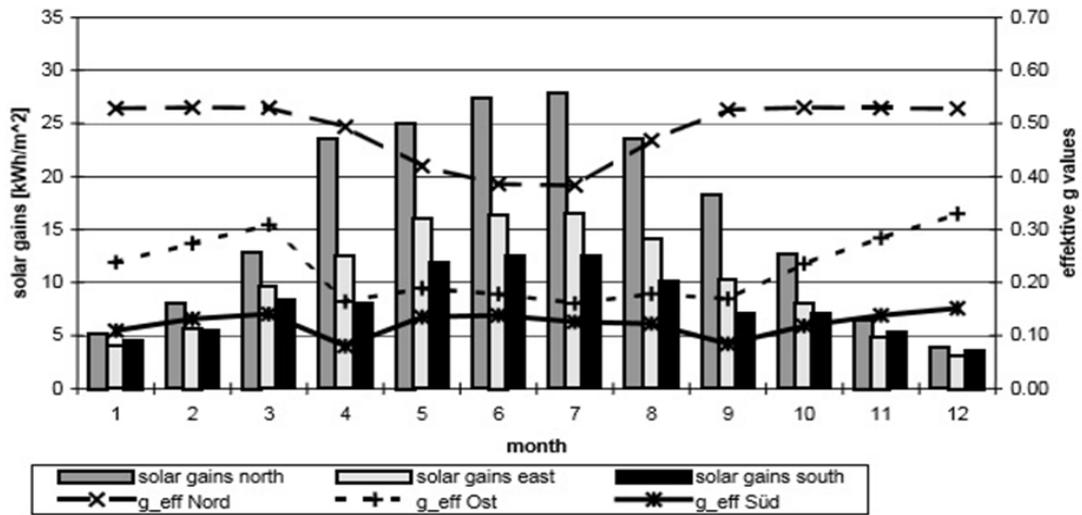


Figure 56: Evaluation du temps, lorsque le store est actif. Gains solaires et les valeurs efficaces g pour une façade verticale à Würzburg, Allemagne (try5). La façade se compose d'un store vénitien blanc externe en combinaison avec le vitrage thermique. La stratégie de contrôle est « fermée ».

External venetian blind + heat-mirror glazing. TRY5

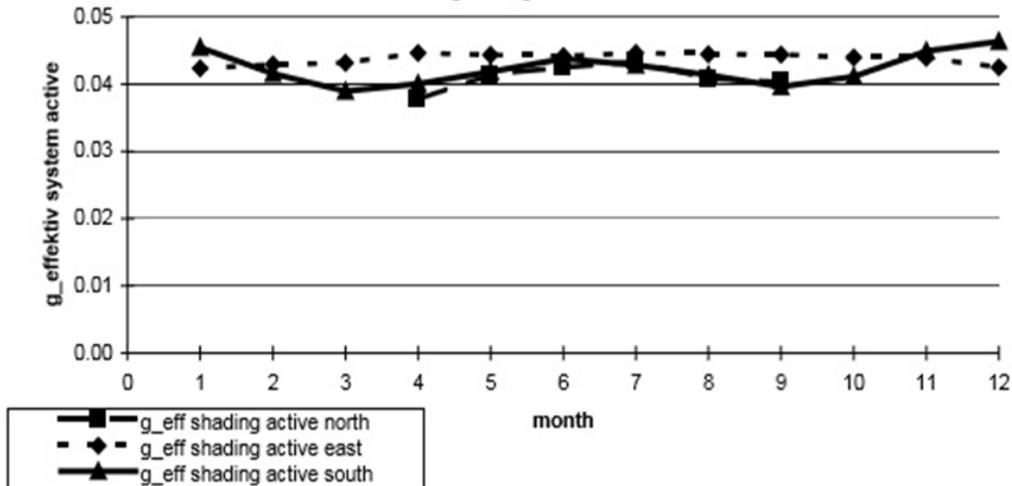


Figure 57: Gains solaires et les valeurs efficaces g pour une façade verticale à Würzburg, Allemagne (try5). La façade se compose d'un store vénitien blanc externe en combinaison avec le vitrage thermique. La stratégie de contrôle est « fermée ».

E. Tillmann and J. Platzer leur résultat montre que La différence entre les deux stratégies de contrôle (ou le comportement de l'utilisateur) a une grande influence sur les gains solaires. Lorsque le système est **actif**, les gains diffèrent d'un facteur 5, en fonction de la stratégie de contrôle! En comparant les gains solaires pour façades nord et sud, il on constate que les gains solaires d'été par m² sont plus élevés pour le nord que pour les sud pour les stratégies de contrôle externes à l'étude. L'effet est causé par les heures avec un éclairage purement diffus. Elle prouve la déclaration que le rayonnement diffus doit être pris en compte.

(E. Tillmann and J. Platzer,2000)

On peut retenir de ce travail qu'une protection solaire contrôlable doit être bien gérée par les futurs utilisateurs, par ce que le comportement de l'utilisateur a une grande influence sur les gains solaire. La gestion des protections solaires est très importante afin d'empêcher les gains solaires indésirables en été et permettre de bénéficier des gains solaires élevés en hiver.

On retient aussi qu'il est nécessaire de tenir compte de la répartition angulaire du rayonnement solaire, pour une évaluation réaliste et fiable de la protection contre la surchauffe.

Enfin selon les résultats obtenus par E. Tillmann and J. Platzer on peut dire que l'orientation des lames dans la position fermée est la plus optimale pour éliminer au maximum les gains solaires. Cette stratégie de contrôle maximise la protection contre la surchauffe et l'éblouissement lorsque le soleil frappe la façade directement.

I-1-2-/L'expérience De Hidayat Shahida Et David Naylorb :

Une recherche effectuée par Hidayat Shahida et David Naylorb intitulé « évaluation de la performance énergétique d'une **fenêtre** avec un store vénitien horizontal».

Cette étude est basée sur une méthode expérimentale qui examine les effets de la présence d'un store vénitien sur la performance thermique d'une fenêtre à l'aide d'un **outil de simulation**.

Le store est positionné de manière adjacente à la surface intérieure soit d'un vitrage simple ou double et le problème de transfert de chaleur par convection et rayonnement couplé est résolu en utilisant un modèle en deux volumes de dimension finie. Le modèle numérique est validé avec les résultats expérimentaux et numériques publiés dans la littérature.

Les résultats montrent que la présence d'un store vénitien améliore considérablement la performance énergétique d'un vitrage simple et double. Le store permet de réduire le taux global de transfert de chaleur à travers la fenêtre en réduisant le rayonnement thermique du vitrage intérieur. La meilleure compréhension des avantages de stores vénitiens peut conduire à des meilleures conceptions de systèmes fenêtre / ombrage.

(Hidayat Shahida ,2005)

On retient de ce travail que le store vénitien a une double fonction d'une part il sert comme une protection solaire contre les rayons directs d'autre part il nous permet de réduire le taux global de transfert de chaleur à travers la fenêtre (isolant thermique) grâce à son association avec le vitrage.

I-1-3-/L'expérience de Inês Dionísio Palma Santos

En Espagne on trouve Un travail de Inês dionísio palma santos intitulé: « évaluation de la performance des systèmes de protection solaire. »

Son travail est composé de deux parties: la partie A et partie B.

Dans la partie A, une méthode de convivialité présente la façon d'évaluer les performances des différents systèmes de protection solaire au cours d'une phase de conception d'un bâtiment. La méthode expérimentale est basée sur l'utilisation du SIO et BuildingCalc / LightCalc des outils de simulation. L'installation des protections solaires intégrées au bâtiment permet de contrôler dynamiquement l'énergie et la lumière du jour afin d'améliorer les performances du bâtiment.

Dans la partie A elle a présenté une étude de cas d'un immeuble de bureaux dans lesquelles des systèmes de protection solaire ont été testés est présentée. Le bâtiment a été étudié pendant deux climats différents (Copenhague et Lisbonne). Les résultats montrent qu'il y a une nette différence d'efficacité des systèmes de protection solaire entre les deux climats.

A Copenhague les systèmes de protection solaire (stores et stores vénitiens) ne suffisent pas à accomplir les exigences de confort intérieur standard sans l'utilisation d'un système de climatisation. Cependant, ces systèmes d'ombrage peuvent légèrement réduire la demande de refroidissement.

Comme à Lisbonne il y a un problème de surchauffe plus élevée qu'à Copenhague même avec un système d'air conditionné, pas toutes les solutions pour les systèmes de protection solaire ne peuvent remplir les besoins en énergie pour la demande de refroidissement. Il ya seulement quatre solutions de systèmes de protection solaire (les volets roulants extérieurs et les combinaisons de verre de contrôle solaire avec stores externe)

Dans la partie B elle a évalué que les systèmes de protection solaire comprennent des lamelles de verre qui sont des solutions prometteuses et Ils ont besoin d'un plus précis en ce qui concerne la performance par rapport à la transmission de la lumière naturel à l'intérieur des bâtiments. Cette évaluation peut être faite en utilisant les outils raytracing. Les mesures de niveau d'éclairage naturel fabriqués en Laboratoire Lumière Naturelle de SBI (Danish Building Research Institute) afin d'évaluer la performance des lamelles de verre ont été comparés à des simulations en utilisant le programme IESve / Radiance, Pour évaluer la performance de lamelles en verre en ce qui concerne leur comportement face à la lumière naturelle.

Les résultats ont montré que pendant les jours ensoleillés où les lamelles de verre sont complètement fermées comme un système de protection solaire ils réduisent légèrement la lumière du jour à l'intérieur de la chambre. Toutefois, si par rapport aux systèmes de protection solaire typiques cette diminution est insignifiante, quand des systèmes typiques complètement activés d'ombrage solaire peut totalement bloquer la lumière d'entrer dans la pièce.

(Inês dionísio palma santos 2007)

On retient de cette recherche que le changement du climat influe sur l'efficacité des protections solaire qui se varie d'un climat à un autre. Pour un climat chaud le type de la protection solaire se varie par rapport à un climat plus chaud, on retient aussi que l'utilisation des lamelles en verre pour les protections solaire favorise la pénétration de l'éclairage naturel dans le bâtiment par rapport a une protection solaire classique fermée.

I-1-4-/L'expérience de Ping .Ye

On trouve aussi une recherche menée par **Ping .Ye** en 1997 intitulée « Effet de stores vénitiens sur **le transfert de chaleurs** grâce à des systèmes de **fenêtres**. » Il a développé une étude numérique du transfert de chaleur à deux dimensions à travers des unités de vitrage avec des stores vénitiens, ou il a essayé de mobiliser les situations suivantes:

(A) la convection naturelle sur une plaque plane isotherme avec un store vénitien ; et
(B) le transfert de chaleur combiné à travers une **unité de vitrage isolant** avec un store vénitien interne. Les caractéristiques de transfert de chaleur par convection naturelle d'un isotherme, plaque verticale plate adjacente à un ensemble de persiennes aveugles a été **numériquement évalué**. Les résultats sont présentés pour cinq différents espacements lame-plate ($d= 15, 20, 25, 30, 40$ mm) et quatre angles de lames différents ($0^\circ, 45^\circ, -45^\circ, \text{ et } 80^\circ$). Pour simplifier, les persiennes ont été traitées comme des chicanes zéro épaisseur.

Pour les systèmes unité de vitrage isolant avec des stores vénitiens, la connexion combinée et le transfert de chaleur par rayonnement dans des cavités des unités de vitrage isolant, ainsi que la conduction dans les parties solides, ont été **simulées à l'aide d'un programme FIDAP 5.02** pour plusieurs angles de persiennes différents ($0^\circ, 45^\circ, -45^\circ, 75^\circ \text{ et } -75^\circ$). En outre, le transfert de chaleur combinée sur une surface intérieure a été étudiée pour obtenir le coefficient combiné à l'intérieur de transfert de chaleur, h . Cela a été utilisé par la suite comme l'intérieur une condition limite pour l'évaluation du transfert de chaleur combiné à travers un système unité de vitrage isolant.

Son travail expérimental et numérique précédent, démontrent l'utilisation de ces techniques dans la modélisation des systèmes de fenêtrage complexes, où les résultats montrent que l'espacement des lames à la plaque a un effet important sur le

transfert d'écoulement de la chaleur. Plus il est petit et plus l'effet est aveugle. Lorsque le store est situé loin assez loin de la face (plaque verticale), il n'y a presque pas d'effet. Un système unité de vitrage isolant avec un store intérieur ; Les résultats indiquent que la performance thermique d'un système de vitrage isolant peut être améliorée en utilisant un store vénitien.

(Ping .Ye, 1997)

On retient de ce travail que le changement des paramètres associer à la protection solaire tel que l'orientation des lamelles d'un store vénitien (changement d'angle des lames) ainsi que son emplacement par rapport à la fenêtre (espacement fenêtre-store) influe sur le transfert de chaleur, ainsi que la performance thermique d'un vitrage isolant peut s'améliorer on intégrant un store vénitien a l'intérieure du double vitrage. Donc il faut bien manipuler ses paramètres pour obtenir un écoulement de chaleur selon nos besoin (le stoppée durons l'été et utiliser pendant l'hiver)

I-1-5-/L'expérience de Rosencrantz, T., Bülow-Hübe, H., Karlsson, B. & Roos, A :

En Allemagne Une étude intitulé « l'énergie solaire accrue et l'utilisation des revêtements antireflets sur les fenêtres à faible émissivité »

Lorsque les fenêtres à faible émissivité sont utilisées, elles diminuent la transmission de la lumière du jour par rapport aux fenêtres en verre clair. Pour éviter cet effet une étude des revêtements antireflets sur les fenêtres à faible émissivité a été faite. Une Simulations de la demande annuelle d'énergie a été réalisée en PARASOL et la distribution de la lumière du jour a été étudiée dans Rayfront. Rayfront est une interface utilisateur à la radiancie du logiciel de simulation de la lumière.

Il a été démontré que les fenêtres à faible émissivité avec un revêtement anti-réfléchissant augmentent la transmission de la lumière du jour afin qu'elles deviennent encore plus élevée que d'une fenêtre de verre clair. Les fenêtres à faible émissivité donnent une modeste réduction supplémentaire de la demande de chauffage en hiver et permettent d'augmenter la température intérieure en été qui nous provoque la surchauffe. Toutefois, le revêtement antireflet n'a pas diminué les rayons solaire et donc la chaleur en été pour éviter le risque de surchauffe, ni la demande de chauffage d'une manière significative. Au lieu de cela, il était le revêtement à faible émissivité qui représentait la plus grande économie d'énergie.

(Tobias Rosencrantz , 2004)

On retient de cette recherche que les fenêtres à faible émissivité avec un revêtement anti-réfléchissant participent à une modeste réduction supplémentaire de la demande de chauffage en hiver et permet d'augmenter la transmission de la lumière du jour dont elle devient encore plus élevée que d'une fenêtre de verre clair. En résumé, ces chercheurs ont constaté que les fenêtres de faible émissivité avec un revêtement anti-réfléchissant absorbent plus d'énergie solaire en été, ce qui provoque une augmentation de chaleur à l'intérieur du local en plus de la lumière du jour afin qu'elles deviennent encore plus élevée que d'une fenêtre de verre clair. Toutefois les fenêtres à faible émissivité n'ont pas diminué le rayonnement solaire et donc la chaleur en été ni la demande de chauffage d'une manière significative en hiver. Au contraire elles engendrent une grande consommation d'énergie ainsi que le risque de surchauffe en été à cause de l'énergie solaire absorbé ensuite transmise en chaleur à l'intérieur du local.

I-1-6-/L'expérience de Rosencrantz, T., Håkansson, H. & Karlsson, B. :

En Lituanie on trouve le travail de R.Tobias, H.Hakanand K. Bjorn intitule : «la valeurs-g des fenêtres de contrôle solaire avec des dispositifs internes de protection solaire »

Cette étude sur les fenêtres de contrôle solaire et de dispositifs de protection solaire, des mesures internes ont été réalisées dans le laboratoire solaire de l'énergie et la conception des bâtiments. Les mesures ont été comparées à des simulations en logiciel PARASOL. Les résultats ont montré que l'efficacité des dispositifs de protection solaire augmente avec la diminution de l'absorption de la fenêtre.

La Simulations d'une protection solaire idéale reflétant prouve qu'une protection solaire interne peut être efficace que si elle est fortement réfléchissante et utilisé en combinaison des vitrages clairs non-absorbants. Une recommandation est que la valeur g (facteur solaire) , devraient être données pour l'ensemble du système (fenêtre, plus protection solaire). Si elle est donnée uniquement pour la protection solaire interne, la valeur g de la fenêtre combinée doit également être donnée.

(Tobias Rosencrantz,2005)

On retient de cette recherche que l'efficacité des protections solaires internes est présente si elles sont fortement réfléchissantes et utilisés en combinaison avec des vitrages clairs non-absorbants. Par ce que la valeur g du vitrage influes sur l'efficacité des protections solaires.

I-2-/Des études expérimentales de la protection solaire et son impact sur la consommation énergétique :

Cette partie présente les études expérimentales qui ont pour but d'étudier L'impact des protections solaires sur la consommation d'énergie.

I-2-1-/L'expérience menée par l'Organisation Européenne de la protection solaire :

Un travail effectué sur « La protection solaire dans les bâtiments à basse consommation » par **ES-SO**, the European Solar-Shading Organization .

Ce guide est destiné à donner les informations techniques nécessaires pour évaluer la performance des protections solaires. Il contient les principes de base utiles à la compréhension des propriétés physiques impliquées dans la transmission du rayonnement solaire. Il met ensuite en évidence les méthodes de calcul normalisées qui sont utilisées pour évaluer les caractéristiques thermiques et lumineuses des fermetures et des stores. Enfin, sur la base d'études techniques et de recherches, il donne un aperçu de l'impact de la protection solaire sur la consommation énergétique des bâtiments et le confort des occupants.

Bien qu'il soit destiné à être utilisé par les fabricants et les installateurs de protections solaires, ce guide sera d'un intérêt certain pour les architectes et les énergéticiens.

Parmi ces études qui ont été faites dans ce guide ; une étude sur l'impact d'une protection solaire sur la demande énergétique d'un bâtiment. A l'aide de L'outil « Textinergie » qui est un outil simple qui quantifie les économies d'énergie potentielles réalisables dans des bâtiments de bureaux grâce à l'utilisation de

protections solaires en toile. Il a été développé par le Syndicat National de la Fermeture, de la Protection Solaire et des professions Associées (SNFPSA). Il est accessible à l'adresse suivante : www.textinergie.org. Textinergie compare les besoins énergétiques d'une pièce avant et après avoir été équipée de systèmes de protection solaire.

Une fois que la configuration a été définie, Textinergie® propose deux niveaux de résultats :

Des **résultats simplifiés** : pourcentage d'économies d'énergie associé à la climatisation et à l'ensemble des équipements (climatisation, chauffage, éclairage artificiel),

Des **résultats détaillés** : température calculée (°C) ; besoins en énergie (kWh) et pourcentage d'économies d'énergie pour chaque système (climatisation, chauffage, éclairage), niveau de lumière naturelle (lux).

Les résultats sont donnés pour un vitrage avec et sans store. Les calculs ont été réalisés avec un logiciel de calcul dynamique pour une année entière avec un laps de temps de cinq minutes. Ces simulations ont été réalisées puis intégrées dans une base de données. Les choix de l'utilisateur renvoient directement vers cette base de données. Cela permet d'estimer l'impact des différents paramètres et d'aider l'utilisateur dans le choix de la meilleure solution technique.

Dans la présente étude sur l'impact d'une protection solaire sur la demande énergétique d'un bâtiment, ont étudié **l'Impact de la localisation** pour différentes villes européennes et **l'impact de l'orientation** pour différentes orientations dans trois villes européennes.

Pour **l'impact de la localisation** La Figure58 présente les besoins énergétiques pour le chauffage, la climatisation et l'éclairage d'un bureau de 20 m² dans différentes villes européennes. Le bureau est équipé d'un double vitrage clair et orienté au sud. La surface vitrée représente 80% de la façade. Le store est installé à l'extérieur et sa couleur est « neutre foncé ».

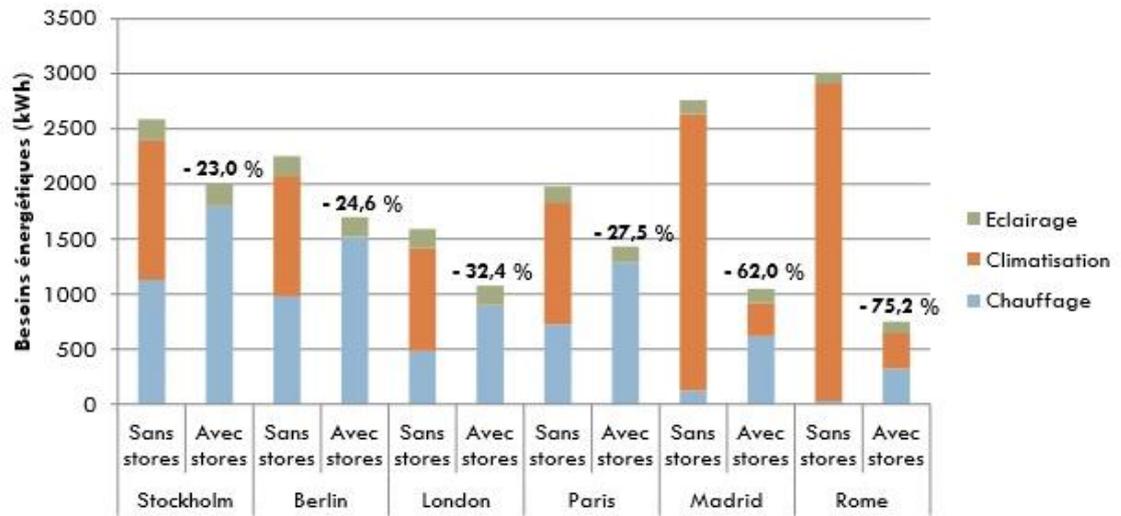


Figure 58 : Besoins Energétiques Selon Textinerie® Pour Différentes Villes Européennes.
Source : ES-SO 2012.

Les résultats ont montré que L'utilisation d'un store extérieur conduit constamment à des économies d'énergie importantes dans tous les cas.

Il convient de noter aussi que les besoins en chauffage sont plus importants lorsque le store est installé. Ceci est dû à la réduction des gains solaires gratuits entrant dans la pièce lorsque le store est déployé.

En effet, le principe de commande du store est basé sur le confort visuel des occupants : le store descend lorsque le niveau de lumière naturelle capté par un capteur placé sur un bureau atteint 500 lux en été et 900 lux en hiver. Par conséquent, la protection solaire peut être déployée lors de journées ensoleillées en hiver limitant ainsi l'entrée de chaleur gratuite dans la pièce. Le principe de commande considère également que la lumière artificielle est uniquement activée lorsque la protection solaire est complètement repliée et que le niveau de lumière naturelle est insuffisant. Par conséquent, la présence du store n'impacte pas les besoins d'éclairage artificiel.

(Source : ES-SO 2012)

On retient de ce travail que la présence d'une protection solaire extérieure réduit la consommation d'énergie de climatisation dans des différents climats, et sa gestion influe sur la consommation d'énergie globale (éclairage chauffage et climatisation).

Cependant, comme les besoins énergétiques liés à **la climatisation** sont les plus significatifs, les résultats finaux sont très positifs et conduisent à des économies d'énergie importantes.

Concernant **l'impact de l'orientation**, ils ont étudié toujours les besoins énergétiques pour le chauffage, la climatisation et l'éclairage d'un bureau de 20 m² dans différentes villes européennes. Le bureau est équipé d'un double vitrage clair on changeant à chaque fois son orientation.

La Figure 59 ci-dessous présente l'impact de l'orientation du bureau pour trois villes européennes : Stockholm, Paris et Rome

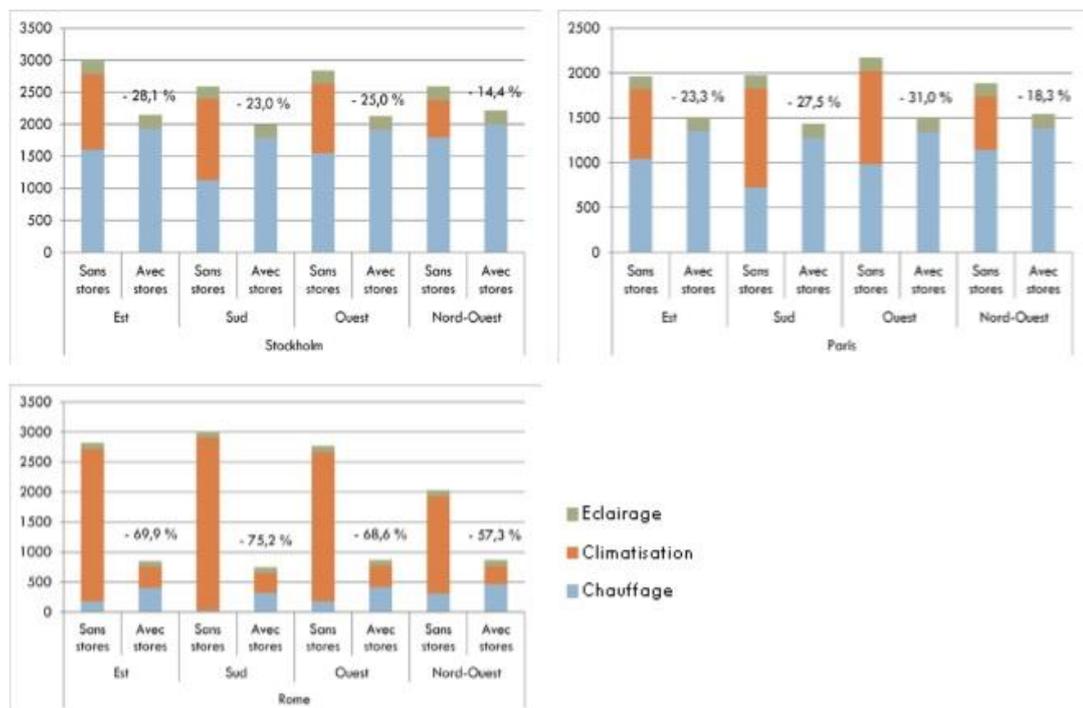


Figure 59 : Besoins Énergétiques Selon Textinergie® Pour Différentes Orientations Dans Trois Villes Européennes

Les résultats ont montré que l'orientation a un grand impact sur le taux de consommation d'énergies cette dernière varie d'une orientation à une autre.

L'utilisation de la protection solaire à diminuer le taux de consommation d'énergie dans les trois villes européennes dont elle a atteint le maximum dans l'orientation est pour Stockholm (-28,1%), l'orientation ouest pour Paris (- 31%) et la sud pour Rome (-75,2%).

(Source : ES-SO 2012)

On retient de ce travail que l'orientation d'un bâtiment ainsi que le climat de la ville influent sur le rendement de la protection solaire en vers la consommation d'énergie dont elle varie d'une ville (climat) à une autre et d'une orientation à une autre.

I-2-2-/L'EXPERIENCE DE C. BOUGRIOU, A. HAZEM ET K.

KAOUHA : Leur travail intitulé « Protections Solaires des Fenêtres » :

En Algérie, Batna ,**C. Bougriou, A. Hazem et K. Kaouha** dans leur recherche l'intérêt considérable est d'étudier l'évolution des consommations de climatisation et d'éclairage suivant le type de fenêtre et de protection solaire et ainsi que leur gestion. Ils estiment que L'obtention du confort en climatisation passive ou active (centrale de traitement d'air, machine frigorifique, etc.) dépend des protections solaires, de leur gestion et de type des fenêtres. Le code de calcul réalisé, constitue un moyen d'aide au choix pour les concepteurs.

Dans leur travail ils ont utilisé un programme de calcul prévisionnel des consommations d'énergie pour les locaux climatisés. Les consommations d'éclairage sont calculées en fonction des gestions types des protections solaires et de l'éclairage par les occupants. La position de la protection solaire à l'intérieur ou à l'extérieur du local a été étudiée. La consommation globale d'énergie (climatisation + éclairage) montre l'importance de la gestion des protections solaires. Deux types de façades une

façade avec fenêtre de 2.5m² et l'autre façade est complètement vitrée, elles ont été étudiées suivant les quatre directions cardinales. Dans leur modèle ils ont utilisé une méthode analytique ; en utilisant Le programme informatique qui est écrit en Turbo Pascal.

Les résultats des simulations effectuées ont montré l'influence des protections solaires sur les consommations d'énergie, ils ont montré aussi l'influence de l'orientation des vitrages sur la variation de consommation d'énergie. L'auteur confirme que la façade sud associée à une protection solaire est la plus économique dans notre région (Batna).

(C. Bougriou, A. Hazem et K. Kaouha ,2003)

Nous retenons de ce travail que l'orientation de la fenêtre, sa dimension, la gestion des protections solaires mobiles et son positionnement (extérieure ou intérieure) ont un grand impact sur la consommation d'énergies dans le bâtiment. Ils ont confirmé aussi que les protections solaires extérieures sont plus efficaces que celle d'intérieurs pour réduire les charges de refroidissement.

I-2-3-/L'expérience de jorge herman et salazar trujillo :

Jorge Herman and Salazar Trujillo dont leur travail intitulé « Performance solaire et comportement des protections dans les bâtiments » Ont utilisé **La méthode d'évaluation** pour calculer la performance des bâtiments sous rayonnement solaire direct et la prestation énergétique lorsque deux alternatives différentes de protection solaire sont appliqués ; Un système de protection placé directement et un autre dimensionné de façon expérimentale. Ils ont également montré quelles seraient les avantages de la détermination du dimensionnement précité et précisément à l'aide d'un ordinateur.

Pour un site donné, ils ont appliqué la quantité de rayonnement solaire direct qui est reçu par un bâtiment avec toutes ses fenêtres placées à la surface de la façade

est comparée à la façon dont cette énergie est réduite en utilisant un système de protection solaire dimensionnée de façon expérimentale.

Les résultats ont montré que l'optimisation du store réduit plus d'énergie qu'une protection placée directement.

(Jorge Herman and Salazar Trujillo, 1998)

On retient de ce travail que l'optimisation d'une protection solaire par rapport au bâtiment dont elle est destinée réduit plus d'énergie par rapport à une protection placé directement dans un bâtiment.

I-2-4-/L'expérience menée par (CSTC) Centre Scientifique et Technique de la Construction :

Cette expérience a été présentée dans un article présenté par (VEROZO ,2010) **l'Union professionnelle belge des producteurs de volets et protections solaires, avec l'intitulé « Protections solaires: une contribution à votre confort et à l'économie d'énergie ».**

L'article de VEROZO, (l'Union professionnelle belge des producteurs de volets et protections solaires), nous présente un résumé des éléments les plus essentiels des 400 pages de l'étude VLIET qui a été réalisée de 1995 à 1997 et qui était intitulé 'Surchauffe des immeubles dans les conditions d'été Cette étude a été réalisée par le Centre Scientifique et Technique de la Construction (CSTC). en collaboration avec l'Université Catholique de Louvain (UCL), l'Université de Liège (ULg) et la Hogeschool Wetenschap en Kunst (WenK St Lucas à Gand). VEROZO, l'Union professionnelle belge des producteurs de volets et protections solaires, a été un des partenaires actifs de ce projet.

Dans un premier chapitre, ils ont montré comment le problème de la surchauffe est approché physiquement sur base du bilan énergétique de l'espace considéré. Ils ont indiqué aussi comment analyser objectivement les plaintes et comment certains problèmes peuvent être évités dès le stade du projet d'un immeuble.

Dans un deuxième chapitre, ils ont esquissé l'interaction entre protections solaires et pénétration de la lumière du jour.

Dans un troisième chapitre, ils ont examiné la typologie et les caractéristiques des systèmes de protection solaire et finalement, dans un quatrième chapitre, ils ont donné un aperçu des résultats des mesures effectuées dans le cadre du projet VLIET.

L'objectif de VEROZO est de fournir des informations aux architectes, aux bureaux d'ingénieurs et autres professionnels de la construction et d'ainsi contribuer à une amélioration du climat intérieur par une utilisation judicieuse et dès le départ de protections solaires.

(VEROZO ,2010)

On retient de cet article que les protections solaires peuvent apporter une contribution importante à l'amélioration des besoins en énergie, réduire les émissions de gaz à effet de serre tout en répondant au besoin quotidien d'un bon climat intérieur. Donc on peut dire que le projet VLIET a fourni un trésor d'informations au sujet du climat intérieur, de la consommation d'énergie, de la fiabilité des logiciels de simulation ainsi que des effets des protections solaires sur le confort, tant thermique que visuel, et sur l'économie d'énergie.

I-2-5-/L'expérience de Tobias Rosencrantz :

En Sweden ... **Tobias Rosencrantz** à effectuer Une étude intitulée « Calcul Des Charges De Refroidissement Pour Différents Dispositifs De Protection Solaire Dans Les Bureaux En Suède En Utilisant Le Logiciel Parasol V 2.0 Et Comparaison les Valeurs-G » :

Cette recherche a étudié les performances des différents dispositifs d'ombrage dans les bureaux utilisant le logiciel PARASOL v 2.0. En outre, il permettra d'estimer le chauffage annuel et la demande de refroidissement, des économies d'énergie de pointe dans les bureaux suédois en fonction de différents dispositifs et orientations de protection solaire. Les dispositifs d'ombrage extérieurs donnent les plus faibles valeurs de g et de charges de refroidissement tandis que les dispositifs internes donnent les plus hautes valeurs de g et des charges de refroidissement. Simulations en PARASOL correspondent assez bien aux mesures extérieures.

Tobias Rosencrantz a montré que les charges de refroidissement annuelle peuvent être ont diminué à l'aide de brise soleil externes contrairement aux protections solaires internes, il en résulte de cette étude que les protections solaires externes sont beaucoup plus efficaces que les protections internes.

(Tobias Rosencrantz, 2003)

On retient de ces recherches qui se déroulent sur la protection solaire et les charges de refroidissement que pour obtenir moins de consommation d'énergies de refroidissement il faut opter pour des protections solaires externes par ce qu'elles sont beaucoup plus efficaces que les protections internes ; et c'est ce que la recherche a prouvé.

I-2-6-/L'expérience menée par Wall, M., & Bülow-Hübe, H :

En suède on trouve le travail de Wall, M., & Bülow-Hübe, H intitulé « Protection solaire dans les bâtiments », où ils ont défini que les bâtiments commerciaux avec de grandes surfaces vitrés peuvent facilement souffrir de problèmes de surchauffe ou de grandes charges de refroidissement de pointe. Ils ont approuvé que les protections solaires puissent réduire considérablement ces charges de refroidissement, d'améliorer le confort thermique et de réduire les problèmes d'éblouissement potentiels. Aussi dans les bâtiments modérément vitrées, des protections solaires peuvent dans une large mesure améliorer les conditions. Dans ce contexte ils ont étudié les protections solaires en deux phases :

La phase 1 du projet portait sur des dispositifs de protection extérieurs, et a été achevée en 1999. Un rapport complet sur la phase 1 des activités se trouve dans (Wall & Bülow- Hübe, 2001). Maintenant, ce rapport présente la phase 2 du travail qui comprend à la fois l'Interpane et les dispositifs de protection intérieurs.

Le travail consiste à des mesures de la performance d'une grande sélection des protections solaires disponibles sur le marché d'aujourd'hui, afin de fournir des valeurs de g comparables mesurées dans des conditions similaires.

Les modèles **de calcul détaillés développés** comprennent à la fois les protections solaires Inter-pane et internes. Les modèles de calcul pour les protections solaires extérieurs ont été développés au cours de la première phase du projet.

Les résultats des mesures extérieures à Lund, en Suède ont montré en moyenne la transmittance totale de 4-5% plus élevée (valeur g) que les résultats des modèles de calcul développés. Le g-valeur moyenne pour chaque groupe de protections solaires mesurés était de 0,3 pour les produits externes, 0,5 pour les produits Inter-pane et 0,6 pour les produits internes. Ainsi, en moyenne les produits externes sont deux fois aussi bons que les produits internes pour réduire les charges de refroidissement de pointe. Toutefois, notez que d'autres aspects tels que la lumière du jour sont également très importants.

Pour la validation des résultats du model de calcul développé ils ont opté pour **Un simulateur solaire** pour les mesures. Les dispositifs d'ombrage mesuré en laboratoire solaire ont montré un accord raisonnable avec les modèles de calcul développés. Les différences ont été en général à moins de 4%.

D'autres développements et validations ont été réalisé avec **PARASOL outil informatique** Comme une aide à la conception. Avec cet outil, il est possible de déterminer les propriétés de transmission du rayonnement solaire de combinaisons quelconques des systèmes de vitrage et des protections solaires.

Les résultats ont montré que Les produits mesurés dans le simulateur solaire sont en accord raisonnable avec les calculs de PARASOL à incidence normale. Les résultats indiquent que les calculs optiques de PARASOL sont correctement effectuées, les différences étaient en général à moins de $\pm 4\%$. Néanmoins, le simulateur solaire n'a cependant pas été assez bon doit encore être mis au point pour donner une meilleure rentabilité des résultats.

(Wall, M., & Bülow-Hübe, H 2000.2002)

On retient de cette recherche en premier lieu que la méthode utilisé pour la validation des résultats du model étudiant est très importante, où l'auteur a affirmé que la méthode basée sur l'outil de simulation est la plus précise pour mesurer un modèle contrairement à d'autre méthode utilisées tel que le simulateur solaire au laboratoire.

En seconde lieu on retient que les dispositifs des protections externes sont deux fois plus efficaces que les protections solaires intérieures dans le but de réduire les charges de refroidissement de points.

II-/POSITIONNEMENT EPISTEMOLOGIQUE :

Après avoir fait une présentation de l'état de l'art sur un grand nombre d'études paramétriques des systèmes de protection solaire et leurs effets sur la consommation d'énergie, notre objectif de cette étape est de choisir la méthode la plus adaptée à notre problématique de recherche. Depuis le développement des programmes informatiques performants, un grand nombre de ces études sont principalement concentrées sur l'expérimentation à l'aide de la simulation par logiciel (la simulation expérimentale), certaines ont passé par des méthodes de calcul détaillés et des mesures faites au laboratoire.

Notre positionnement par rapport à ses recherches et l'adaptation de la méthode expérimentale basé sur l'outil de simulation qui nous donne la possibilité de jouer avec le modèle de bâtiment entier en lui ajoutant des composants, en modifiant sa forme, son orientation, en le situant à des endroits différents. Pour nous la simulation est nécessaire pour atteindre les objectifs sus énoncés et la vérification des hypothèses formulées, nous l'avons choisie pour sa rapidité et sa maniabilité de varier plusieurs paramètres en même temps, dont elle permet d'évaluer une solution technique ou architecturale faite avec détail, précision et pertinence contrairement aux méthodes expérimentales.

La simulation informatique fournit des résultats sous une forme identique à celle qu'auraient des mesures expérimentales sur un bâtiment réel dont il a été montré par plusieurs chercheurs présentés dans l'état de l'art en comparant la simulation aux autres méthodes (Maria Wall, Helena Bülow-Hübe, 2003), (José Luis Hernández, 2012), donc pour notre étude la simulation informatique avec le logiciel choisie est la plus pratique pour calculer le taux de consommation d'énergie dans le bâtiment en l'optimisant avec des protections solaires (intérieure – extérieure) pour

obtenir l'effets de cette dernière sur le taux de consommation d'énergie dans un bâtiment a mur rideaux situé dans un climat chaud et aride.

II-1-/Définition de la méthode utilisée :

La simulation informatique est pour nous un outil qui nous fournit une grande panoplie de techniques pour optimiser et créer des conceptions plus élevés de performance. D'autre part, la simulation implique un nouveau modèle cognitif à l'intersection de l'enquête de la conception et la méthode scientifique de raisonnement. Par exemple, la recherche dans la conception basée sur la performance démontre un excellent exemple où la simulation crée un couplage intéressant entre la conception et le raisonnement scientifique.

En outre, nous sommes à un moment où la simulation des comportements émergents dans un environnement peut être combinée avec notre capacité croissante dans la détection et la collecte des données à partir d'un environnement existant, comme un bâtiment ou un environnement urbain. Les modèles de simulation peuvent maintenant communiquer avec le monde physique et, dans certains cas, constituer un contrôle d'un système à travers un mécanisme de contrôle prédictif (SCS ,2015).

Conclusion :

Après avoir étudié les différents travaux qui ont été faites par des chercheurs sur les protections solaires et leurs rôle dans la réduction de la consommation énergétique, des différentes méthodes ont été utilisés afin de répondre à leur préoccupation.

L'état de l'art nous a aider à choisir permis les différentes méthodes utilisée par ses chercheurs la meilleure méthode de l'approche expérimentale pour reprendre à nos objectifs et nous a permis de rendre compte de la multitude des stratégies et des solutions qui en découlent.

A travers l'exploration des travaux que nous avons pu recueillir et qui traitent l'effet de la protection solaire sur la consommation énergétique, nous avons essayé dans un premier temps de recenser les méthodes utilisées, ensuite les solutions mise en place envers la protection solaire pour obtenir une bonne efficacité énergétique du bâtiment. Nous avons de ce fait tenté de faire ressortir les paramètres qui semblent avoir une influence sur la performance énergétique de la protection solaire. Les paramètres identifiés se rapportent : à l'orientation du bâtiment, l'emplacement de la protection solaire et sa la gestion.

L'ensemble des expériences recueillies lors de notre recherche bibliographique, ont montré l'intérêt que joue une bonne protection solaire dans la réduction des consommations énergétiques. De ce fait ses déférentes recherches nous conduisent à dire que la protection solaire est un élément très important voir même indispensable pour les bâtiments dans un climat très chaud et qui subit des surchauffe, dont elle répond à une multiplicité d'objectifs : Limiter les surchauffes, Limiter l'éblouissement, contrôler l'éclairage naturel dans les pièces. Elle peut également contribuer à l'occultation d'un local, l'intimité des occupants et l'esthétique de la façade.

Donc La conception d'une protection solaire efficace est fondamentale pour qu'un bâtiment soit thermiquement et énergétiquement performant.

CHAPITRE V :
CAS D'ETUDE ET
METHODOLOGIE DE
TRAVAIL

*«La méthodologie est l'ensemble des méthodes et des techniques qui orientent
l'élaboration d'une recherche et qui guident*

La démarche scientifique »

(M. Angers, 1997).

Introduction :

Les chercheurs scientifiques utilisent plusieurs outils pour effectuer leurs travaux de recherche, la méthodologie est une caisse à outils de plusieurs méthodes qui nous aide à effectuer notre travail de recherche scientifique. Dans notre travail qui consiste à évaluer l'effet des protections solaires intérieures et extérieures sur la consommation d'énergie de climatisation dans le bâtiment avec mur-rideau en période estivale, pendant les 6 mois de la saison chaude ainsi de faire une comparaison entre la protection extérieure et intérieure pour cela nous avons adopté la simulation à l'aide d'un logiciel informatique comme outil de travail afin d'essayer de prouver nos hypothèse su-
énoncer.

Comme le secteur tertiaire offre des possibilités importantes de participé dans la réduction de la consommation d'énergie puisque il est responsable de 27% de la consommation totale du secteur ménager en 2015 (Chapitre II), et son impact sur l'environnement. Pour ce secteur le bâtiment administratif avec mur rideau nous donne l'opportunité d'étudier les performances énergétiques. Notre objectif dans cette recherche est d'évaluer la performance énergétique d'un bâtiment a mur rideaux en l'optimisons avec des protections solaire intérieures et extérieures.

Dans ce chapitre on va présenter aussi la ville de Bechar on faisant une présentation climatologique et un aperçu historique de cette ville, de plus on va dévoiler l'exemple choisie pour notre d'étude.

I-/CRITERE DE CHOIX DE LA VILLE DE BECHAR :

Le choix de la ville de Bechar ou on a ciblé notre cas d'étude s'est fait pour des différentes raisons : avant tout c'est une ville qui épouse la nouvelle tendance architecturale des bâtiments avec façades rideaux qu'on a choisie comme cas d'étude, surtout que cette ville possède aussi le climat choisie pour évaluer notre cas d'étude (chaud et aride).

De plus c'est la ville où j'habite ce qui est un avantage pour mieux étudier notre cas à son état fonctionnel, ainsi que ses propriétés.

II/PRESENTATION DU CONTEXTE GENERAL :

II-1-/Aperçu sur la ville de Béchar :

La ville de Béchar se situe au sud-ouest Algérien, à une distance de 1 150 km la capitale Alger, et à 80 Km de la frontière Marocaine, et à environ 850 km au nord-est de Tindouf. Béchar occupe le 6ème rang par rapport à l'ensemble des wilayas du pays elle est classée comme la plus grande ville du sud-ouest algérien.

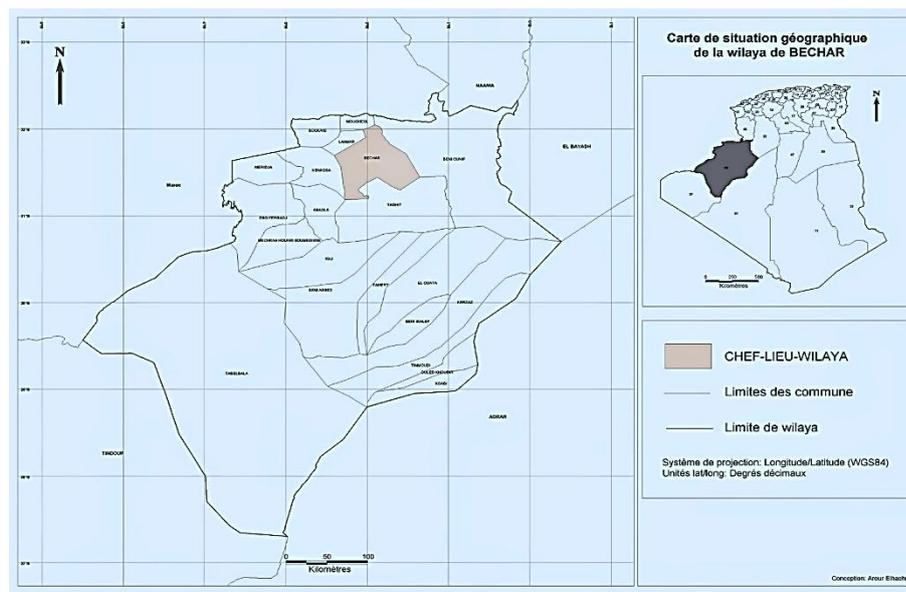


Figure 60 : Carte de situation géographique de la wilaya de BECHAR
(Source : Publié par Elhachmi Arour)

L'immensité du territoire et l'éparpillement des populations augmentent les distances entre les localités, la population totale de la wilaya est estimée à 279851 habitants selon l'Annuaire statistique de la wilaya de Bechar en 2009 (DPAT.2009).

La wilaya de Béchar est limitée :

- à l'Est par la Wilaya d'Adrar,
- à l'Ouest par le Royaume du Maroc,
- au Nord par les Wilayas de Naâma et d'El Bayadh,
- et au Sud par les Wilayas de Tindouf et d'Adrar.

Outre le fait qu'elle constitue un point ordonnateur de tout le système de circulation dans l'ensemble de la région sud-ouest Algérien, voire un nœud d'escale important pour la navigation aérienne ; cette ville constitue un relais important au biais de la RN6, sur laquelle s'effectue l'essentiel du trafic entre le Nord du pays, les Wilayas du sud-ouest, et les pays d'Afrique subsaharienne.

Bechar procède un tissu traditionnel réalisé avant 1900, qui est représenté par le Ksar qui est le cœur de la ville de Béchar aux bords de l'oued, il se compose généralement de maisons traditionnelles construites en adobe. Un autre tissu juste à côté du premier tissu, qui est le patrimoine colonial, composé essentiellement de bâtiments d'habitation et d'un réseau d'équipement.

Le reste de la ville est un nouveau tissu urbain, celui de la post indépendance, il est caractérisé par des cités dortoirs implantées linéairement en parallèle à l'oued sur sa longueur en direction nord-sud, reliant l'entrée de la ville à sa sortie. De plus on trouve aussi dans ce nouveau tissu des logements en croissance rapide, et des bâtiments avec de nouvelle tendance architecturale qui ont été introduit dans les deux secteurs (résidentiel et tertiaire).

II-2-/Aperçu historique sur Béchar:

Historiquement, en 1902, lors de la colonisation, la ville est nommée Colomb-Béchar et fait partie des Territoires du Sud, subdivision de l'Algérie française entre 1902 et 1957 (Atlas, 1830-1960).

En 1958, elle fait partie du département de la Saoura. Après l'indépendance, elle prend le nom de Béchar, pendant ses années 50 la ville de Béchar s'est affirmée comme étant un centre militaire, commercial et administratif. L'effectif des populations civiles et militaires qui s'y sont installées a permis l'essor de la ville et sa structuration en centre urbain qui rayonnera sur tout le sud-ouest du pays.

Depuis, Béchar est devenue donc la métropole de toute la région sud-ouest de l'Algérie.

La ville vivait de l'industrie du charbon et de la mine. Les habitants locaux comptaient également sur la production agricole, grâce à une vaste étendue de terre irriguée, où des dattes sont principalement cultivées. Aux côtés d'une grande production de dattes à Béchar, des céréales, des légumes, des figues et des amandes sont également cultivés. En plus de ces récoltes, un grand nombre d'animaux sont élevés par les fermiers et les ouvriers agricoles, tels que les moutons, les chèvres, les chameaux, les bovins et les poulets.

II-2-1-/Etymologie du nom Béchar :

Pour atteindre l'étymologie du nom « Bechar» ce sont les légendes qui peuvent donner des éléments d'information sur l'origine du nom.

Parmi plusieurs histoire et évènement, citons celle qui avançait que le nom de Béchar viendrait du fait qu'un musulman envoyé par un sultan entre le IXème et le XVème siècle reconnaître cette région en aurait rapporté une outre d'eau limpide en guise de bonne nouvelle (ou BECHARA en arabe) de la découverte d'une région riche en eau. Et c'est ainsi que le Ksar prit le nom de Béchar. (Abdelkader HANI ,2002)

III-/PRESENTATION CLIMATIQUE DE BECHAR :

En l'Algérie plus de 85 % de la surface totale est caractérisée par un climat chaud et sec, subdivisée en trois zones climatiques d'été (E3, E4 et E5) et une zone climatique d'hiver (divisée à son tour en trois sous zones H3a, H3b et H3c). Toutes ces régions subissent l'influence de l'altitude (Fig61.).

Les zones climatiques en Algérie sont comme suit :

- La zone E3 (Présaharien et Tassili), les étés y sont très chauds et très secs,
- La zone E4 du Sahara, correspondant à des étés plus pénibles que ceux d'E3,
- La zone E5 du Tanezrouft est la plus chaude en Algérie,
- La zone H3a (Présaharien), d'altitude comprise entre 500 et 1000 mètres, est caractérisée par des hivers très froids la nuit par rapport au jour,
- La zone H3b (Sahara), d'altitude comprise entre 200 et 500 mètres, les hivers y sont moins froids que ceux de la zone H3a,
- La zone H3c (Hoggar), d'altitude supérieure à 500 mètres, avec des hivers rigoureux analogues à ceux de la zone H3a, mais qui persistent même durant le jour.

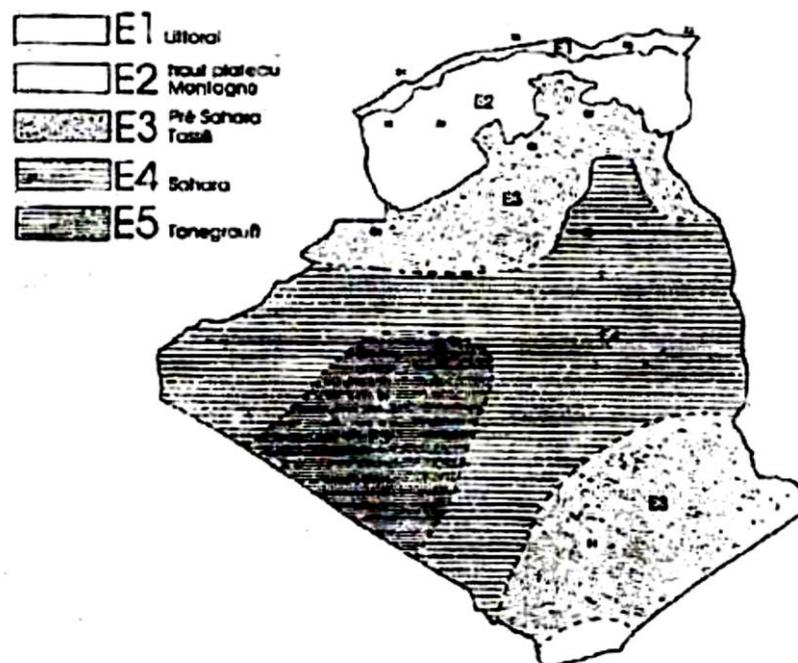


Figure 61: Zonage climatique en Algérie. (Source : Ministère de l'habitat, 1993)

Comme Béchar se situe près de la frontière avec le Maroc dans le nord-ouest de l'Algérie, la ville bénéficie d'un climat désertique chaud, avec des températures élevées la journée et très peu de pluie.

L'analyse de la distribution mensuelle de la température et de l'humidité relative de la ville de Béchar indique que la majeure partie de l'année se situe en dehors de la zone de confort (R. Benziada, 2006). Donc, Les bâtiments doivent, être conçus selon les exigences d'été; celles de l'hiver seront satisfaites en conséquence.

La ville de Bechar appartient à la zone climatique d'été E3 présenté dans la figure 00 et celle d'hiver H3a avec deux saisons principales (été et hiver). Avec une forte insolation, dépassant les 3500 h/an, et un intense rayonnement solaire direct qui peut atteindre 800 W/m² sur un plan horizontal, le climat de Béchar présente un régime thermique très contrasté. En été, la température max dépasse facilement les 44 °C à l'ombre, et l'humidité relative reste faible autour de 19 %. En revanche pour l'hiver la température extérieure peut descendre à -5 °C la nuit avec des précipitations rares et irrégulières d'après des données climatiques enregistrées.

Les enregistrements pour la série de (1991-2010) ci-dessous nous montreront les niveaux d'aridité dans la région de Béchar, qui ne cesse d'évoluer dans le Sahara algérien cela est causé par les changements climatique (l'augmentation des températures est la rater des Pluit) qui occupent une grand partie de la cause d'origine de la sécheresse.

III-1-/Enregistrements des données climatiques pour la série (1991-2010) :

Comme toutes les autres régions du pays, Bechar est sujette aux changements climatiques que connaît notre planète. Les enregistrements climatiques pour chaque année se ressemblent généralement avec leurs antécédents. Pour mieux connaître le climat de Bechar et avoir une idée plus large on n'a pas voulu se contenté d'une seule

année pour le juger, nous avons choisie des données enregistrées dans le logiciel Meteonorm 7 version 7.1.10 qui possède une série des données climatiques de 1991-2010, dont les périodes de températures, précipitation, humidité et vitesse du vent sont enregistré pour la série (2000-2009) et pour les rayonnements sont enregistré pour une série plus large (1991-2010).

Dans l'étape suivante on va présenter d'abord les coordonnées géographiques de la ville ensuite les éléments caractérisant le climat de Bechar pour la série énoncé dans le tableau et les graphes ci-dessous :

III-1-1-/Coordonnées géographique:

La ville de Bechar s'étend sur 5050 Km², située à environ 772 mètres d'altitude, la ville a pour coordonnées géographiques en décimales sont;

- Latitude : 31.617[°N]
- Longitude : -2.233[°E]

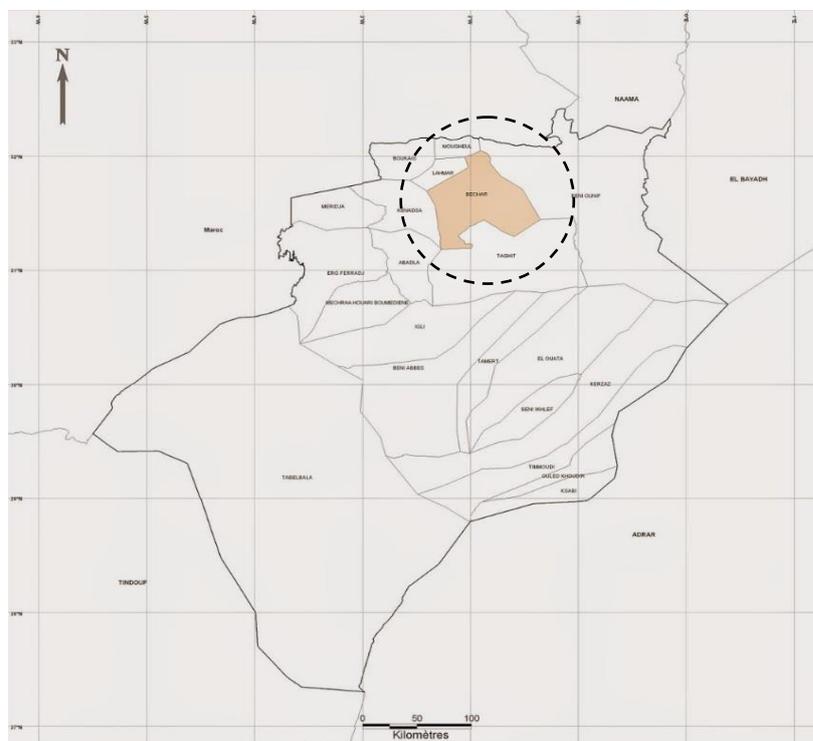


Figure 62 : Carte géographique de la ville de Bechar (Source : Publié par Elhachmi Arour)

Les communes limitrophes de la ville de Bechar :

Bechar est limité par Kenadsa située à 22 km à l'ouest, Lahmar à 37 km au nord Moughel à 52 km au nord-est, Beni Ounif a 111 km au nord-est, et Taghit à 93 km au sud-est. On touche une légère différence au niveau des données climatiques entre ces communes et la ville de Bechar.

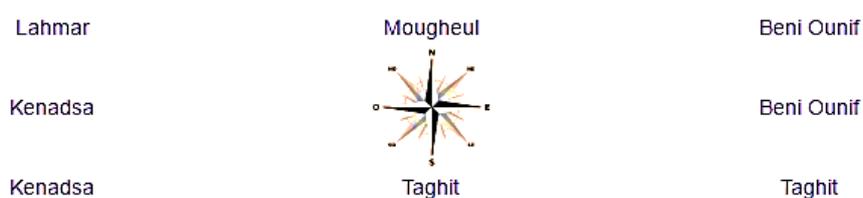


Figure 63 : Situation des localités limitrophes de Bechar.

III-1-2-/Tableau de donnée climatique :

Dans le tableau suivant qui présente ; Gh (l'irradiance moy. du ray. global horiz) Dh (l'Irradiance du rayonnement diffus horizontal), Bn (Irradiance du rayonnement direct normal), ainsi que la Ta (Température de l'air), Td (Point de rosée) Et enfin FF (Vitesse du vent).

	Gh kWh/m ²	Dh kWh/m ²	Bn kWh/m ²	Ta °C	Td °C	FF m/s	RH %
Janvier	126	21	224	9,3	-1,8	2,8	46
Février	135	27	199	12,6	-1,3	3,3	38
Mars	198	30	277	17,6	-1,3	4,3	28
Avril	224	40	273	21,2	-0,1	5,2	24
Mai	251	49	280	25,7	2,4	5,3	22
Juin	250	50	279	31,4	4,8	4,6	19
Juillet	249	57	266	35,1	5,8	4,4	16
Août	235	46	268	33,8	7,1	4,2	19
Septembre	186	51	213	28,2	7,7	4,1	27
Octobre	158	40	204	22,6	6,7	3,5	36
Novembre	127	21	225	15	3,3	3,2	45
Décembre	114	19	218	10,7	1,2	2,8	52
Année	2251	450	2925	21,9	2,9	4	31

Tableau 03 : Des enregistrements climatique de la série (1991-2010).

Le tableau 03 nous montre que la Température Moyenne Mensuelle en été peut facilement dépasser les 33 c° à l'ombre avec un rayonnement direct normal qui dépasse les 260 KWh/m² et pour l'humidité relative reste faible à 19%, par conséquence en hiver la température moyenne de l'air peut descendre a 9C°.

III-1-3-/Graphes du Rayonnement mensuel et journalier :

Le graphe montre le taux d'énergie mensuelle du rayonnement par mètre carré, on remarque que le taux d'énergie globale dans la période estivale et hivernale est très important ou on a enregistré un maximum de rayonnement global pour les mois de mai, juin et juil.

Pour cela si le concepteur choisi une orientation pour bénéficier de cette énergie hivernale, par conséquence en été il faut qu'il prévoie des protections solaire pour ces bâtiments en période d'été afin d'éviter les surchauffes internes.

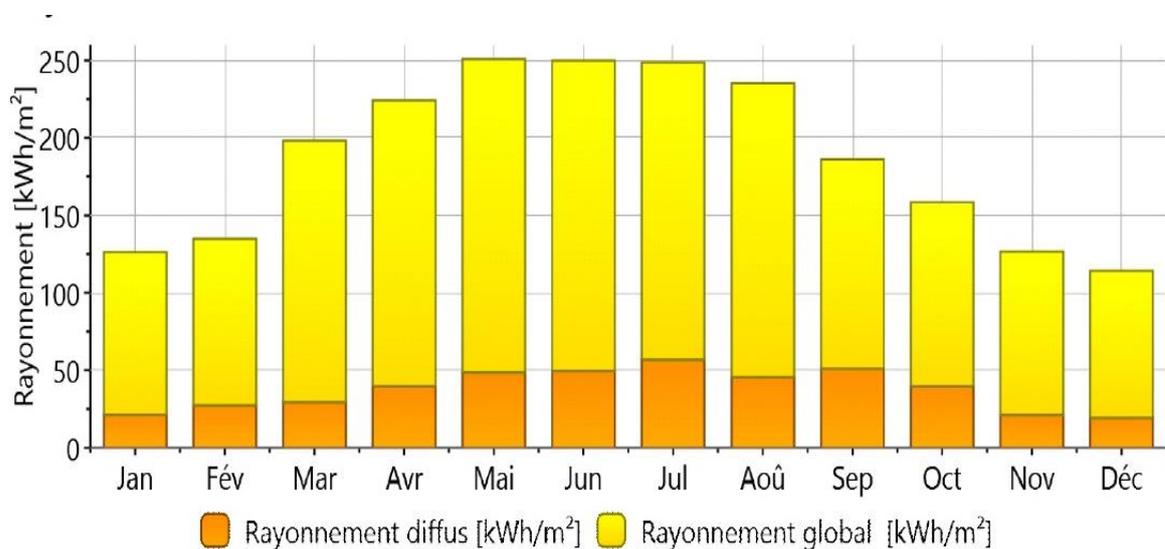


Figure 64 : Histogramme représentatif du rayonnement mensuel diffus et global.



Figure 65 : Courbe représentatif du rayonnement journalier global.

III-1-4-/Graphe de la durée d’insolation :

Le graphe suivant nous montre la durée de l’ensoleillement mensuel de jours ensoleillé par heure, ou on enregistre une différence de la durée d’ensoleillement entre l’été et l’hiver au tour de 4 heure, avec un maximum d’ensoleillement pour les mois de, juin et juillet avec 11h d’ensoleillement et une journée plus longue qui dure 14h ,on remarque que les périodes d’insolation et de chauffage sont d’une grande durée, cette caractéristique offre à la région de Béchar son trait désertique aride et sa spécificité saharienne qui nécessite une technique de construction adapter à son climat.

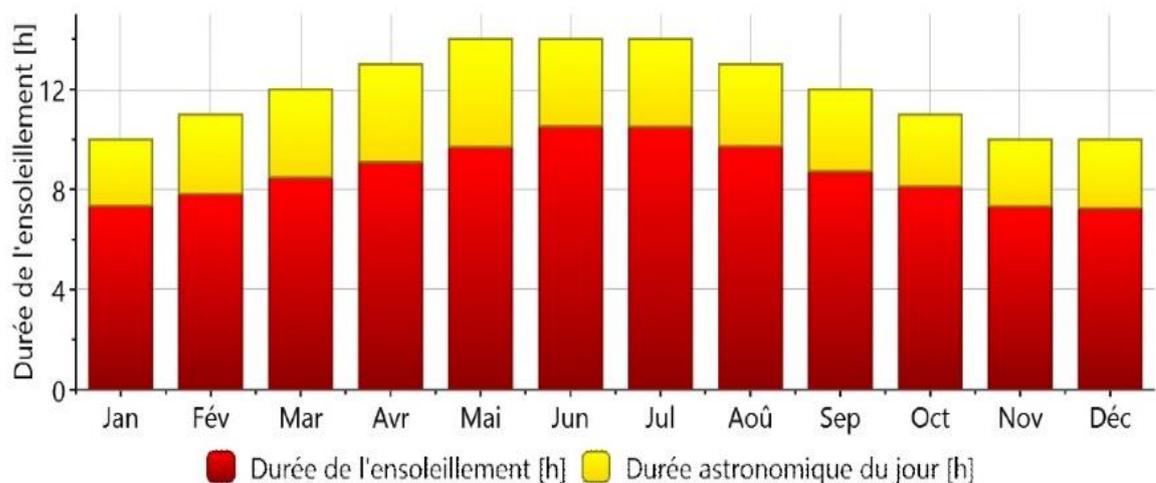


Figure 66 : Histogramme représentatif de l’ensoleillement mensuel de jours ensoleillé par heure Pour la période (1991-2010).

III-1-5-/Enregistrements de la température par mois pour la période (2000-2009) :

Pour tous les mois on touche un écart de température entre le jour et la nuit. Pour la période estival la courbe touche son maximum au mois de juillet avec une température maximale journalière d'environ 44 c°. Juillet est de ce fait le mois le plus chaud. Pour la période hivernale le froid atteint son minima au mois de janvier avec une température minima sous les 0 C° voir les figures ,67, 68 .

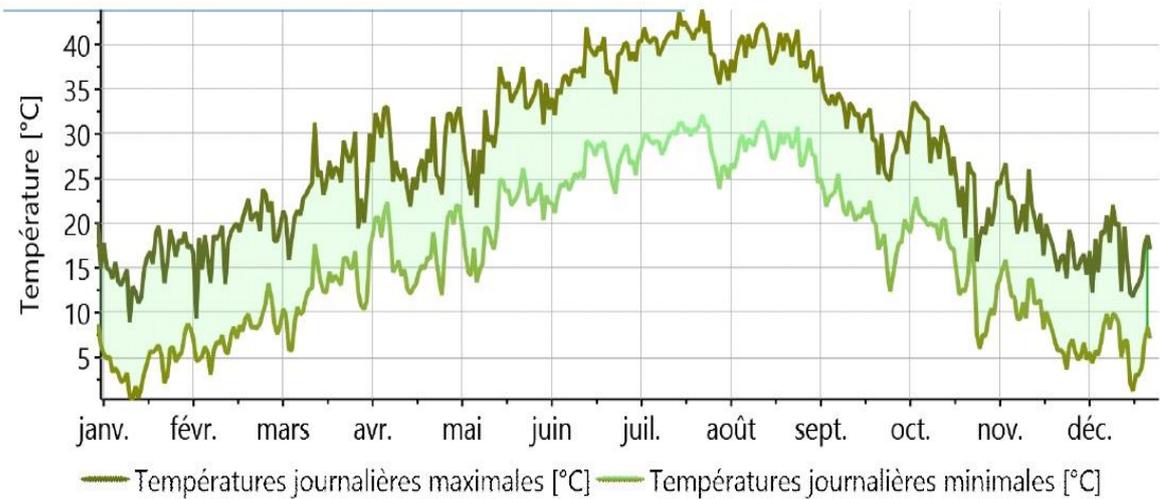


Figure 17 : Courbe de la Température journalière pour la période (2000-2009).

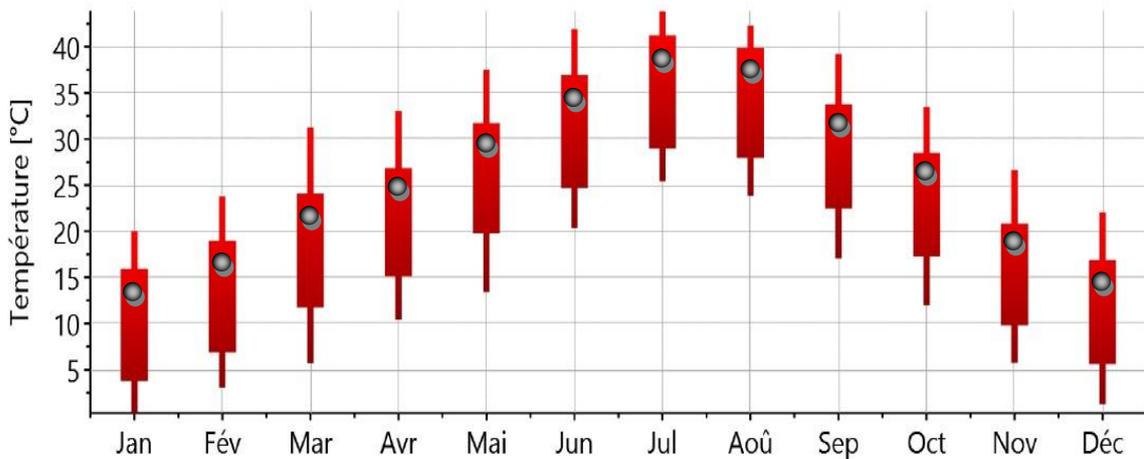


Figure 68 : Graphe de la température mensuelle moyenne pour La période (2000-2009).

III-1-6-/Enregistrements de la précipitation pour la période (2000-2009) :

Le diagramme suivant présente les précipitations mensuelles en mm des jours avec précipitation. On enregistre la valeur de précipitation la plus faible de 2 mm qui fait du mois de Juillet le plus sec de l'année et une moyenne de 16 mm avec 3 jour de précipitations qui fait du mois de septembre et octobre les mois les plus haut taux de précipitations pour cette période.

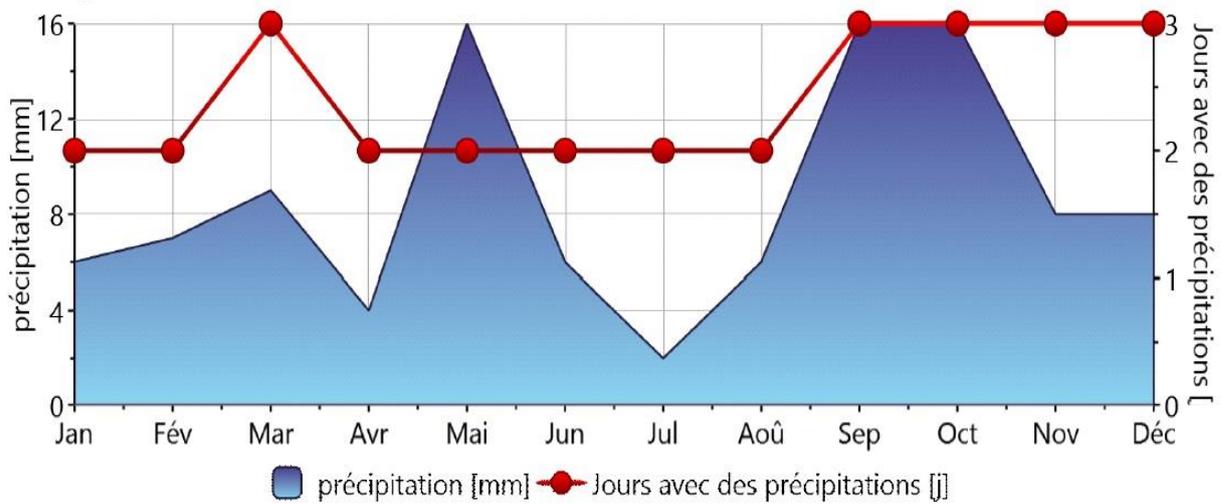


Figure 69 : Graphe représentatif des précipitations mensuelles en mm des jours avec précipitation en période (2000-2009).

A partir de la présentation climatique de la ville de Béchar retenu dans notre étude , il apparaît, que la plus grande partie de l'année présente des conditions de vie inconfortables: un été long qui commence en début du mois de mai et se termine vers la mi-octobre, c'est presque la moitié de l'année avec des enregistrements de la température élevés et des taux d'humidité très bas avec une rareté des pluies c'est-à-dire un été chaud et sec, avec un hiver modéré par moments. Donc Les bâtiments doivent être conçus selon les exigences d'été; celles de l'hiver seront satisfaites en conséquence.

IV-/CAS D'ETUDE :

IV-1-/Choix du cas d'étude:

Le choix du cas d'étude s'est porté sur un bâtiment administratif situé dans un climat chaud et aride (Bechar), la raison majeure du choix de ce bâtiment réside principalement dans le fait que celui-ci procède les critères de la nouvelle tendance architecturale : concept mur-rideau sur lequel notre travail va porter sur l'étude de la consommation d'énergie et l'effet des protections solaire sur celle-ci.

IV-2-/Critère de choix du bâtiment a mur rideaux :

Le choix d'étudier des bâtiments a mur-rideau dans une zone chaude et aride dans notre étude (Bechar), nous a poussé à le faire qu'en été avec un climat comme celui de Bechar où l'insolation est très importante et dure plus de 11h ; et des températures trop élevée, donc ces bâtiments deviennent énergivores du fait qu'ils possèdent des grandes surfaces vitrées à cause de leur exposition au rayonnement solaire direct provoquant une surchauffe responsable d'une grande consommation d'énergie pour climatisation.

Pour cela notre travail nous a amené à protéger ces bâtiments afin de participer à la réduction de la consommation d'énergie

IV-3-/Aperçu sur les bâtiments avec mur-rideau à Bechar :

Bechar est une ville qui a connue dans ces dernières années des nouvelles tendances architecturales dont l'élément majeur est la construction avec des murs rideau !! Sachant que la région a un climat très chaud et sec en été où ces bâtiments sont fragiles face à ce dernier. On va essayer de présenter quelques modèles de ces bâtiments dont on a choisie comme cas d'étude dans les figures suivantes :



Figure 70 : Direction de l'Académie. (Source : Auteur).



Figure 71 : Direction des travaux publique. (Source : Auteur).



Figure 72 : Agence de transport routière. (Source : google.fr).



Figure 73 : Direction de la douane. (Source : Auteur).



Figure 74 : Direction du tourisme. (Source : Auteur).



Figure 75 : Direction de l'agriculture. (Source : Auteur).

IV-4-/Présentation du cas d'étude

Le cas choisi est un bâtiment administratif implanté dans la partie nord-ouest de la ville de Bechar, il a été inauguré entre (2011-2012), il possède une forme d'éventail constituée de deux bloc : un rectangulaire et l'autre sous forme 1/4 de cercle, voir figure 76.

Le bâtiment comporte environ 25 bureaux, une salle de réunion, et une grande réception avec un personnel d'environ 60 personnes.

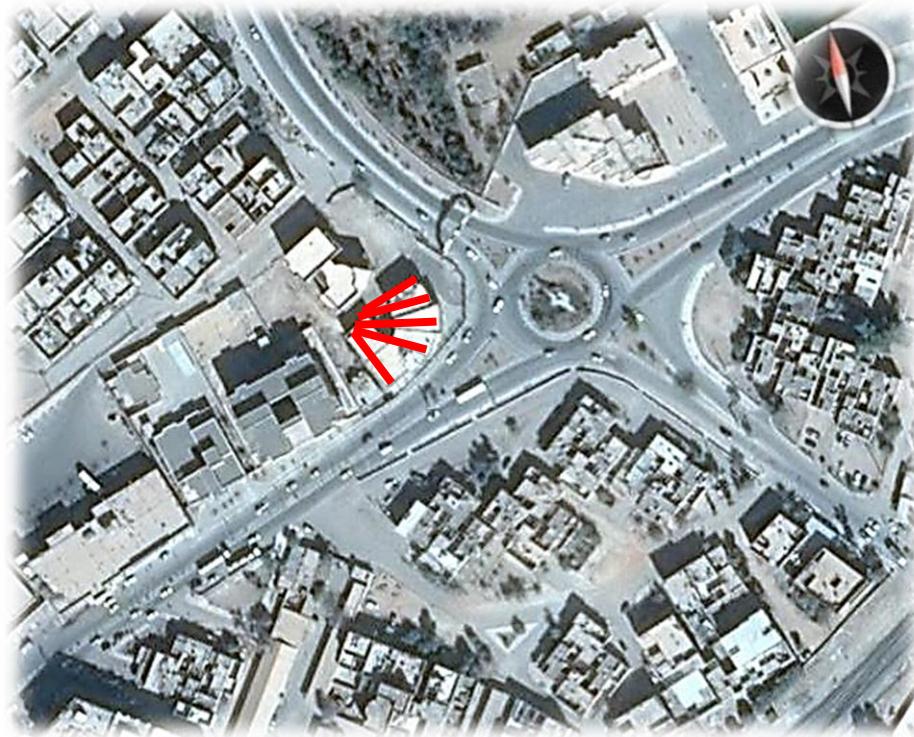


Figure 76 : Plan de situation. (Source : Google map 2017. Avec adaptation auteur).



Figure 77 : Façade principale. (Source : Auteur).



Figure 78 : L'entrée de la direction. (Source : Auteur).



Figure 79 : Hall de réception. (Source : Auteur).



Figure 80 : Vue vers l'extérieur d'un bureau. (Source : Auteur).

IV-4-1-/Critères de choix du cas d'étude :

Parmi plusieurs bâtiments administratifs avec mur rideau qu'on a recensé dans la ville de Béchar le choix de notre cas d'étude est basé sur les critères suivants :

- C'est un bâtiment qui procède une très grande façade rideau orientée est-sud-est qui bénéficie des rayons solaires instances presque toute la période ou le bâtiment est fonctionnel, sachant que cette orientation n'est pas favorable en période d'été, donc on la choisie pour avoir une étude plus clair lors de l'optimisation du bâtiment afin d'essayer de réduire la consommation d'énergie de climatisation.
- Ce bâtiment procède une géométrie métrisable l'or de notre simulation expérimentale, avec un programme et un équipement très simple.
- C'est le bâtiment le plus ancien par rapport au exemple recensés et fonctionnels ou on peut constater des informations qui nous aide dans notre étude.
- Ce bâtiment comporte deux type de façade vitrée : une façade rideau, et une façade avec des baies vitrée occupe 70% de la façade exposée, qui nous permet une variété dans notre étude.
- Enfin c'est un bâtiment ou on a plusieurs inconvénients ; tel que l'absence des protections solaires intérieures et extérieures qui participent au rendement énergétique du bâtiment dans la période d'été selon les travaux de plusieurs chercheurs déjà cité.

IV-4-2-/Données sur le bâtiment d'étude

IV-4-2-1-/Orientation du bâtiment :

Le bâtiment d'étude est orienté vers la direction nord-ouest sud-est voir la figure 81, cette orientation n'est pas assez favorable pour l'été surtout que la façade principale orienter est-sud-est est totalement vitrée (une façade rideau) en été elle est exposée au rayonnement direct et intense de la journée. Pour la façade sud-est, elle est aussi face au rayonnement solaire direct de l'après-midi. A ce temps les rayons solaires sont d'une incidence très faible, qui fait qu'ils pénètrent plus profondément à l'intérieur. Par contre cette orientation est acceptable en hiver.

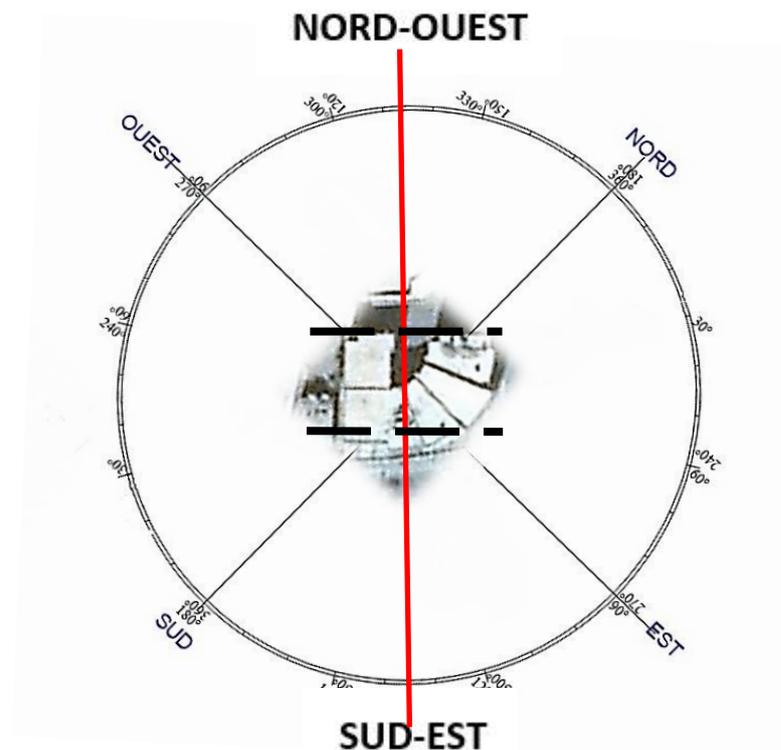


Figure 81 : Orientation du bâtiment d'étude et trajectoire Solaire.
(Source : Auteur).

IV-4-2-2-/Description technique du bâtiment :**IV-4-2-2-1-/Description des façades :**

Notre bâtiment par sa forme d'éventail est défini en trois façades présentées comme suit :

- Une grande façade rideau orientée est-sud est composée d'un mur en verre (mur rideau) sa surface totale occupe un pourcentage de 95% de la surface totale de la façade exposée !! sachant que la surface recommandée pour des fenêtres conçues pour la ville de Bechar est d'environ 20 à 35% de surface pour une façade exposée. Le vitrage utilisé dans cette façade est un doublé à faible émissivité avec un revêtement anti-réfléchissant, si en hiver il permet des apports solaires importants et évite les pertes de chaleur, en été il risque de nous créer des surchauffes à l'intérieur du bâtiment car en été ce vitrage à faible émissivité avec un revêtement anti-réfléchissant absorbe plus d'énergie solaire, transmise à l'intérieur afin qu'elle devient encore plus



Figure 82 : Façade Principale Est-Sud-Est. (Source : Auteur).

élevée que d'une fenêtre de verre clair. Toutefois, le vitrage à faible émissivité avec un revêtement anti-réfléchissant n'a pas diminué la demande de chauffage d'une manière significative en hiver. Au contraire il nous mène vers une grande consommation d'énergie et un risque de surchauffe en été à cause de la chaleur transmise à l'intérieur qui reste emprisonnée à cause de la faible émissivité du verre. cette constatation a été prouvée dans des études qui ont été faites par Tobias Rosencrantz sur l'efficacité de la protection solaire interne en 2005 et par (Rosencrantz, T., Bülow-Hübe, H., Karlsson, B. & Roos, A, 2004) l'énergie solaire accrue et l'utilisation des revêtements antireflets sur les fenêtres à faible émissivité.

- Une seconde façade orientée sud-ouest composée de 12 grandes baies vitrées (2.00m X 1.40m) occupants un pourcentage de 70% de la surface totale de la façade exposée, le vitrage utilisé est celui du mur rideau de double vitrage à faible émissivité et pour le reste de la façade un mur de double parois en brique rouge (15cm + lame d'air de 5cm + 10cm).



Figure 83 : Façade Sud-Ouest. (Source : Auteur).

- Pour la troisième : c'est une façade aveugle orientée nord-ouest constitué d'un mur occupant la totalité de la surface de la façade exposée. Le mur est composé de deux parois en brique rouge (15cm + lame d'air de 5cm + 10cm).



Figure 84 : Façade Aveugle Nord-Ouest. (Source : Auteur).

IV-4-2-2-2-/Structure et surface du bâtiment :

Le bâtiment simulé comporte une structure en poteaux-poutre en béton avec une surface habitable de 1310.7092 (m²) et une hauteur de 6.7m selon le concepteur.

Planchers :

Le bâtiment contient deux planchers en corps creux avec une dalle de compression Pour le toit lui aussi est en corps creux + dalle de compression caractérisé par un système d'étanchéité.

Parois de séparation :

On parle de mur de séparation intérieurs qui se définit par un mur en brique de 15cm + plâtre

Éclairage :

Le bâtiment a un système d'éclairage simple (off/on) se présente en écrans de 120x20 cm équipé de 2 tubes fluorescents de 49w placé dans le plafond pour la plupart des espaces sauf le hall et les sanitaires où on a des lampes simples de 75w.

Système de climatisation :

Notre cas d'étude est doté des climatiseurs doubles corps (Unités extérieures et unités intérieures) Avec différentes puissances (12btu 18 btu 24 btu et 51btu) ces types de climatiseurs sont distribués dans différents espaces du bâtiment selon l'importance de leurs surfaces.

IV-4-2-2-3/Présentation des plans :

Dans la figure ci-dessous on va présenter : Le plan du RDC, l'étage courant et la terrasse

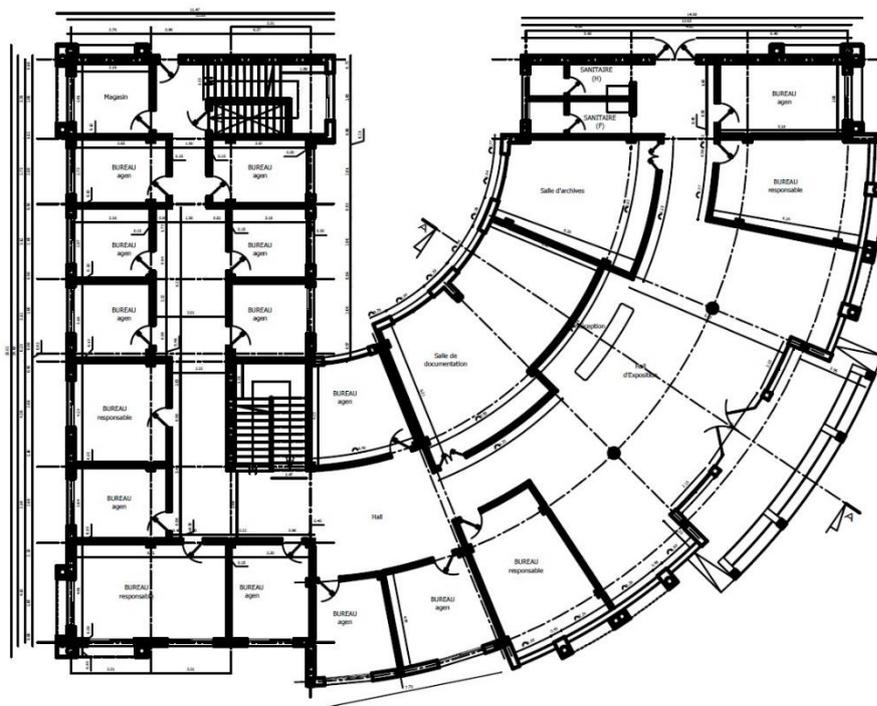


Figure 85 : Plans Du Rez-De-Chaussée.
(Source : Auteur).

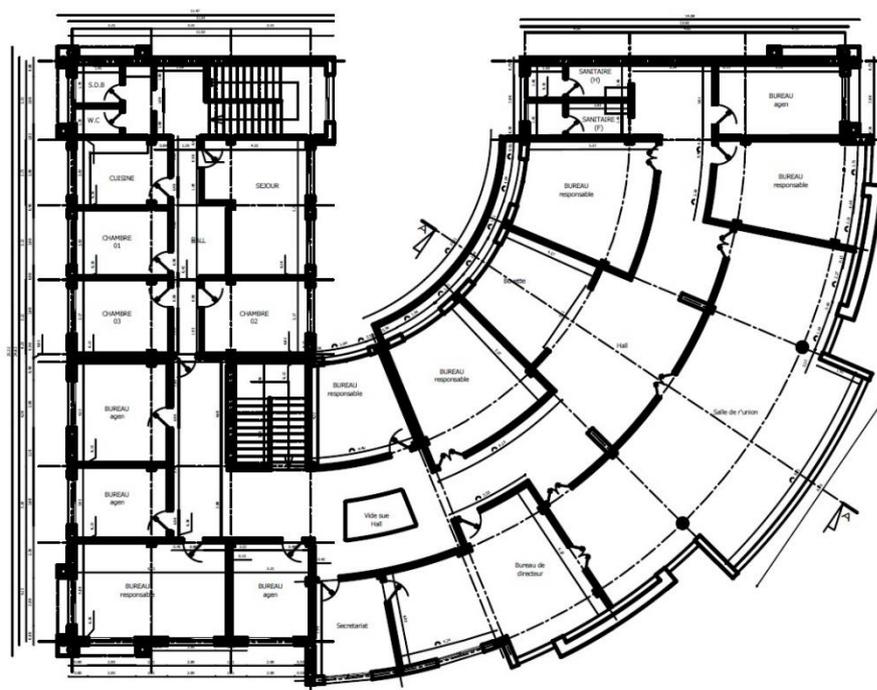


Figure 86: Plan D'étage.
(Source : Auteur).

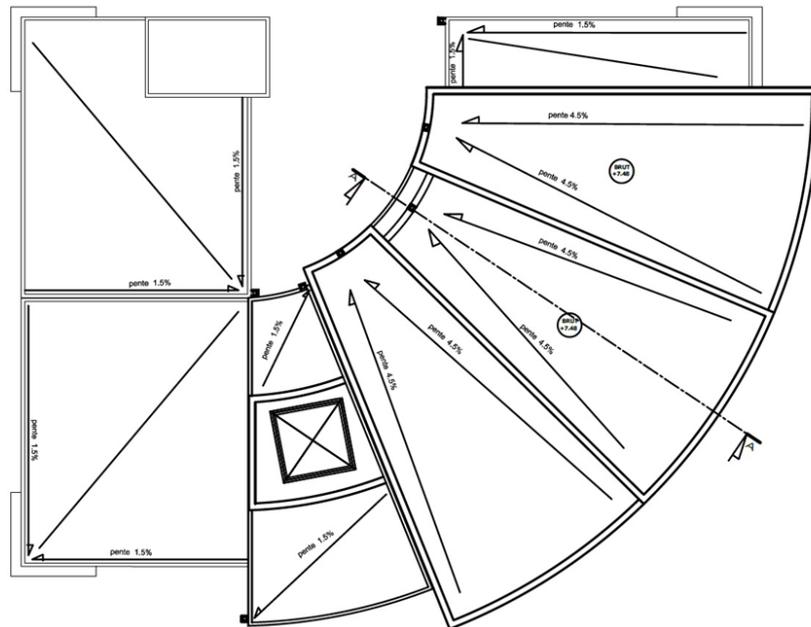


Figure 87 : Plan De Terrasse
(Source : Auteur).

V-/METHODOLOGIE DE TRAVAIL :

V-1-/Programme et objectifs de travail :

Afin de répondre à nos objectifs il est nécessaire d'utiliser une méthode qui permet d'évaluer le paramètre de protection solaire et son influence sur la performance énergétique d'un bâtiment avec mur rideau, cette méthode adaptée va également confirmer ou infirmer nos hypothèses formulées. Pour cela on a choisi la méthode de simulation informatique (chapitre IV) effectuée avec l'outil EnergiePlus version 8.1

Au début notre travail consiste à présenter le modèle du bâtiment à mur-rideau choisie à l'aide du logiciel Sketch Up 2015 permettant de définir la structure et les dimensions du bâtiment.

Ensuite on a entamé l'objectif principale de cette étude qui consiste à optimiser ces bâtiments à mur-rideau en effectuant une série de simulation on utilisant des protections solaires intérieures de type store et extérieures de type brise soleil pour les deux façades du bâtiment d'étude sud-est et sud-ouest. Afin d'améliorer l'efficacité énergétique de ce dernier on essaye en même temps d'évaluer ces deux protections en faisant une comparaison entre eux en évaluant le taux d'énergie du rayonnement solaire qui est influencé par les protections solaires.

Avec le programme de simulation choisie qui nous permet d'optimiser le bâtiment à mur rideau avec des protections solaires intérieures ou extérieures et de comparer ces deux types de protection solaires entre eux. Pour les sorties (outputs) du programme on a choisi d'évaluer les deux paramètres influencé par la protection solaire :

- La consommation d'énergie et les apports énergétiques solaires, pour cela on a lancé un calcul des consommations d'énergie pour climatisation du bâtiment dans deux période ; pour la journée la plus chaud de l'année d'étude (2014) et pendant les 6 mois de la saison chaude.
- Pour la comparaison entre ces deux protections on a évalué le paramètre d'énergie des radiations solaires transmissent à l'intérieur pour la journée la plus chaude .Concernant le paramètre d'éclairage qui lui aussi est influencée par la protection solaires on l'a pas pris en considération dans notre étude.

V-1-2-/Rappel des hypothèses :

1. Un bâtiment sans protection solaire consomme plus d'énergie.
2. Une protection solaire extérieure est plus efficace pour réduire la consommation d'énergie dans les bâtiments.

V-2-/Présentation du logiciel de simulation :

EnergyPlus™ est un programme de simulation thermique et énergétique des bâtiments développé par le DOE (Department of Energy, États-Unis) permettant de réaliser des études de demande et de consommation énergétique. Plusieurs interfaces graphiques complètes pour EnergyPlus sont également disponibles tel que open studio.

Ce programme basé sur une console qui lit les entrées et écrit la sortie dans les fichiers texte. Il est livré avec un certain nombre d'utilitaires, y compris IDF-Editor, EP-Launch, et EP-Compare qu'on a présenté ci-dessous. (energyplus.net ,2016)

EP-Launch offre une alternative plus simple pour exécuter les fichiers de commandes EnergyPlus. EP-Launch permet à l'utilisateur de sélectionner le fichier d'entrée directement ou à partir d'une liste de fichiers récents ou d'exemples. Il permet également une sélection facile pour les fichiers de données météorologiques, Une fois l'exécution d'EnergyPlus terminée, EP-Launch signale si des erreurs ou des avertissements se sont produits. En outre, EP-Launch agit comme un gestionnaire de fichiers pour chaque exécution et peut aider à ouvrir un éditeur de texte pour l'un des fichiers d'entrée et de sortie on, ouvre la feuille de calcul par le logiciel Excel pour plusieurs fichiers de résultats et démarre une visionneuse pour le fichier de dessin de bâtiment on l'ouvrant grâce au logiciel Autocad.

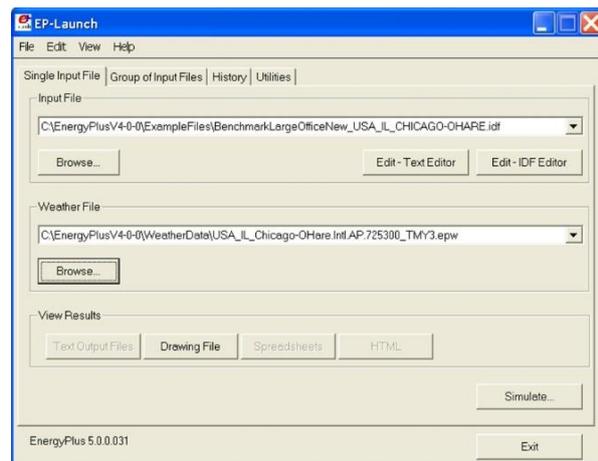


Figure 88 : Présentation De La Face EP-Launch

IDF Editor Fournie Pour les utilisateurs un moyen simple de créer ou de modifier des fichiers de données d'entrée EnergyPlus (IDF). Tout objet EnergyPlus peut être visualisé et édité à l'aide d'une grille en forme de tableau

Pour un nouveau travail il faut d'abord remplir les données par l'utilisateur dans cette grille (les appellations, latitude, longitude, altitude, températures, humidité, model du bâtiment, matériaux de construction, les sortie (output)etc.

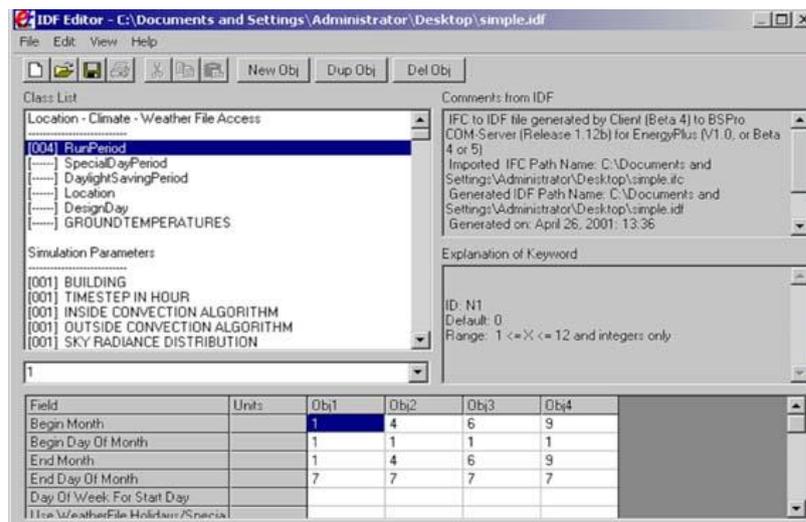


Figure 89: Présentation De La Face IDF Editor

EP-Compare permet une comparaison directe des résultats de plusieurs simulations EnergyPlus. Deux ou plusieurs fichiers peuvent être comparés directement à l'aide de graphiques à barres, de graphiques à barres empilées, de graphiques côte à côte et de graphiques de lignes mensuelles.

EP-Compare Fournit une méthode pour comparer les valeurs de résultat générées par la simulation. En outre, les graphiques montrés peuvent être copiés pour être placés dans d'autres documents. Il peut être utilisé sur les systèmes Windows, Linux et Macintosh.

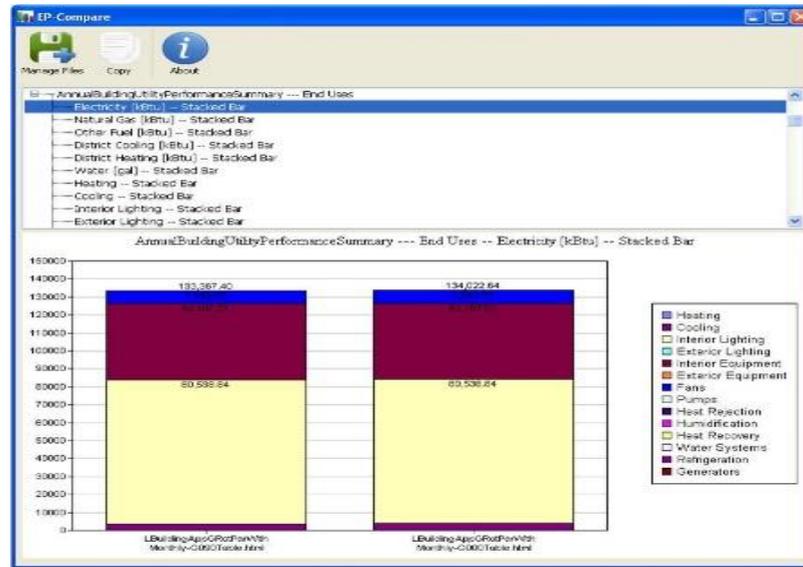


Figure 90 : Présentation de la face EP-Compare

EnergyPlus pour les ingénieurs, les architectes et les chercheurs est un programme de simulation complet qui les utilisent pour modéliser à la fois la consommation d'énergie pour le chauffage, le refroidissement, la ventilation, l'éclairage et les charges de bouchage ainsi que l'utilisation de l'eau dans les bâtiments. Dans notre travail on la adopter pour les fonctionnalités et caractéristiques suivant :

- Il donne la possibilité de jouer avec le modèle de bâtiment on utilisant des logiciels compatibles avec EnergyPlus (sketchup), en lui ajoutant des composants, en modifiant sa forme, son orientation, en le situant à des endroits différents.
- Il nous ne limite pas avec une bibliothèque contenant des données thermiques pour les matériaux de construction, types de fenêtres, types de verre, et types de gaz entre panneaux vitrés... ext , ainsi que le système HVAC (chauffage et climatisation), il nous donne la possibilité de faire une saisie des données c'est a dire crée une bibliothèque des données spécifiques au bâtiment simulé.

- Il nous permet d'évaluer les protections solaires intérieures et extérieures avec une liberté dans la modélisation de cette dernière.
- Nous offre la possibilité de choisir le climat et la période de simulation.
- Il nous Donne accès à une vaste série de résultats pour le bâtiment et ses systèmes. dont il faut sélectionner ceux qu'on veut évaluer.
- il nous présente un résultat détaillé par rapport aux données déjà sélectionnée et nous fait sortir les résultats de la simulation par l'intermédiaire du logiciel « EXCEL ».
- son pouvoir de simuler toute sorte d'arrangement de systèmes et d'avoir le contrôle sur tous les paramètres de la simulation.
- EnergyPlus est gratuit, open-source et multi-plateforme; il fonctionne sur Windows, Mac OS X et les systèmes d'exploitation Linux. EnergyPlus est financé par le Département américain de l'énergie Bureau (DOE) Building Technologies (BTO)
- Et enfin Le programme offre une simulation intégrale ; cela signifie que les trois volets principaux de la simulation, à savoir les zones du bâtiment, le système de gestion de l'air et les installations de climatisation sont calculés simultanément (contrairement aux programmes précédents DOE-2 et BLAST, qui calculaient ces trois volets l'un à la suite de l'autre et sans le moindre retour d'informations).
(Energyplus.gov)

EnergyPlus a été reconnu par différentes normes industrielles comme ASHRAE Research Project 865, ANSI/ASHRAE Standard 140-2007 et IEA BESTest (Building Energy Simulation Test).

Selon (Wurtz et Thiers 2011) affirment qu'au niveau international, les deux environnements de simulation du bâtiment les plus complets sont Energyplus et TRNSYS (Crawley D. 2005). Ils permettent de coupler un modèle de l'enveloppe aux modèles des équipements issus de leurs bibliothèques.

V-3-/Les données installées dans le programme :

Dans cette partie on va présenter les différentes étapes d'installations des données dans le programme choisie, on essayant d'expliquer en détail les différentes phases effectués avant l'installation des données du bâtiment d'étude pour chaque étape.

V-3-1- Les entrées « inputs »:

Pour simuler on a d'abord commencé par l'introduction des données dans le programme spécifiquement sur la grille IDF Editor ou on a commencé par saisir les données météorologiques de (températures, d'humidités relatives, la vitesse et la direction du vent...etc. Pour la période désirée (le 9juille 2014 et les 6mois de la saison chaude). Ensuite on a apporté les données de la 3D effectué sur Sketch Up 2015 pour la description détaillée des différentes composantes de l'enveloppe du bâtiment et leurs matériaux , de plus intégrer les scénarios et les apports internes (l'équipements interne , les occupants et la climatisation) pour chaque zone ensuite il faut choisir les variables qu'on souhaite évaluer dans notre étude parmi une vaste série de résultats pour le bâtiment et ses systèmes fournis par énergie plus, On doit sélectionner ceux qu'on veut obtenir, dans notre cas : les charges de climatisation et les apports énergétiques solaires cette étape ce fait dans les outputs .

Enfin pour la dernière étape, on fait sortir les résultats de la simulation par le logiciel « EXCEL ».

Dans cette étape on va expliquer en détail les différentes parties de la phase des entrées ou on a essayé d'établir une saisie précise des données du bâtiment d'étude ainsi

que les éléments d'optimisation pour améliorer son efficacité énergétiques. Plus les données sont saisies en détail plus on obtiendra une meilleure analyse du bâtiment.

V-3-2- Période de simulation et climat choisi :

Le climat choisi pour la simulation est un climat chaud et aride spécifique à la ville de Bechar présenté dans la première partie du chapitre, notre étude est portée sur l'année 2014 en choisissant deux périodes de simulation :

V-3-2-1 Première période :

comprend la journée la plus chaude de l'année 2014 (9juille) avec une température moyenne maximale de 44 C° selon les données climatiques présentées dans l'annexe 2 (station météo de Bechar) on a choisi cette période afin d'obtenir une évaluation plus précise de la consommation d'énergie du bâtiment pour les différentes heures d'utilisation de climatisation de la journée (La période d'occupation du bâtiment est de 8 h à 17 h) on utilisant des protections solaires intérieures et extérieures. De plus on va évaluer le rendement maximale des protections solaires dans cette journée la plus chaude de l'année en faisant une comparaison par rapport à leurs position dans le bâtiment (intérieure, extérieure).

V-3-2-2- Deuxième période :

A été choisie pour les 6 mois de la saison chaude (mai, octobre) ou les températures moyennes sont élevées voir annexe 1 (station météo de Bechar) cette période a été choisie parce qu'elle représente la période d'utilisation de climatisation dont on va essayer d'évaluer la consommation d'énergie du bâtiment en utilisant des protections solaires intérieures et extérieures.

V-3-3- Spécificité du bâtiment d'étude :

Avant d'étudier un projet en **EnergyPlus** il faut d'abord créer le modèle géométrique 3D du bâtiment à étudier pour cela on a installé le Plugin Open Studio sur

Sketchup pour permettre la saisie de la géométrie du bâtiment étudié. Cette étape est valable en cas de modification ou de modélisation du bâtiment.

Pour le reste des composants du bâtiment (apport internes, type des matériaux de constructions et scénario) on les saisie sur IDF Editor.

Dans la transmission du modèle géométrique de simulation, on a essayé de tenir en compte au maximum la configuration géométrique du bâtiment réel. Pour cela On a eu recours à quelques adaptations afin d'entamer les processus d'analyse. Ces adaptations sont entre autres les suivantes :

- La répartition des espaces du bâtiment est présentée sous forme de zone ou on a essayé de fusionner les espaces qui comportent la même fonction en une seule zone. Donc le bâtiment étudié est divisé en plusieurs zones pour chaque niveau et on considère un échange interzones par une application sur le Plugin Open Studio (Surface Matching).
- Dans l'enveloppe du bâtiment on présente les ouvertures tel qu'elles sont dimensionnées à l'état réel.
- Pour l'environnement extérieur : les blocs supplémentaires représentant les bâtiments voisins on ne les a pas intégrés dans notre modèle, pour ne pas avoir des effets d'ombres portées par ceux-ci sur le bâtiment analysé. En plus pour obtenir uniquement l'effet des protections solaires qui est un élément d'optimisation dans notre étude.

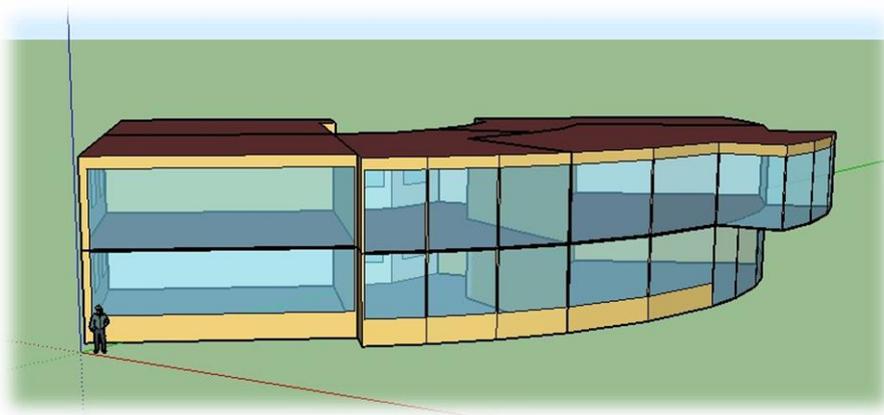


Figure 91 : Modèle géométrique 3D du bâtiment étudié.
(Source: Auteur).

V-3-4- Composition des éléments du bâtiment et propriétés des matériaux :

Après avoir présenté la 3D du bâtiment on doit saisir les éléments composant du bâtiment tel que l'enveloppe qui est l'élément essentiel qui sépare l'environnement extérieur de l'intérieur du bâtiment (le support d'échange thermique entre l'intérieur et l'extérieur) ainsi que les murs de séparation d'intérieur et de planchers en précisons les matériaux de construction composants ces éléments (propriété des matériaux ; épaisseur ,conductivité thermique, densité, chaleur spécifique, , etc.) voir figure 102 , ainsi que les caractéristiques du vitrage pour le mur rideau voire figure 103 .

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5	Obj6	Obj7	Obj8	Obj9	Obj10	Obj11	Obj12	Obj13
Name		BOUIT DE CIMES	MORTIER DE CIMES	MORTIER DE CHA	BETON LOURD	DALLE DE COMPR	PLATRE	SABLE	HERISSONAGE	HOUROU	BRIQUE DE 10	BRIQUE DE 15	COMPACTO	ALUMINIUM
Roughness		Rough	MediumRough	MediumRough	MediumRough	VeryRough	Smooth	Rough	Rough	Rough	Rough	VeryRough	Smooth	Smooth
Thickness	m	0.02	0.02	0.03	0.1	0.04	0.02	0.03	0.2	0.16	0.1	0.15	0.008	0.0015
Conductivity	W/m.K	1	1.4	0.87	1.7	1.7	0.35	0.4	1.9	0.952	0.48	0.48	1.4	160
Density	kg/m3	2200	1900	1900	2500	2500	1150	1700	2500	1100	900	900	2200	2800
Specific Heat	J/kg.K	1080	864	864	1008	1008	1008	828	1000	864	936	936	1000	880
Thermal Absorptance		0.8	0.8	0.5	0.8	0.8	0.4	0.8	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8
Solar Absorptance		0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Visible Absorptance		0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8

Figure 92 : Propriétés thermo physiques des matériaux de construction utilisés pour les éléments du bâtiment. (Source : Auteur, image : EnergyPlus).

Field	Units	Obj1	Obj2
Name		VITRAGE SIMPLE	VITRAGE A BASSE
Optical Data Type		SpectralAverage	SpectralAverage
Window Glass Spectral Data Set Name			
Thickness	m	0.003	0.006
Solar Transmittance at Normal Incidence		0.837	0.5
Front Side Solar Reflectance at Normal Incidence		0.075	0.37
Back Side Solar Reflectance at Normal Incidence		0.075	0.38
Visible Transmittance at Normal Incidence		0.898	0.3
Front Side Visible Reflectance at Normal Incidence		0.081	0.34
Back Side Visible Reflectance at Normal Incidence		0.081	0.1
Infrared Transmittance at Normal Incidence			

Figure 93 : Entrée des propriétés thermo physiques du verre utilisé pour les fenêtres et mur rideau. (Source : Auteur, image : EnergyPlus).

Ensuite pour chaque élément on va présenter les différentes couches constituant sa paroi ceci doit être définie dans **Energyplus par** ordre de la partie extérieure à la partie intérieure de chaque élément du bâtiment.

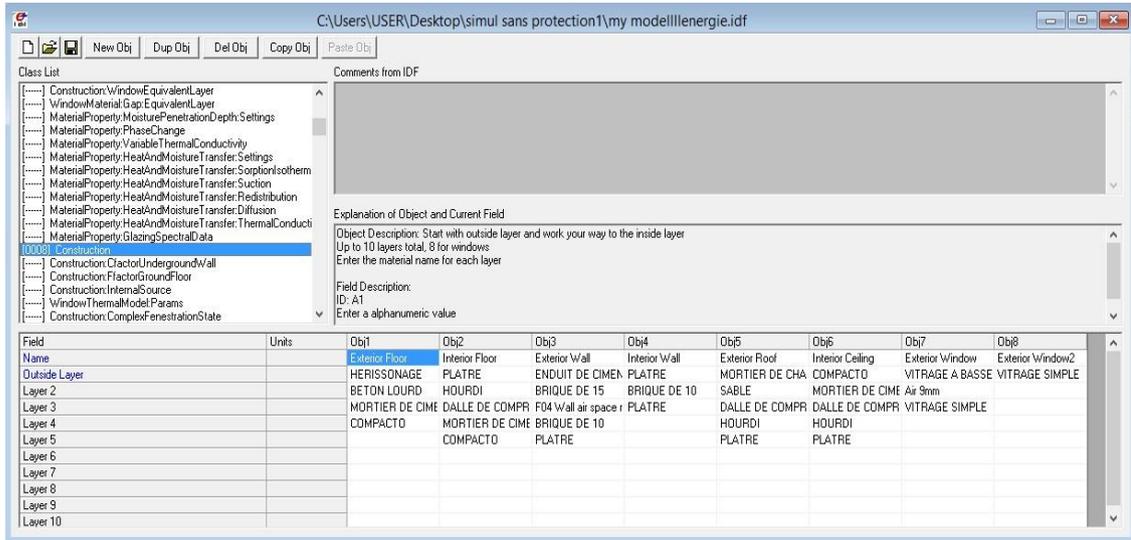


Figure 94: Composition des parois du bâtiment (Source : Auteur, image : **EnergyPlus**).

V-3-5- Apports internes :

Pour les apports internes tel que l'éclairage, les occupant, les équipements (ordinateur avec imprimante, tv) on les a introduit lors de notre simulation malgré que notre étude est limitée aux les charges de climatisation on les a pris en considération dans notre étude car ces apports influent sur la consommation d'énergie de climatisation on émettant une énergie rayonné dans l'environnement interne (les gains de chaleur apportés par les personnes et l'équipement interne) ainsi pour avoir une étude plus précise on essayer d'intégrer tous les données du bâtiment.

Pour la climatisation on a essayé d'introduire le même système de climatisation que celui du bâtiment a l'état réel ou on a apporté à chaque zone la même puissance qui procède chaque espace intégrant a cette zone dans le bâtiment. Concernant la

programmation dans le mode de refroidissement, la température de consigne est réglée à une moyenne de 25 °C pour les 9h d'utilisation de climatisation dans la journée.

V-3-6- Les éléments d'optimisation :

Pour les modèles d'optimisation deux types de protections solaires sont étudiées. Dans cette étape des entrées on va d'abord essayer de présenter ces deux types de protections solaires utilisées dans la simulation ainsi que leurs caractéristiques :

V-3-6-1-/Protection solaire intérieure :

Pour l'intérieur on a choisi un store vénitien avec des lamelles orientables, on a adopté ce model parce qu'il a été utilisé par plusieurs chercheurs dans leur études (Inês dionísio palma santos 2007) (Ping .Ye, 2001). pour la protection des grandes baies vitrées tel que notre cas, on trouve aussi une étude qui a été faite par (Hidayat Shahida ,2005) en utilisant un store vénitien a lamelles horizontales à l'intérieur ou elle a prouvé que ce type de protection a une double fonction d'un côté il sert comme une protection solaire contre les rayons directs, et d'un notre côté nous permet de réduire le taux global de transfert de chaleur à travers la fenêtre grâce à son association avec le vitrage, sachant que le coefficient de transfère de chaleur n'a pas était évaluer dans notre étude .

On a choisi le model du store avec une stratégie ou les lamelles sont toujours fermées surtout que la période de simulation choisie est celle des 6mois de la saison chaude. Cette stratégie de contrôle maximise la protection contre la surchauffe et l'éblouissement lorsque le soleil frappe la façade directement. Cette stratégie de contrôle ignore la nécessité d'un contact visuel à l'extérieur mais elle nous apporte une meilleure

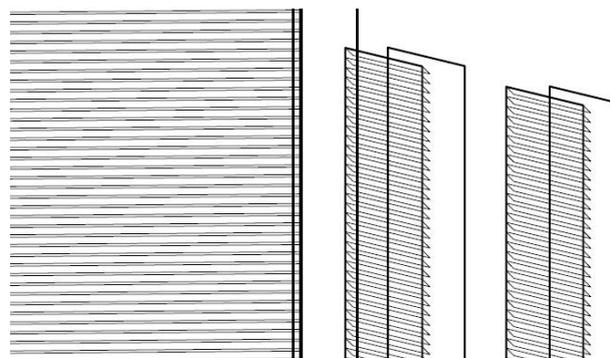


Figure 95 : Représentations du store avec lamelles dans les positions ouvertes et fermées.

(Source : Auteur).

protection contre la surchauffe selon les résultats obtenus par (E. Tillmann and J. Platzer, 2000) on peut dire que l'orientation des lames dans la position fermée et la plus optimale pour éliminer au maximum les gains solaires.

Dans la figure 96 on va essayer de présenter le model géométrique du store vénitien utilisé dans la simulation créée à l'aide du logiciel Sketchup, qui comporte les caractéristiques suivantes :

- * **Largeur de lamelle**, 0.05 m (dimension du store ; destinée au concepteur)
- * **l'Angle de rotation de lamelle**, 90° (position fermée)
- * **Distance entre le store et le vitrage**, 0.15 m (c'est la distance qui sépare le store au vitrage, elle est représentée dans notre cas par le cadre de l'ossature du mur rideau)

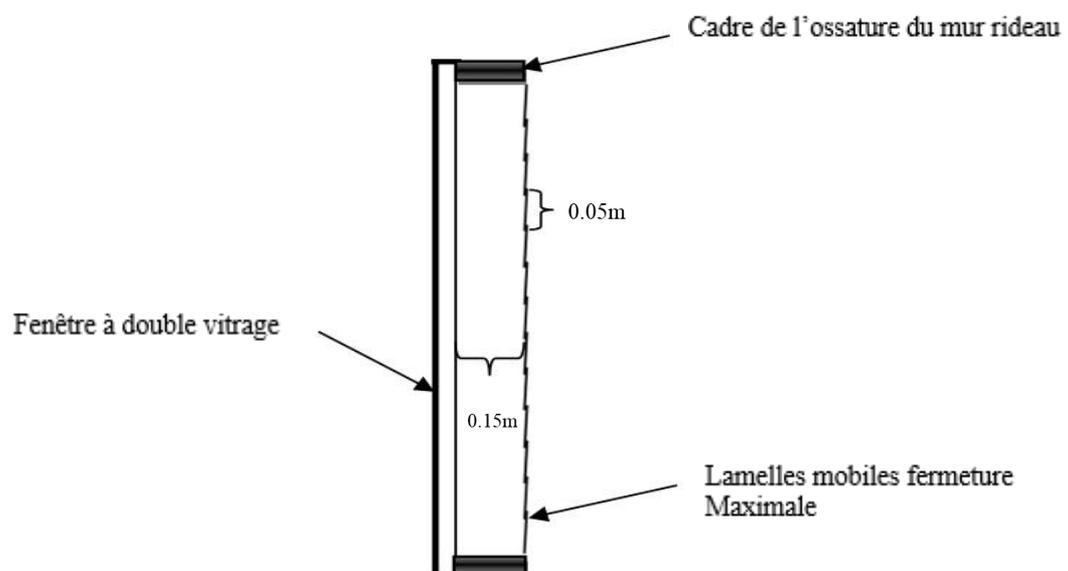


Figure 96 : Présentation géométrique du model de simulation.
(Source : Auteur).

V-3-6-2-/Protection solaire extérieure :

Pour assurer le confort des occupants, mais aussi la performance énergétique de la construction, en évitant d'avoir recours à des systèmes de refroidissement énergivores, les architectes recourent de plus en plus à des brise-soleil extérieurs, tant pour les bâtiments neufs, que pour la rénovation des constructions les plus anciennes.

Les brise-soleil doivent être fixés à la façade, ils doivent être relativement légers et minces pour abriter du soleil sans occulter les baies vitrées. Installés en hauteur, souvent peu accessibles depuis le bâtiment, ils doivent être durables et demande le moins d'entretien possible. (JACQUES, JOUSSELIN, FOURNIER ,BATOZ, 2009).

Dans notre travail on a adopté le brise-soleil extérieurs horizontal pour participer à la performance énergétique du bâtiment on protégeant le vitrage exposé au rayonnement solaire intense d'été, en ajoutant ainsi une emprunter de l'architecte on participant à apporter un nouveau désigne au bâtiment sans cacher sa jolie baies vitrée contrairement

au brise soleil vertical en parallèle du vitrage. De plus les façades optimisées dans notre travail sont orientées en sud-ouest et sud-est ce qui nécessite une protection solaire de type auvent selon les **Principes généraux de choix des protections solaires** qu'on

a suivez dans le livre : traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique voir figure 97, qui précise qu'une protection solaire horizontale (type casquettes) est la plus convenable pour notre cas dans les deux orientations qu'on procède.

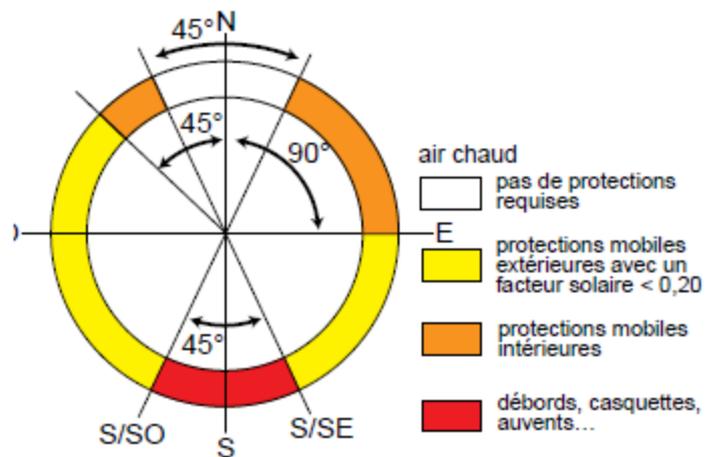


Figure 97 : Types de protections solaires selon Les orientations (Source : traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique)

On a choisi un modèle du brise soleil avec des lames orientables on adoptant une stratégie où les lamelles sont toujours fermées, la même stratégie que celle du store vénitien surtout que la période de simulation choisie est les 6 mois de la saison chaude afin d'avoir une meilleure protection.

Pour le modèle géométrique utilisé dans la simulation créé à l'aide du logiciel Sketchup on va essayer de le présenter en expliquant ses caractéristiques comme suit:

* **Largeur de lamelle**, 0.15 m (dimension du brise soleil ; destinée au concepteur et fabricant)

* **l'Angle de rotation de lamelle**, 0° (position fermée)

* **la portée de brise soleil** : pour calculer la portée du brise soleil horizontale on adopte le même principe pour calculer un auvent, pour cela on a eu recours à des méthodes de calcul qui ont été utilisées par plusieurs chercheurs parmi ces méthodes on cite ce qui suit :

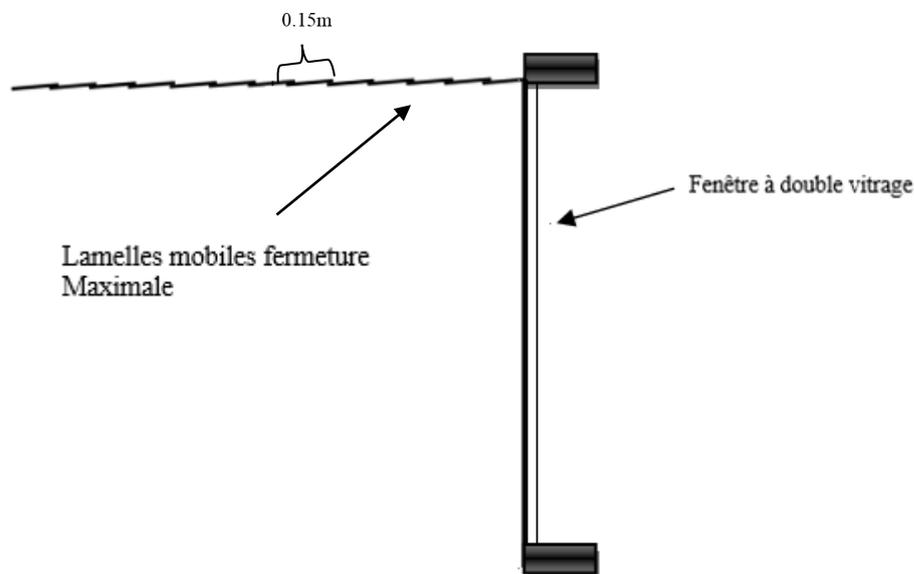


Figure 98 : Présentation géométrique du modèle de simulation.
(Source : Auteur).

La première méthode a été utilisée par (IBGE) l'Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement ou on s'est basée dans le calcul de la portée d'un brise soleil horizontal sur le rapport entre la profondeur de l'auvent et la hauteur de la fenêtre c'est une méthode donnée dans le Cd-rom Energie+, par exemple pour qu'un auvent protège complètement une fenêtre orientée au Sud lorsque le soleil d'été est au zénith, il faut que sa profondeur soit au moins égale à la moitié de la hauteur de la fenêtre. En pré-dimensionnement, on peut se baser sur le tableau ci-dessous :

Hauteur du soleil (voir diagramme solaire en début de fiche)	Rapport entre la profondeur de l'auvent et la hauteur de la fenêtre				
	20 %	40 %	60 %	80 %	100 %
0°	Nul	Nul	Nul	Nul	Nul
10°	Nul	0.1	0.1	0.1	0.2
20°	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4
30°	0.1	0.2	0.3	0.5	0.6
40°	0.2	0.3	0.5	0.7	0.8
50°	0.2	0.5	0.7	Total	Total
60°	0.3	0.7	Total	Total	Total
70°	0.5	Total	Total	Total	Total

Tableau04 : Principe de dimensionnement d'un auvent
(Source : IBGE).

La deuxième méthode consiste à faire dimensionner le brise soleil par rapport à l'angle solaire et la hauteur de la fenêtre a le même principe avec la première méthode sauf que cette dernière est basé sur une règle pour calculer la portée ;

$$L = H / \tan(h2).$$

On trouve que cette méthode est la plus pratique en appliquant directement la règle fournie par rapport à la première.

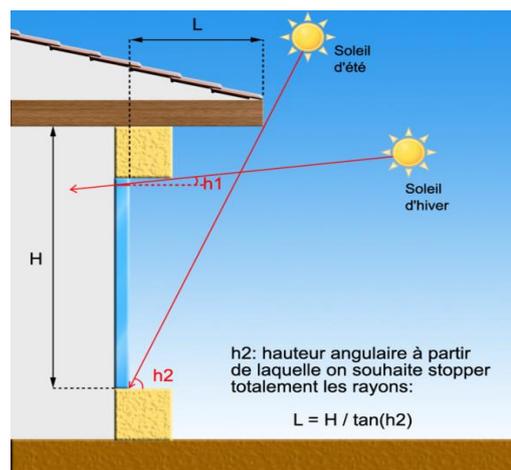


Figure 99 : Dimensionnement de l' Auvent par
(source :Solarpedia:Copyrights).

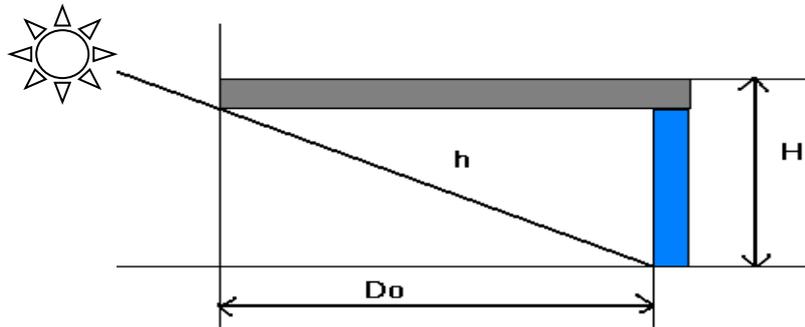


Figure 100 : Dimensionnement de l'Auvent pour offrir une protection solaire totale : $Do = \frac{H}{\tan h}$
 (Source : J.L. Izard, Sandra Buisson)

Pour calculer la portée de l'auvent pour la façade sud-ouest il nous faut l'angle solaire et la hauteur (H) de l'extrémité de la fenêtre jusqu'au point de positionnement du brise soleil voir figure 99. La hauteur des fenêtres de la façade sud-ouest est de 2.00m avec un angle solaire qui varie entre $80-40^\circ$ pour la journée d'étude (9juille) selon l'outil sunearthtools pour la période de 13h à 17h ou le bâtiment est toujours fonctionnelle. On choisissant un angle de 50° pour un maximum de protection pour cela on a obtenu une portée de 1.25m. Cette portée importante de l'auvent on peut la diviser en deux pour la réduire et avoir deux protection solaire d'une portée de 0.65m voir figure 110 dont la surface protégée est la mêmes qu'avec un seul brise soleil avec une grande portée.

Pour la façade sud-sud-est on a deux hauteur des fenêtres différentes celle du RDC les fenêtres ont une hauteur de 2.35m et pour les fenêtres du premier étage une hauteur de 2.9 dans cette orientation on a un angle solaire qui varie entre $30^\circ - 80^\circ$ pour la période de 8h à 13h ou le bâtiment est fonctionnel. Donc pour calculer la portée on a choisi l'angle moyen de 60° pour un maximum de protection dans cette façade, vu que l'angle sous 60° a une période qui n'est pas assez importante de 8h à 10.30h avec un angle qui varie entre $30-60^\circ$ (sunearthtools).

Avec l'angle choisi pour les fenêtres avec une hauteur de 2.35m on a obtenu une portée de 1.35m et pour les fenêtres avec une hauteur de 2.90m on a obtenu une portée de 1.76m. Cette portée importante de l'auvent on peut la diviser en deux pour la réduire et avoir deux protections solaires d'une portée moins importante dont la protection de la fenêtre et la même qu'avec un seul bise soleil avec une grande portée voir figure 101.

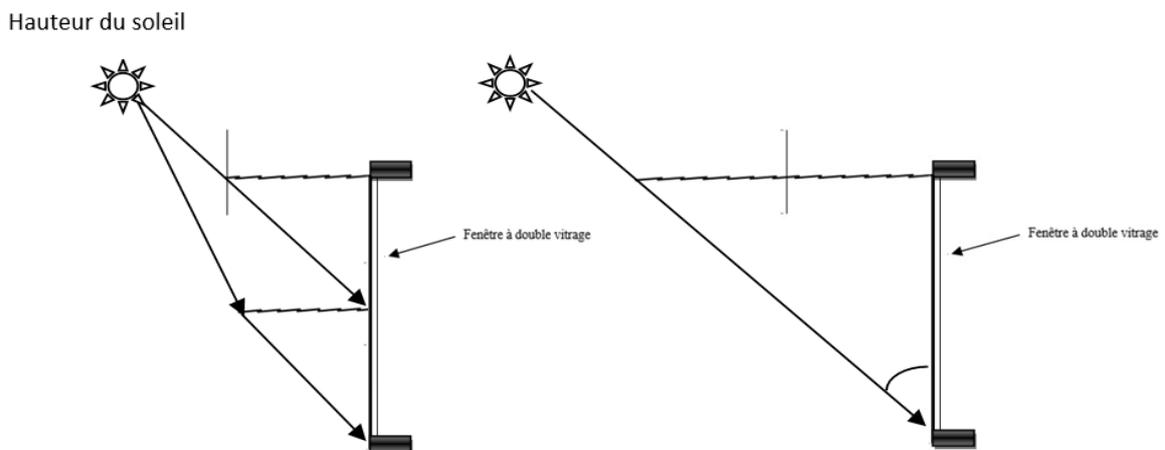


Figure 101 : Modélisation de l'auvent avec une grande portée on le divisant en deux parties afin de réduire celle-ci. (Source : Auteur).

Remarque : Malgré que notre étude et pour la période d'été avec un choix de position des lames fermées on a opté pour des protections orientables pour ne pas influencer sur le confort d'hiver ou les lames peuvent être ouvertes totalement pour bénéficier des rayons solaire directs. C'est à dire ce choix ne va pas limiter notre travail au contraire il permet d'ouvrir d'autre axes de recherche pour la continuité de notre travail tel que reprendre l'étude dans le coté hivernale, En revanche nous nous sommes également limités aux protections solaires disponibles et non couteuses qui permettent de bénéficier des apports solaires en hiver, et les minimiser en été. De plus on a utilisé ces deux types de protections solaires pour obtenir une recherche variée.

V-3-7-/Les sorties « outputs » :

Les sorties sont considérées comme la dernière étape avant d'entamer la simulation ou on trouve l'ensemble des informations fournies par le logiciel à l'issue d'une exécution, Il nous donne accès à une vaste série de résultats pour le bâtiment et ses systèmes ou il faut sélectionner ceux qu'on veut évaluer, dans notre cas on a choisi d'évaluer la consommation d'énergie de climatisation pour les différents scénarios d'optimisation et les gains d'énergie solaire pour une comparaison entre les éléments d'optimisation qui influent sur ce dernier.

Enfin, après avoir effectué la simulation, **EnergyPlus** nous présente un résultat détaillé par rapport aux données déjà sélectionnées, il nous donne les résultats de la simulation par l'intermédiaire du logiciel « EXCEL ».

Conclusion :

Au fil de son histoire, Bechar a toujours joué le rôle stratégique d'un pôle régional d'échange commercial et de point de rencontre des chemins caravaniers. Du point de vu de sa position stratégique dans le passé et le présent ; elle est devenue pour la colonisation le point de contact pour la pénétration au Sahara et la pénétration au sud-est marocain.

La ville de Béchar est passée par plusieurs étapes dans son urbanisation. Elle se transforme d'un noyau embryonnaire à une ville étalée sur le long de son oued ; tout en créant des espaces urbains différents d'un point à l'autre.

Pour son climat Béchar est doté d'un climat désertique tout au long de l'année, la pluie est pratiquement inexistante, nous avons présenté les enregistrements pour la période 1991-2010 dont l'intérêt de bien connaitre le climat du lieu de notre travail.

Dans ce chapitre on a présenté aussi notre cas d'étude et la méthodologie de travail qu'on a effectué. Durant la période d'été ou les températures sont trop élevées on sera confronté à des surchauffes dans les bâtiments ; c'est pour cela qu'on a essayé d'évaluer le comportement énergétique d'un bâtiment a mur rideau toute en basant sur une méthode qui consiste à utiliser un outil de simulation (Energyplus) afin de participer à l'amélioration de l'efficacité énergétique du bâtiment d'étude pour la période d'été on l'optimisent avec des protection solaire. On a aussi comparé ces éléments d'optimisation on évaluant leur effet sur l'énergie des radiations solaire.

Autant qu'architecte pour améliorer l'efficacité énergétique du bâtiment on n'a pas négligé son aspect architecturale ou on a essayé de choisir des éléments d'optimisation qui nous servent d'améliorer l'efficacité énergétique du bâtiment tout on gardant son aspect architecturale.

PARTIE III: SIMULATION

|

CHAPITRE VI :
RESULTATS ET
INTERPRETATIONS

Introduction :

Après avoir présenter dans le chapitre précédent les différentes étapes d'installation des données dans le programme de simulation choisi ainsi que les éléments d'optimisation, Dans ce chapitre nous allons présenter les résultats des différents scenarios qu'on va simuler afin d'estimer les améliorations au niveau de la consommation énergétique apportées par les protections solaires pour deux phases distinctes ;

- La première concerne l'effet des protections solaires intérieures et extérieures sur la consommation d'énergie de climatisation pour le bâtiment d'étude pour les deux périodes choisie.
- La seconde insiste plutôt sur une comparaison entre ces deux protection solaire en évaluent le paramètre d'énergie du rayonnement solaire influencé par cette dernière. Les résultats sont interprétés et expliqués par la suite.

I-/LA SIMULATION DES DIFFERENTS SCENARIOS DU BÂTIMENT :

La simulation grâce au logiciel **Enerplus** nous permet d'évaluer la consommation d'énergie de climatisation du bâtiment d'étude en période d'été.

Afin d'évaluer l'efficacité énergétique du bâtiment on l'optimisant avec des protections solaires intérieures et extérieures, une séries de simulation a été effectuer pour voir la différence entre chaque scénario simulé ;

- 🚦 Premier Scénario 01 : bâtiment a son état actuel (sans protection solaire)

- ✚ Deuxième Scénario 02 : bâtiment optimisé avec une protection solaire intérieure

- ✚ Troisième Scénario 03 : bâtiment optimisé avec une protection solaire extérieure

- ✚ Quatrième Scénario 04 : bâtiment optimisé avec les deux protections en même temps (extérieure-intérieure)

La simulation a été réalisée pour l'ensemble du bâtiment : englobe toutes les zones et toutes les étages du bâtiment, les résultats seront représentés pour chaque scénario en terme de consommation énergétique pour le système de climatisation (les résultats obtenus intègrent les zones avec protection tout comme les zones sans protection solaire).

Enfin pour évaluer l'effet des protections solaires sur la consommation de climatisation une lecture comparative entre le bâtiment à l'état actuel considéré comme référence (scénario 1) ou on a d'abord évalué les besoins de climatisation de ce dernier puis les comparés à la présence des protections solaires proposées dans les différents scénarios 02, 03, 04. Pour les deux périodes simulées afin d'identifier la solution optimale. Secondairement, on va établir une comparaison entre ces deux protections solaires utilisées afin de confirmer le moyen le plus bénéfique pour réduire cette consommation d'énergie. Pour cela on va déterminer le taux d'énergie des radiations solaires influencés par les protections solaires pour la journée d'étude (09/07/2014).

I-1-/Simulation du bâtiment à l'état actuel (Scénario 01) :

Dans cette étape on va simuler le bâtiment a son état actuel pour le garder comme référence et le comparer aux autres scénarios on signalant les améliorations dû à la protection solaire.

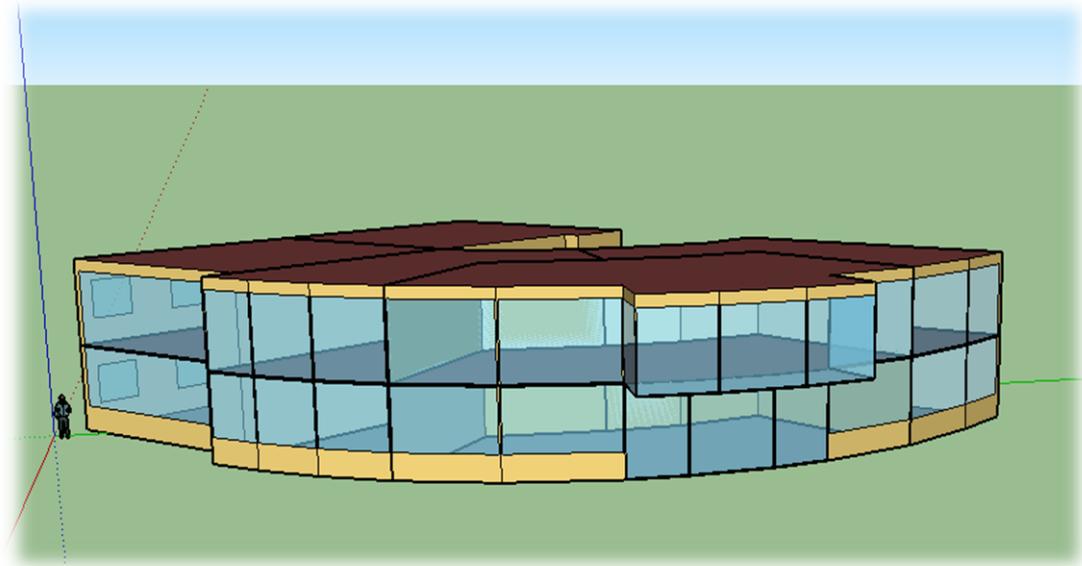


Figure 102 : Géométrie du bâtiment a son état actuel. (Source : Auteur).

Comme il a été déjà décrit dans le chapitre précédent les périodes représentative de cette étude (pour tous les scénarios simulés) est : la journée du (09/07/2014) car elle se caractérise par une chaleur insupportable qui atteint son maximum de 44°C et un rayonnement solaire intense donc elle représente la journée la plus chaude de l'année qui nécessite une grande consommation pour climatisation qui peut atteindre son maximal par rapport aux autres journées de l'année. Cette journée a été choisie afin d'évaluer l'effet maximale des protections solaires sur les charges de climatisation pour les 9h d'utilisation de climatisation. Notre étude porte également sur les 6 mois d'utilisation de climatisation dans le but de mesurer l'impact des protections solaires sur la consommation mensuelle de climatisation pour l'année 2014

I-1-1-/Résultat du bâtiment sans protection solaire et discussion :

Première période (09/07/2014) :

La figure 103 présente la consommation d'énergie de climatisation pour les 9H d'utilisation de climatisation pour la journée la plus chaude de l'année 2014 ou on touche une variation de consommation durant tous les heures de la journée.

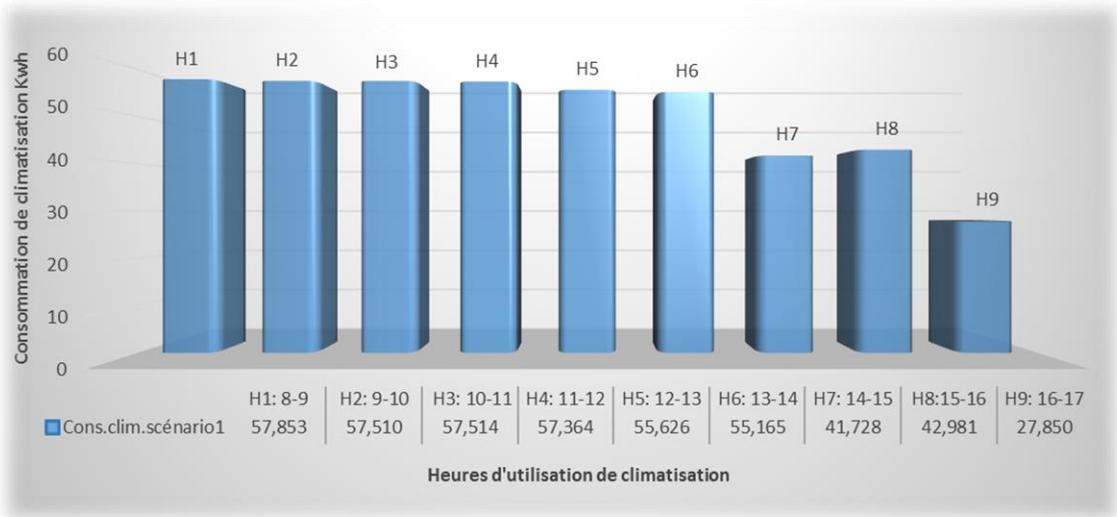


Figure 103: Histogramme représentatif de la consommation de climatisation à l'état initiale pour la journée du 09/07/2014. (Source : auteur).

La valeur des charges de climatisation touche son maximum entre 8h et 13h cette hausse s'explique par l'augmentation de la chaleur à l'intérieur du bâtiment causé par l'énergie solaire car dans cette période (de 8h à 13h) la façade rideau est exposée au rayon solaire intense est-sud-est, en revanche une baisse des charges de climatisation est remarquée à partir de 14h ou la façade sud-ouest exposée dans cette période ne contient pas de mur rideau donc moins de surface vitrée et moins d'énergie solaire qui pénètre à l'intérieure en créant des surchauffes, ce qui justifié cette baisse des charges de climatisation. L'effet de la surface vitrée sur la consommation d'énergie a été confirmé par plusieurs chercheurs tel que (Mathieu Lamour ,2011) dans son étude il a comparé la surface vitrée par rapport au

différentes charge de climatisation, éclairage et chauffage, ou il a aboutie que l'augmentation de la surface vitré influe sur les charges de climatisation on les rend toujours en hausse.

Deuxième période:

La figure 104 montre que la consommation de climatisation change par rapport au différents mois de la saison chaude ou l'écart est plus important pour les mois les plus difficiles ceci est dû à l'augmentation de chaleur.



Figure 104: Histogramme représentatif de la consommation de climatisation à l'état actuel pour les 6mois de la saison chaude. (Source : Auteur)

D'après l'histogramme ci-dessus, il apparaît que la consommation de climatisation varie d'un mois à un autre, cette variation est due au changement climatique (degré de température) de chaque mois. Pour les mois de juin, juillet et aout on marque une hausse consommation de climatisation qui atteint facilement les 7000kwh ceci s'explique par l'augmentation de chaleur pour ces mois contrairement aux autre ou la chaleur est moins importante et varie entre 2000 et 5000kwh.

I-2-/Simulation du bâtiment avec protection solaire intérieure**(Scénario 02) :**

Pour cette étape on va simuler le bâtiment de notre étude on l'optimisant avec des protections solaires intérieures de type store vénitien avec des lames rétractées (fermées) voir figure 105 pour les deux périodes déjà citée au chapitre V Dans l'intention d'évaluer l'effet de la protection solaire intérieure sur les charges de climatisation et le comparé avec le modèle de référence (état actuel).

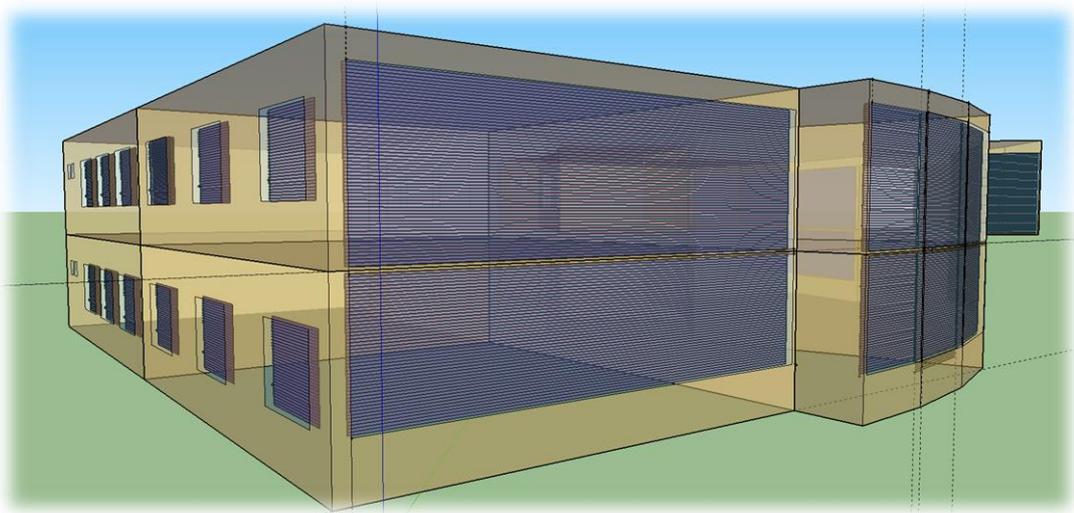


Figure 105: Géométrie du bâtiment avec protection solaire intérieure.
(Source : Auteur).

I-2-1-/Résultat du bâtiment avec protection solaire intérieure et discussion :**Première période (09/07/2014) :**

Le graphe ci-dessous représente l'effet de la protection intérieure sur les charges de climatisation pour la journée du 9juillet2014.

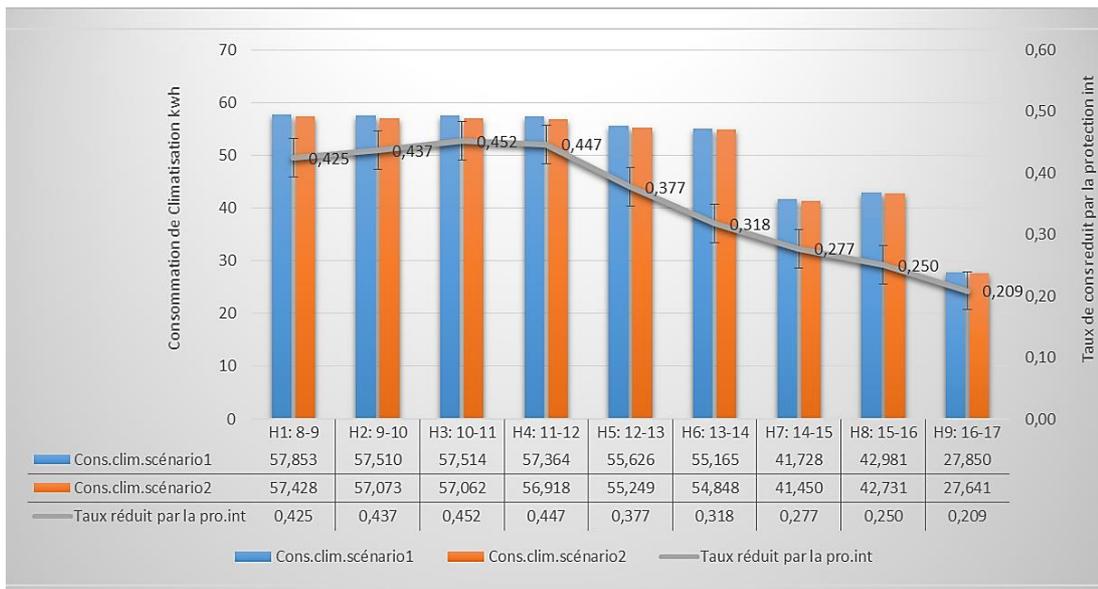


Figure 106 : L’influence de la protection solaire intérieure sur les charges de climatisation pour la journée du 9juillet (de8h à 17h). (Source: Auteur).

La présence d’une protection solaire intérieure a participé à réduire les charge de climatisation de 0,736 kWh pour la période de 14h à 17h ou la façade sud-ouest est exposée, pour la période de 8h à 14h on touche une diminution de 2,455 kWh ou la façade Rideau est-sud-est est exposée au soleil. On signale que la protection solaire intérieure a présenter une légère baisse de consommation obtenue pour la façade sud-ouest avec une moyenne de 0,2kwh/h contrairement à la façade rideaux ou on a touché un effet plus important de la protection solaire intérieure d’une moyenne de 0,4kwh/h ,ceci est due à l’écart important de surface vitrées pour ces façades responsables de l’importance des gains solaire pénétrants à l’intérieur du bâtiment ainsi qu’à l’intensité du rayonnement solaire de chaque période.

Deuxième période:

La figure ci-dessous présente la variation de la consommation de climatisation par rapport au différents mois de la saison chaude sous l’effet d’une protection solaire intérieure de type store vénitien fermée.

Le graphe montre que l’introduction d’une protection solaire intérieure entraîne une diminution des charges de climatisation par rapport à l’état actuel.

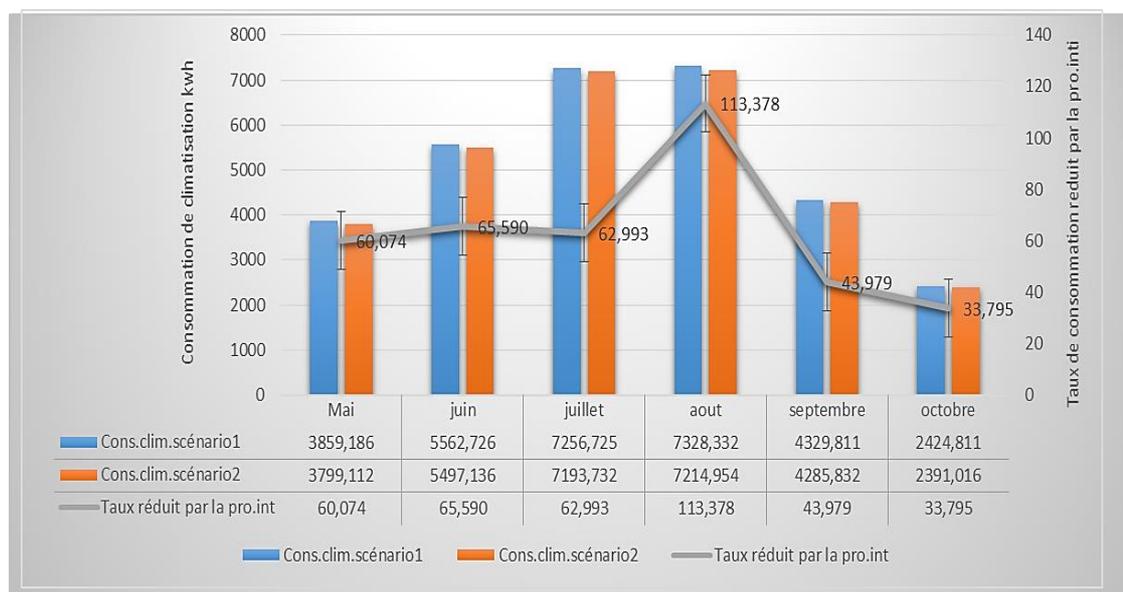


Figure 107 : L’influence de la protection solaire intérieure sur les charges de climatisation pour les 6 mois de la saison chaude. (Source : Auteur).

Les résultats ont montré que l’utilisation d’un store intérieur conduit constamment à des économies d’énergie dans tous les mois ou on a obtenu un effet moindre de la protection solaire intérieure sur les charges de climatisation avec une réduction moyenne de 38 kWh pour les mois de la saison chaude avec un rayonnement solaire faible ; septembre et octobre. Pour les mois avec un rayonnement solaire intense mai, juin, et juillet on a obtenus un effet moyen de la protection solaire intérieure avec une réduction moyenne de 62 kWh , enfin pour le

mois d'aout qui se caractérise par un rayonnement solaire moyen selon les données climatiques enregistrées (Meteonorm,2016) voir chapitreV, on a obtenu un effet maximum de la protection solaire d'une réduction de 113 kWh .

De ce fait on peut dire que l'intensité du rayonnement solaire de chaque mois influe sur l'effet de la protection solaire.

I-3-/Simulation du bâtiment avec protection solaire extérieure

(Scénario 03) :

Pour le scenario 03 on va simuler le bâtiment avec des protections solaire extérieures de type brise soleil horizontale avec des lames rétractées (fermées) voir figure 108 pour les deux périodes citées au chapitre V dans l'intention d'évaluer l'effet de la protection solaire extérieure en détail sur les charges de climatisation et le comparé toujours avec le modèle de référence (état actuel).

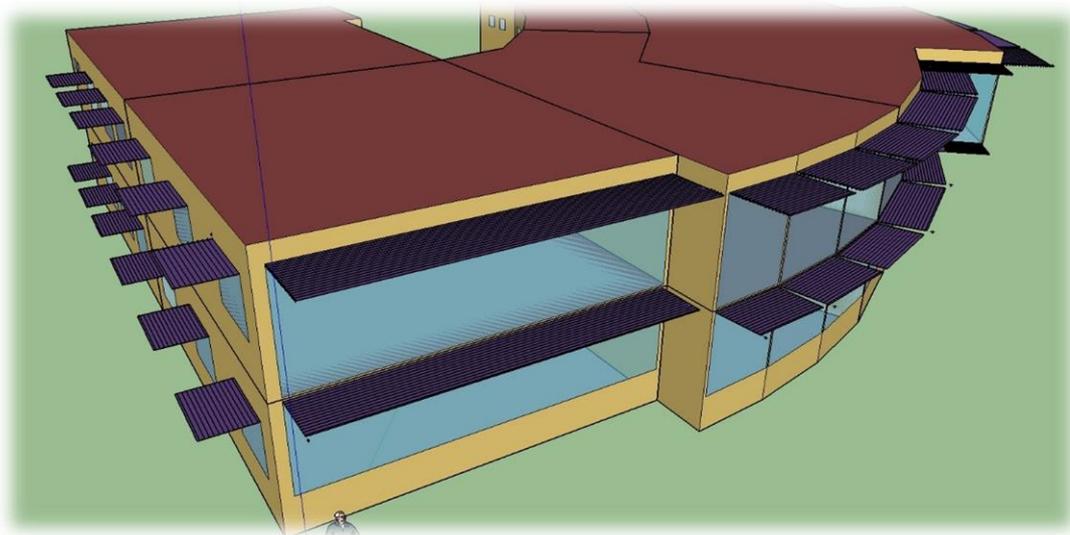


Figure 108: Géométrie du bâtiment avec protection solaire extérieure.
(Source : Auteur).

I-3-1-/Résultat du bâtiment avec protection solaire extérieure et discussion :

Première période (09/07/2014) :

La figure représente l’effet de la protection extérieure sur les charges de climatisation pour la journée du 9juillet2014.



Figure 109: L’influence de la protection solaire extérieure sur les charges de climatisation pour la journée du 9 juillet (de 8h à 17h). (Source: Auteur).

Les résultats montrent que la présence d’une protection solaire extérieure entraîne une baisse importante des charges de climatisation en comparaison avec celle à l’état actuel, on obtient ainsi une variation de l’effet de la protection solaire envers la consommation de climatisation dans toutes les heures de l’utilisation de climatisation.

Pour la période de 8h à 14h (façade Rideau) l’effet de la protection augmente jusqu’à ce qu’il atteigne son maximum à 12h d’une réduction de 4.18kwh puis il chute. Le même scénario pour la période de 14h à 17h (la façade sud-ouest) ou on a obtenu un taux maximal de la consommation d’énergie réduit par la protection solaire puis

on signale une baisse importante. Cela s’explique par le faite que plus le soleil est en haut et positionné face à la protection solaire et plus l’effet de cette dernière est important. En revanche plus la hauteur du soleil est moins importante et sa position est aux extrémités de la protection solaire plus on obtient un effet minime.

Pour cela on peut dire que la position du soleil influe sur l’effet de la protection solaire extérieure (brise soleil horizontale perpendiculaire au plan de la fenêtre).

Deuxième période:

le graphe suivant présente la variation de la consommation de climatisation par rapport aux différents mois de la saison chaude sous l’effet d’une protection solaire extérieure (brise soleil horizontale).

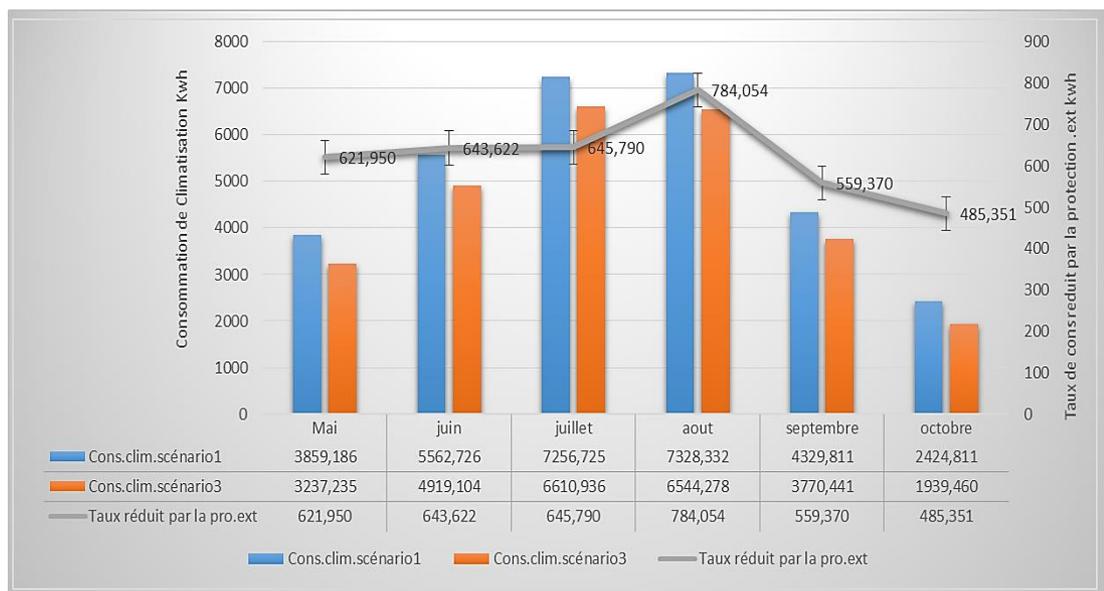


Figure 110: L’influence de la protection solaire extérieure sur les charges de climatisation pour les 6mois de la saison chaude. (Source : Auteur)

La figure si dessus montre aussi que la protection solaire extérieure a un effet important sur la consommation de climatisation pour tous les mois de la saison chaude par rapport à l’état actuel. On note qu’il y a une réduction plus importante pour les mois qui se caractérisent par un rayonnement solaire plus élevé (intense) : mai, juin et juillet (métronome,2016) ou on a obtenu un rendement moyen de la

protection solaire de 630 kWh et pour le mois d'aout qui se caractérise par un rayonnement solaire moyen on a obtenu un maximum de réduction de 784kwh contrairement au mois de septembre et octobre ou le rayonnement est plus faible en plus de la hauteur du soleil qui commence à se baisse l'effet obtenu est plus faible de 520kwh.

On déduit que l'effet de la protection solaire sur la consommation de climatisation dépend de l'intensité du rayonnement solaire pour chaque mois ainsi que la position du soleil (hauteur), signalons que le rendement de la protection solaire dans les mois avec un rayonnement solaire trop instance influe sur le rendement de cette dernière ou on a obtenu un maximum de protection pour le mois avec un rayonnement moyen.

I-4-/Simulation du bâtiment avec les deux protections solaires extérieure –intérieure (Scénario 04) :

Pour le scenario 04 on va simuler le bâtiment avec la combinaison des deux protections solaires voir figure 111 pour les deux périodes, dans le but d'évaluer en détail l'effet des deux protections solaire en même temps sur les charges de climatisation et on les compare avec celle de l'état actuel.

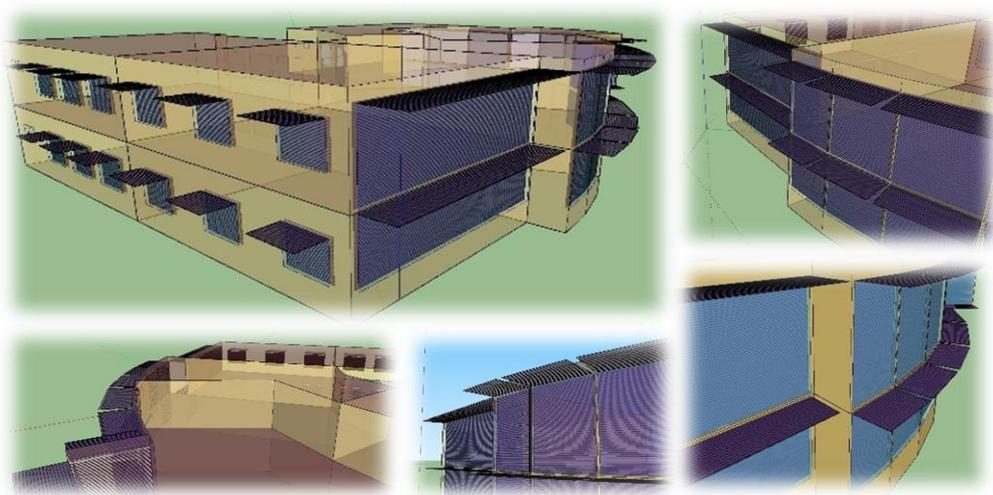


Figure 111: Géométrie du bâtiment avec protection solaire extérieure-intérieure.
(Source : Auteur).

I-4-1-/Résultat du bâtiment avec protection solaire extérieure et discussion:

Premier période (09/07/2014) :

La figure représente l’effet des deux protections solaires sur les charges de climatisation pour la journée du 9juillet2014



Figure 112: L’influence des deux protections solaires extérieure et intérieure sur les charge de climatisation pour la journée du 9juillet (de8h à 17h).
(Source: Auteur).

L’utilisation combinée des deux protections solaires a participé à la réduction d’un taux important de la consommation d’énergie par rapport à son utilisation indépendamment suivant les résultats des figures 112 et 113, on touche une variation de l’effet des deux protections solaires en vers les charges de climatisation dans tous les heures de l’utilisation de climatisation.

Pour la période de 8h à 14h (façade Rideau) l’effet de la protection solaire augmente pour atteindre son maximum à 12h de 4.18kwh puis il chute.

Pour la période de 14h à 17h on a obtenu une réduction maximale par la protection puis on signale une baisse importante. D’après ces résultats on constate que l’effet des deux protections solaires utilisée en même temps est similaire au scenario ou la protection solaire extérieure est utilisée seule car cette dernière a un effet plus important que celui de la protection solaire intérieure.

Enfin on peut dire que la position du soleil ainsi que le taux des gains solaires influent sur l’effet des deux protections solaires.

Deuxième période

la figure 113 présente la variation de la consommation de climatisation par rapport aux différents mois de la saison chaude sous l’effet des deux protections solaire (brise soleil horizontale et store vénitien intérieure).



Figure 113: L’influence de la protection solaire extérieure sur les charges de climatisation pour les 6mois de la saison chaude. (Source : Auteur).

D’après l’histogramme, la combinaison des deux protections solaires présente un effet important sur la consommation de climatisation pour tous les mois de la saison chaude, on constate qu’il y a une réduction importante d’une moyenne de

670kwh pour les mois qui se caractérisent par un rayonnement solaires globale plus élevé soit : mai, juin et juillet selon les données climatiques obtenus (Meteonorm, 2016). On note que l'effet maximal des protections solaires pour le mois d'aout est de 826kwh car il se caractérise par un rayonnement global moyen. Enfin pour les mois de septembre et octobre ou le rayonnement est faible en plus de la hauteur du soleil qui commence à se baissée, les protections solaires présentent une réduction des charges de climatisation la plus faible de la saison chaude (540kwh).

On peut déduire que l'effet de la protection solaire sur la consommation de climatisation dépend principalement de l'intensité du rayonnement solaire.

Dans cette partie, l'évaluation en détail de l'effet de la protection solaire dans les trois scénarios (02.03.04) sur les charges de climatisation pour les deux périodes de la saison chaude, nous a permet de connaitre le comportement horaire et mensuel de la protection solaire pour les différentes scénarios en vers ces charges de climatisation.

II-/RECAPITULATION DES RESULTATS DES DIFFERENTS SCENARIOS ET INTERPRETATION:

On va présenter les différents résultats pour les scénarios déjà proposés afin d’entamer une comparaison en évaluant la performance énergétique des charges de climatisation annuelle du bâtiment afin de désigner la solution pertinente au niveau énergétique par rapport aux différentes solutions proposées.

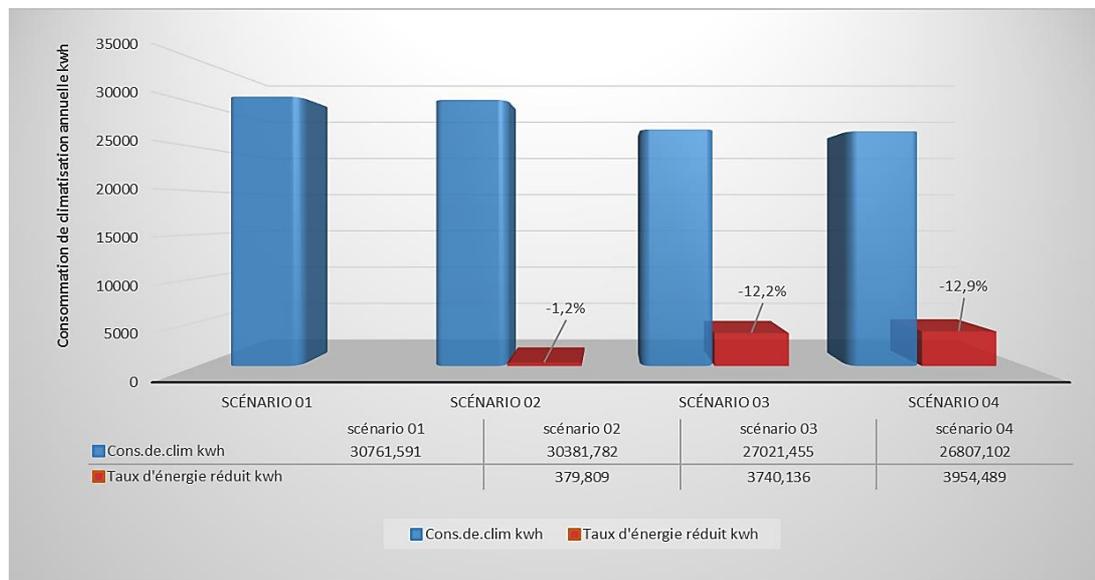


Figure 114 : Graphes comparatifs de la consommation de climatisation du bâtiment en kWh/ans pour les différents scenarios. (Source : Auteur).

La figure 114 montre que la mise en place d’une protection solaire entraîne une diminution des besoins de climatisation par rapport à l’état actuel.

On peut constater qu’à partir des résultats du scénario 02 (avec protection solaire intérieure) la consommation de climatisation a légèrement baissé par rapport à celle de scénario 01 (bâtiment sans protection solaire) dont elle passe de 30761.59kwh à 30381.78 soit une différence de 379.809kwh suite à l’utilisation d’une protection solaire intérieure.

On ce qui concerne les résultats obtenues avec le scénario 03 (avec protection solaire extérieure) on peut observer qu’en comparaison avec les résultats du scénario

01(bâtiment sans protection solaire) que l'amélioration de la consommation de climatisation est plus importante par rapport au scénario 02(avec protection solaire intérieure) qui a un effet moindre sur les charges de climatisation, cette amélioration suite à l'utilisation d'une protection solaire extérieure est passée de 30381.78 à 27021.45 kWh soit une différence de 3740.13 kWh son effet par rapport à celle du scénario 02 (avec protection intérieure) présente une amélioration plus importante de la consommation d'énergie du bâtiment avec 12.2 % face à une amélioration de 1.2 % à celle du scénario 02 en comparaison avec le bâtiment actuel. cela s'explique par le fait que la protection solaire extérieure influe sur le taux d'énergie des radiations solaires en réfléchissant les rayonnements solaires (chaleur rayonnante) avant qu'ils pénètrent à l'intérieur du bâtiment donc la protection solaire extérieure est plus efficace que celle de l'intérieure.

De la comparaison entre la simulation du scénario 04 (la combinaison des deux protections solaires) et celle du scénario 01 (bâtiment sans protection solaire) il ressort que la consommation du système de climatisation a diminué de 30761.59 à 26807.10 kWh. Cette diminution est la plus optimale en comparaison avec les autres scénarios cela s'explique par le fait que la combinaison des deux protections solaires a réduit un taux plus important des rayons solaires en participant à une amélioration de 12.9% par rapport au bâtiment à l'état actuel.

A partir des résultats obtenus on peut constater que l'utilisation des deux protections solaires en même temps est la solution la plus optimale ce qui correspond à la consommation de climatisation la plus faible. Mais en comparant les résultats de la combinaison des deux protections solaires avec celle de l'extérieure on a une légère réduction d'énergie d'une différence de 0.07% et donc pour notre cas on préfère opter pour une protection solaire extérieure (horizontale) car elle présente une amélioration plus importante de la consommation d'énergie en plus de son participation à l'architecture du bâtiment en évitant de cacher son esthétique apportée par la baie vitrée et enfin elle nous assure le confort visuel et garde la relation intérieure et extérieure apportée par le mur rideau.

Les résultats obtenus confirment notre hypothèse : un bâtiment sans protection solaire consomme plus d'énergie. Plusieurs recherches ont confirmé que la présence de la protection a un effet sur la consommation d'énergie tel que l'Organisation Européenne de la protection solaire 2012, L'expérience menée par (CSTC) Centre Scientifique et Technique de la Construction en 1995-1997, Hidayat Shahida ,2005 et José Luis Hernández, 2012.

III-/ANALYSE COMPARATIVE ENTRE LA PROTECTION

SOLAIRE INTERIEURE ET EXTERIEURE :

Pour comparer entre les deux protections solaires étudiées on a choisie d'évaluer leurs effet sur l'énergie des radiations solaires pénétrantes a l'intérieure qui est influencée par ces protections solaires afin de participer à la réduction des charges de climatisation. Pour cela on a essayé de reprendre les scénarios déjà présentés (01, 02,03) pour entamer la comparaison. La journée d'étude est le 9juillet 2014 (les 9h de bureau).

La comparaison des scenarios optimisés avec le modèle de référence (état actuel) vise à quantifier l'amélioration apportée par la protection solaire au niveau de la consommation énergétique en apportant un effet sur l'énergie des radiations solaires qui pénètre à l'intérieur du bâtiment.

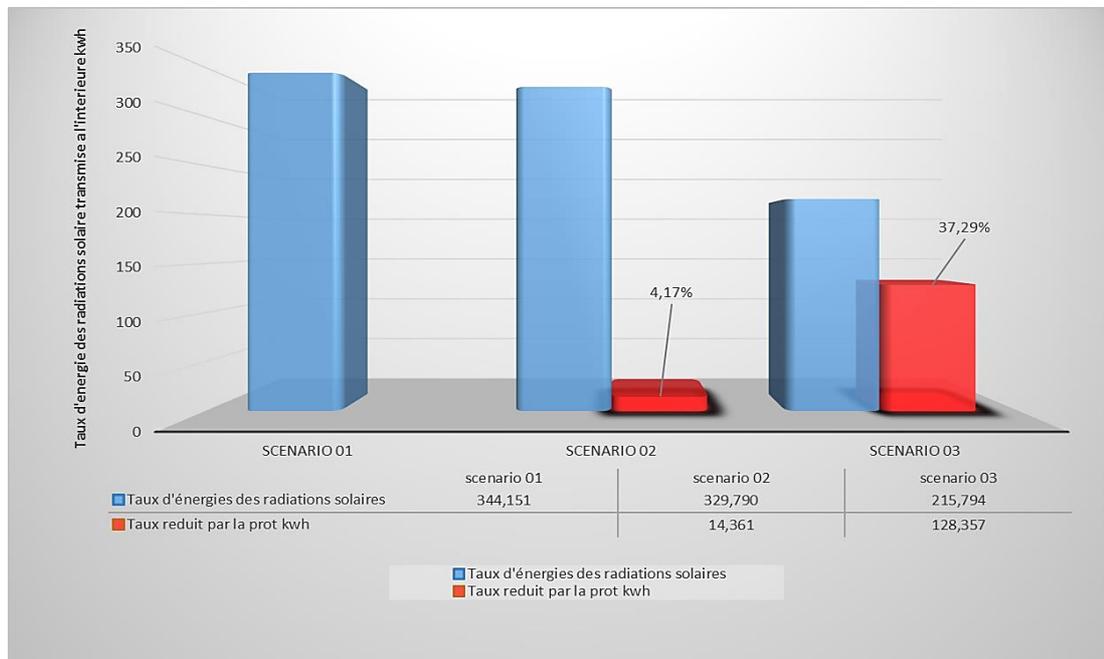


Figure 115: Graphes comparatifs d'énergies des radiations solaires transmises à l'intérieur du bâtiment en kWh/ans pour les différents scenarios. (Source : Auteur).

Les résultats des simulations représentés graphiquement illustrent l'effet de la protection solaire intérieure et extérieure sur les radiations solaires transmises à l'intérieur durant les heures de travail pour la journée du 9 juillet.

On compare l'effet des deux protections solaire sur l'énergie des radiations solaires transmises à l'intérieur on remarque clairement sur le graphe que la protection solaire extérieure est plus efficace que celle de l'intérieur on éliminant un taux plus important d'énergie solaire de 128.35 kWh contrairement à celle de l'intérieur qui présente un effet moindre de 14.63 kWh par rapport a l'état actuel

Cela s'explique par le fait que les protections intérieures agissent sur l'énergie des radiations solaire après leur infiltration à l'intérieur c'est pour cela qu'on a un effet moindre sur ces derniers.

Les radiations solaires qui ont déjà traversés le vitrage, se trouvent partiellement piégées et échauffent l'air entre le vitrage et la protection ce qui entraine une grande consommation d'énergie cela confirme le résultat trouvé sur l'effet de ces protections solaires sur cette dernière.

Contrairement aux protections extérieures les graphes montrent clairement qu'elles sont de loin les plus efficaces que celle de l'intérieur, Parce qu'elles réfléchissent le flux de chaleur rayonné avant qu'il traverse et pénètre dans le bâtiment. On remarque que le taux d'énergie solaire a considérablement diminué, D'autre part le flux absorbé par la protection extérieure est presque entièrement dissipé par convection et par rayonnement vers l'environnement extérieur. Cela n'est pas le cas pour les stores intérieurs.

Donc on peut conclure que la protection solaire extérieure sur le plan énergétique est plus efficace que celle de l'intérieure, cela a été déjà confirmé par les résultats d'un bon nombre de chercheurs tel que Wall, M., & Bülow-Hübe, H 2003 qui a confirmé qu'en moyenne, les protections externes sont aussi bonne que les protections internes pour réduire les charges de refroidissement de pointe , On trouve

aussi Tobias Rosencrantz, 2003, C. Bougriou, A. Hazem et K. Kaouha ,2003, Inês Dionisio palma Santos 2007.

Conclusion :

Les simulations effectuées nous ont permis d'apprécier l'influence des protections solaires sur les consommations d'énergie de la climatisation.

D'après les résultats de la simulation, nous pouvons conclure que la protection solaire participe à réduire la consommation dans les bâtiments à mur rideaux.

Malgré que les protections solaires ont participé à une réduction significative de 13% de la consommation annuelle des charges de la climatisation, les bâtiments à mur rideau reste toujours des immeubles énergivores car ils se caractérisent par une importante surface vitrées surtout que le climat ou le bâtiment est réalisé, est très chaud et aride.

Donc de point de vue pratique, les résultats présentés dans cette étude montrent que le choix de l'enveloppe du bâtiment a une incidence importante sur la consommation d'énergie. Cependant, à long terme le choix des bâtiments à mur rideau coute à la communauté des dépenses importantes en énergies.

En effet dans un climat tel que celui de Bechar qui se caractérise par de longues périodes de surchauffe où l'inconfort est fortement ressenti, pour les deux saisons principales (été et hiver). Avec une forte insolation dépassant les 3400 h/an, et un intense rayonnement solaire direct qui peut atteindre 800 W/m² sur un plan horizontal. En été, la température dépasse facilement les 40 °C à l'ombre, et l'humidité relative reste faible autour de 23 % selon les données climatiques enregistrées en 2014 (Station météo Bechar), Il est souhaitable d'opter pour des bâtiments avec des fenêtres de petites dimensions afin de participer à une réduction énergétique plus importante. Cette constatation a été approuvée par plusieurs chercheurs tels que C. Bougriou, A. Hazem et K. Kaouha en 2003 ou ils ont confirmé que les façades avec une surface vitrée moins importante présentent une consommation moindre en énergies.

Enfin malgré les contraintes du bâtiment existant, relatives à l'orientation et à l'enveloppe du bâtiment, cette étude a montré que des solutions de réhabilitation simples et efficaces que nous avons introduit (protection solaire) dans notre étude ont permis d'améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments avec mur-rideau.

CONCLUSION GENERALE

|

CONCLUSION GENERALE :

Les études à l'échelle mondiale montrent que la consommation énergétique du secteur résidentiel et tertiaire se situe actuellement selon les pays aux alentours de 30 à 40% de la consommation totale. Cette consommation dans le monde faisant largement appel aux combustibles fossiles, qui sont des ressources non renouvelables, on comprend la nécessité de réduire les besoins au minimum.

Dans l'immédiat, le problème énergétique de l'Algérie est un problème qui se pose en terme de stratégie de valorisation de ces ressources pour les besoins du développement du pays, de choix d'une véritable politique énergétique à long terme et de définition immédiate d'un modèle cohérent de consommation énergétique couvrant le court et le moyen terme, avant la date fatidique de l'épuisement de ses ressources fossiles stratégiques (Razika kharchi,2013). L'efficacité énergétique est rapidement devenue l'un des grands enjeux de notre époque et les bâtiments en sont une des composantes majeures, ils consomment plus d'énergie que tout autre secteur et contribuent dans une large mesure au changement climatique.

Actuellement en Algérie, le secteur du bâtiment est l'un des secteurs dont la consommation a un impact significatif sur la consommation globale d'énergie du pays soit 42% de la consommation globale. (APRUE, 2015) L'amélioration de l'efficacité énergétique dans le secteur du bâtiment est primordiale surtout que des milliers de nouveaux bâtiments seront construits sans aucune considération pour l'efficacité énergétique et des millions de bâtiments existants consommant plus d'énergie que nécessaire seront toujours présents. Agir maintenant implique de réduire leur consommation énergétique et de faire de réels progrès pour lutter contre le changement climatique.

Dans le sud algérien ou les conditions climatiques sont pénibles tel que la ville de Bechar qui se caractérise par un climat chaud et aride, de nouveaux bâtiment sont

apparus avec des grandes façades vitre, dont les parois joue un rôle très important dans la pénétration de la lumière et la chaleur a l'intérieur du bâtiment. Cependant la variation du niveau de chaleur tout le long de l'année pose un problème durant la période estivale qui dure la moitié de l'année; par conséquent le bâtiment subit des surchauffes importants nécessitant une grande consommation d'énergie pour la climatisation.

Dans ce contexte, nous avons étudié un bâtiment construit avec mur rideau dans un climat chaud et aride (Bechar) ou on a protégé ces façades vitrées en intégrant des protections solaires afin de participer à la réduction de la consommation d'énergie de climatisation.

Notre préoccupation de réduire la consommation énergétique nous a conduit d'entamer une série de simulations qui décèleront les solutions de protection les plus appropriés au bâtiment dans une période estivale.

L'étude du cas à l'état actuel a montré l'existence d'une grande consommation d'énergie de climatisation due au surchauffe causé par les grandes baies vitrées mal orientées, ainsi que l'absence des protections solaires et les techniques de construction appropriées pour la région et le climat (Bechar). Pour répondre aux exigences, on a présenté différentes solutions pour protéger ces grandes baies vitrées afin d'améliorer l'efficacité énergétique de ce bâtiment. Cette étude a été réalisée avec un outil de simulation « Energyplus », dont les différentes solutions ont été comparées.

Des solutions réduisant au mieux les besoins de climatisation. Deux protections solaires ont servi de support à l'analyse du comportement énergétique de ce bâtiment et ceci pendant deux périodes de simulation.

L'objectif de ce travail ayant été de tester des solutions de protection solaire (intérieure et extérieure) et voir leurs effets sur la consommation d'énergie ainsi que

celle qui présente une meilleure réduction énergétique. La mise en œuvre de ces différentes solutions a permis de réduire la consommation de climatisation jusqu'à 13% de la consommation annuelle (6 mois de la saison chaude)

D'après notre étude, la protection solaire a toutefois participé à réduire la consommation d'énergie du bâtiment à mur rideau malgré les conditions climatiques défavorables, autant que l'élément intégré dans le bâtiment a apporté sa contribution à la noble tâche qui consiste à réduire les émissions des gaz à effet de serre, tout en participant au besoin quotidien d'un bon climat intérieur.

Recommandations :

D'après les résultats obtenus grâce à la simulation ont démontré que la protection solaire ne peut pas complètement être considérée comme une stratégie unique pour réduire les charges de climatisation dans les bâtiments, Une meilleure combinaison de stratégies liée à la protection solaire et au bâtiment (constructive) qui doivent aussi être appliquées pour améliorer sa performance :

- Renforce l'isolation de l'enveloppe du bâtiment.
- Prévoir des ouvertures qui occupent la moindre surface dans la façade exposée au rayonnement solaire instance qui peut varier entre 25 à 35 % pour éviter la surchauffe.
- Renforce le brise soleil horizontale perpendiculaire au plan de la fenêtre avec des brises soleils latérale dans le but d'éviter les radiations solaires qu'on elle atteinte l'un de ses extrémités.
- L'utilisation de la protection solaire extérieure et la plus optimale pour réduire les charge de climatisation contrairement à celle de l'intérieure qui présente un effet moindre.

Axes pour futures recherches :

Les champs d'investigation concernant les effets des protections solaires sur la consommation d'énergie sont aussi vastes et nombreux.

Malgré que notre méthodologie a été appliquée pour les bâtiments à murs rideaux à Béchar avec deux types de protections solaires, il reste encore beaucoup de travail à faire ; dont Il existe plusieurs pistes quant à l'extension et la suite de ce travail.

La première piste serait l'extension de l'étude à d'autres types de protections solaires et amélioré leurs gestions par des études de comportement plus approfondies. Il est nécessaire de poursuivre l'analyse des différentes consommations d'énergie (éclairage, chauffage et climatisation) sur une année.

Une seconde piste et la prise en compte des paramètres liés à la façade vitrée (son isolation et types de vitrages) en combinaison avec une protection solaire afin d'assurer une meilleur efficacité énergétique du bâtiment.

Une piste intéressante de faire l'extension de l'étude à d'autres types de bâtiments ou d'autres climats afin de mesurer la variation de l'effet des protections solaires en vers la consommation d'énergie.

Enfin notre travail nous a ouvert des perspectives de travail futur et que la difficulté ne sera pas de trouver des pistes de travail mais plutôt de choisir parmi celles-ci, qui semblent les plus intéressantes à développer afin de continuer à répondre aux exigences dans le domaine du bâtiment.

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE :

Abdelkader HANI Livre intitulé «Béchar et sa région entre histoire et légendes » paru aux éditions DAR EL GHARB 2002, (213 pages).

A.Chatelet, P.Fernandez et P.Lavigne : l'architecture climatique : une contribution au développement durable tome2 concept et dispositifs,édition EDISUD-Aix-en-provence, 1998, (180 pages).

Alain Liébard, André De Herde Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques: concevoir, édifier et aménager avec le développement durable editeur Observ'ER, Observatoire des énergies renouvelables 200, (776 pages).

ANGERS. Maurice, Initiation pratique à la méthodologie des sciences humaines, Alger: Editions Casbah Université, 1997, Québec: Editions CEC inc, 1996, (page 58).

Antoine Chrysostome Quatèmère de Quincy : Dictionnaire historique d'architecture: comprenant dans son plan. Les notions historiques, descriptives, archéologiques, biographiques, théoriques, didactiques et pratiques de cet art, éditeur le clere 1832 (page 381).

Bertrand CHATEAU & Bruno LAPPILONNE – La Prévision A Long Terme De La Demande D'énergiepropositions méthodologiques éditions du centre national de la recherche scientifique, paris 1977 p.30-31

Björn Stigson, président du WBCSD (World Business Council for Sustainable Development) Efficacité Energétique dans les Bâtiments, rapport international du WBCSD 2009.

Bruno Caillard 22 octobre 2015 a publié un article sur l'auvent voir : <https://carport.bilp.fr/guide-carports-preaux-auvents/introduction-67/generalites/auvent-extension>.

Bülow-Hube, Helena; Energy Efficient Window Systems - Effects on Energy Use and Daylight in Buildings, Division of Energy and Building Design, Department of Construction and Architecture, Lund Institute of Technology, Lund University, 2001, (190 pages).

C. Bougriou, A. Hazem et K. Kaouha : Protections Solaires des Fenêtres Faculté des Sciences de l'Ingénieur - Département de Mécanique Université de Batna. Rev. Energ. Ren. Vol.3(2000) (page 127-135).

CHARBONNIER. Sylvie et al, présente Le guide de la thermique dans l'habitat neuf, Paris: EDITION DU MONITEUR, 1992, (page 143).

CHATEAU. Bertrand et LAPILLONE. Bruno, La prévision à long terme de la demande de l'énergie – propositions méthodologiques, Paris: Editions du Centre National de la Recherche Scientifique, 1977, (page 30-31).

Christian Schittich, Gerald Staib, Dieter Balkow, Matthias Schuler et Werner Sobek : construire en verre , édition en français ,presses polytechnique et universitaires romandes ,Lausanne suisse 2001 (page 129-130) .

Claude-Alain Roulet, livre "Santé et qualité de l'environnement intérieur dans les bâtiments" Éditeur : Lausanne : Presses Polytechniques et Univ. Romandes, 2004, (358 pages)

Crawley D., Automated multivariate optimization tool for energy analysis, Simbuild, 2006.

Depecker P. INSA(Lyon). Constitution et modes de transfert d'un savoir scientifique dans le champ de l'architecture : le cas de la thermique. 1985.

Dr Ir. Peter Wouters, CSTC - chef de Département 'Physique du Bâtiment, Climat Intérieur et Equipements', verozo « protections solaires ; une contribution à votre confort et à l'économie d'énergie », Réf VF01a-0202-e Editeur : d.olmans, Dijkstraat 26, 9160 Lokeren, janvier 2002, (page 3).

E. Tillmann and J. Platzer: Evaluation of overheating protection with sunshading systems. Solar Energy, Vol. 69 (Suppl), N°:1 6, 2001, (page 59- 74).

Eric Durand - Habitat Solaire et Maîtrise de l'Energie- Revue Système Solaire N° 17/18 –oct .- nov. 1986 (page 10).

François-Xavier Dussud, Florine Wong, Jérôme Duvernoy, Romain Morel : Chiffres clés du climat France et Monde Édition ,2015
http://www.developpementdurable.gouv.fr/IMG/pdf/Chiffres_cles_du_climat_en_France_et_dans_le_monde_2015.pdf

Franz Graf : Histoire matérielle du bâti et projet de sauvegarde : devenir de l'architecture moderne et contemporaine, éditeur Lausanne : Presses polytechniques et universitaires romandes, 2014. Chapitre 21 Les murs rideaux des immeubles multifonctionnels de **Marc J. Saugey** à Genève (page 329).

Glas Trösch Holding AG : Le verre et ses applications, Copyright 2013 by Glas Trösch AG, Bützberg, (380 pages).

https://www.glastroesch.ch/uploads/tx_lwgtbrochures/bro_glas-und-praxis_fr.pdf

HELAS-OTHENIN N. et al., 2007, Énergie et logements sociaux. En quoi les Logements sociaux sont une bonne structure pour développer de bonnes pratiques énergétiques ?, École Nationale des Ponts et Chaussées (ENPC), Paris, (71 pages).

HidayatShahida and David Naylorb:Energy performance assessment of a windowwith a horizontal Venetianblind. *Energy and Buildings*, Vol: 37, 2005, (page 836-843).

Inês dionísio palma santos: performance evaluation of Solar shading systems. instituto superior técnico (universidade técnica de lisboa) outubro 2007, (90 pages).

Jakob,D confort d'été ,protections solaires in dossier de l'ARENE (agence regionale de l'énergie) de la région Provence-Alpes-Côte d'azur,2000.

J.L. Izard, Sandra Buisson La protection solaire architecturale – enviroB.A.T (Pour plus de précisions sur le test : http://cdr.envirobat-med.net/IMG/pdf/Protection_Solaire_Archi.pdf)

Jorge Herman and Salazar Trujillo: Solar Performance and Shadow Behaviour in Buildings: Case Studywith Computer. Modelling of a Building in Lorena, Spain,2001

Laurence JACQUES, Jean-Yves JOUSSELIN, Yves FOURNIER, Jean Francois BATOZ « Les brise-soleil en BFUP : une solution élégante pour réguler les apports thermiques dans les bâtiments. » *Designing and Building with UHPFRC : State of the Art and Development* **November 17th & 18th – Marseille, France, 2009.**

M. Amirat , S.M.K. El Hassar « Economies d'Énergie dans le Secteur de l'Habitat Consommation Electrique des Ménages- Cas d'un foyer algérien typique en période d'hiver », *Rev.Energ. Ren.* Vol. 8 2005 (page 27 – 37).

Mathieu Lamour, mémoire de recherche master ABC intitulé : optimisation de l'énergie solaire par approches bio-mimétique et simulation dynamiques, centre de recherche en architecture et ingéierie, 2011 responsable gilles DUCHANOIS, Jean-Claude BIGNON, (200 pages).

MENDLER. Sandra and ODELL. William, *The HOK Guidebook to Sustainable design* , New York: John Wiley & Sons, 2000,(page 2).

Ping .Ye: Effect of Venetianblinds on overall lheat transferthrough window systems: afinite element numerical solution. Queen'sUniversity Kingston, Ontario, Canada May,1997, (137 pages).

Pierre Lavigne, « Concevoir des bâtiments bioclimatiques », le moniteur, 2009, (430 pages).

Pierre Manil : L'énergie sous toutes ses formes, article Publié le 19/05/2014 par futura-sciences : <http://www.futurasciences.com/sciences/dossiers/physique-energie-sous-toutes-formes-1876/page/11/>

R. Benziada, '*Etude du Conditionnement Climatique des Locaux dans le Contexte Saharien*', Mémoire de Magister, C.U. Béchar, 2006, (144 pages).

R.SCHAAL, LES MURS-RIDEAUX : types-mode de construction expression architecturale traduit par M.DEGOUT DUNOD paris 1966, (page 246-247).

Razika Kharchi : article publié sur le Portail Algérien des ENERGIES RENOUVELABLES: ,15 janvier 2014, ainsi une Etude énergétique de chauffage, rafraichissement et eau chaude sanitaire d'une maison type en Algérie, page7, 1^{er} juillet 2013, (107 pages).

Rosencrantz, T. (2003). Calculation of cooling loads for different solar shading devices in Swedish offices using the software Parasol v2.0 and comparison of calculated and measured g-values, ISES Solar World Congress 2003, Gothenburg, Sweden, June 14-19 2003.

Rosencrantz, T., Håkansson, H. & Karlsson, B. (2005). g-values of solar control windows with internal solar shading devices, North Sun 2005, Vilnius, Lithuania May 25-27 2005.

Rosencrantz, T., Bülow-Hübe, H., Karlsson, B. & Roos, A. (2004). Increased solar energy and daylight utilisation using anti-reflective coatings in energy-efficient windows, EuroSun 2004 Freiburg, Germany, Accepted for: Solar Energy Materials and Solar Cells, December 2004.

Sigrid Reiter, André de Herde : « L'éclairage naturel des bâtiments » Éditeur : Louvain-la-Neuve, Belgium : Presses universitaires de Louvain, ©2004, (267 pages).

Stéphane THIERS, Bilans énergétiques et environnementaux de bâtiments à énergie positive (Energy and environmental assessments of energy-producing buildings). Thèse de Doctorat en Sciences des Métiers de l'Ingénieur (SMI), spécialité Energétique, MINES ParisTech, 21 novembre 2008 (252 pages).

Wall, M. & Bülow-Hübe, H. (2003). *Solar Protection in Buildings. Part 2 2000-2002* (Report EBD-R--03/1). Lund, Sweden: Div. Energy and Building Design, Dept. Construction and Architecture, Lund University.(155 pages).

Wurt F., Thiers S. et al ., couplage d'un modèle thermique issu de COMFIE avec un chauffage régulé électriquement pour une simulation temporelle hybride a pas variable, IBPSA, Moret-sur-loing, france, 2011.

Yve-Alain BOIS, article sur les « MUR-RIDEAU », in Encyclopedia Universalis, consulté le 17 décembre 2016. URL : <http://www.universalis.fr/encyclopedie/mur-rideau/>

DOCUMENTS ET GUIDES :

ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie) & AICVF (association des Ingénieurs en Climatologie, Ventilation et Froid) « Enseignement : programmer, concevoir, gérer les bâtiments à hautes performances énergétiques », Pyc Edition, Paris 1993.

APRUE programme de développement de l'efficacité énergétique à l'horizon 2030 édition 2015 p4.

ATLAS DE L'ALGERIE 1830-1960, Éditions Archives & Culture, février 2011, 80 p. (ISBN 978-2-35077-157-1)

CAUE: Conseil d'Architecture d'Urbanisme et de l'Environnement de Haute-Garonne, 2010 présentes une Fiche pratique sur « les protections solaires ». (<http://www.caue-mp.fr/base-documentaire/les-protections-solaires.html>)

ES-SO presente Un guide de « La protection solaire dans les bâtiments à basse consommation » Édition 1 FEVRIER 2012 éditeur : ES-SO, the European Solar-Shading Organization (www.es-so.com), 34pages.

GIEC : Bilan 2007 des changements climatiques. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [Équipe de rédaction principale, Pachauri, R.K. et Reisinger, A. (publié sous la direction de~)]. GIEC, Genève, Suisse, ..., 103 pages.
http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_fr.pdf

GRAND LAROUSSE De La Langue française, librairie Larousse, tome2 paris, 1972, p.1613.

IBGE: l'Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement présente un guide pratique en ligne pour la construction et la rénovation durables de petits bâtiments intitulé « Assurer Une Bonne Protection Solaire »– juillet 2010 (app.bruxellesenvironnement.be/guide_batiment_durable/docs/ENE13_FR)

INSTITUT WALLON en collaboration avec Catherine BALTUS et Jean-Marie HAUGLUSTAINÉ (LEMA, Département d'Architecture et d'Urbanisme, Université de Liège) on présenter un Guide pratique pour les architectes ”Pour le compte de la Direction Générale des Technologies, de la Recherche et de l’Energie (DGTRE) Février 2003. 15 pages.

JOURNAL OFFICIEL DE REPUBLIQUE ALGERIENNE, ‘Loi N°99-09 du 28 Juillet 1999 Relative à la Maîtrise de l’Energie’, J.O.R.A., N°51, 2 Août 1999, Alger, Algérie.

LEn : Loi sur l’énergie législation genevoise, article 16.

MINISTÈRE DE L’ÉNERGIE 2016:

<http://www.energy.gov.dz/francais/uploads/2016/Energie/energie-renouvelable.pdf>

MINISTÈRE DE L’ÉNERGIE 2015:

http://www.energy.gov.dz/francais/uploads/2016/Bilans_et_statistiques_du_secteur/Bilan_Energetique_National/Bilan_Energitique_National_2015_last.pdf

MINISTÈRE DE L’HABITAT, Ouvrage, ‘Recommandations Architecturales’, ENAG Edition, Alger.1993

METEONORM 7 : logiciel présente les données climatiques des différentes villes version 7.1.10

PACA (Agence Régionale de l'Énergie Provence-Alpes-Côte d'Azur) www.regionpaca.fr (confort d'été, fiche 3 : protection solaire/isolation) Le 04/11/09, par Envirobat Méditerranée PACA

STATION METEO : Recueil de Données climatique 2014, Station de Béchar

VEROZO, (l'union professionnelle belge des producteurs des volets et protection solaire) article intitulé; protections solaires ; une contribution a votre confort et a l'économie d'énergie, Réf VF01a-0202-e Editeur : d.olmans, Dijkstraat 26, 9160 Lokeren, 2002, 35page.

VSR : Association des fournisseurs suisses de systèmes de protection contre le soleil et les intempéries 17 mars 2007, http://www.storen-vsr.ch/files/filemanager/pdf/Economiser-energie-prot-sol-auto_fr.pdf

SITES D'INTERNET :

Climamaison : le guide expert du confort thermique : <http://www.climamaison.com>

Commission européenne: https://ec.europa.eu/clima/change/causes/index_fr.htm

Dicobat : (dictionnaire générale du bâtiment en ligne) 2014 www.dicobatonline.fr.

Economiesolidaire: L'Équipe d'Économie Solidaire le 7 février 2009 dans Ecologie <http://www..com/2009/02/07/causes-et-consequences-de-leffet-de-serre/>
éditeur arcatures

Energie⁺: Architecture ET Climate, Faculté d'architecture, d'ingénierie architecturale, d'urbanisme (LOCI), Université catholique de Louvain (Belgique), éalisé avec le soutien de la Wallonie - DGO4. Disponible sur :<http://www.energieplus->

lesite.be" <http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=10386> «Efficacité énergétique des bâtiments tertiaires » (septembre 2016).

Fenetrealu : Fenetrealu.com, le portail officiel de la menuiserie aluminium en France consulter le 28/11/2016 <http://www.fenetrealu.com/produits/facade-vitree/facade-rideau-alu>

Futura-planet : <http://www.futura-sciences.com/planete/definitions/developpement-durable-gaz-naturel-6640/http://www.futura-sciences.com/planete/definitions/climatologie-effet-serre-966/>

Futura sciences : <http://www.futura-sciences.com/sciences/definitions/chimie-petrole-9749/>

GEO 2009 : Blaise Mao - Lundi 13 juillet 2009 <http://www.geo.fr/environnement/les-mots-verts/rechauffement-climatique-44094>

MED-ENEC pilot project Energy Efficiency in the construction sector in the Mediterranean , www.medenec-gtz.fr.

Observ-er : l'observatoire des énergies renouvelables <http://www.energies-renouvelables.org/accueil-observ-er.asp>

Primeverre : <http://primeverre.com/tout-sur-le-verre/proprietes/,copyrat2011>.

SCS : Society for Modeling & Simulation International scs.org ,2015.

sunearthtools : https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php?lang=fr#top.

SOURCES DES FIGURES :

www.fermalux.be

www.pourcel-chefs-blog.com

www.futura-sciences.com

www.energieplus-lesite.be

www.stores-mariton.com

www.christinnn.com

www.agc-flatglass.co.th

www.fotosearch.com

<http://conseils.xpair.com>

<http://2.bp.blogspot.com>

<http://www.paroisvitreesrt2012.fr>

<http://www.yourhome.gov>

<http://www.archiexpo.com>

<http://www.cladtech-int.com>

www.glasseon.com

www.reynaers.fr

<https://trimo-group.com>

<http://www.sadev.com>

<https://www.pinterest.com>

<https://www.sepalumic.com>

<http://www.testoon.com>

www.xpair.com

<http://ehotelier.com>

| ANNEXES

|

ANNEXE1 : Données météorologiques enregistrées de la ville de Bechar pour l'Année de simulation (2014) :

Mois	Température Maximale Moyenne sous Abri (en °C)	Température Minimale Moyenne sous Abri (en °C)	Température Moyenne sous Abri (en °C)	Humidité Maximale Moyenne Mensuelle (en %)	Evaporation Moyenne Mensuelle (en mm)
Janvier	17,7	4,6	10,9	78,7	129,5
Février	20,1	7,2	13,8	69,6	170,6
Mars	22,4	9,3	16,2	65,6	241,3
Avril	29,4	15,4	23,2	49,5	304,
Mai	33,9	21,4	27,9	34,9	377,1
Juin	35,4	22,5	29,5	40,1	419,5
Juillet	41,7	27,4	35,3	23,1	517
Aout	40,7	27,6	34,7	33,7	456,7
Septembre	35,2	23,5	29,5	54,5	327,9
Octobre	30,1	17,6	24,2	52,5	258,7
Novembre	21	10,6	15,8	69,1	125,4
Décembre	15,7	4,7	9,8	96,1	63,3
Totale	343,3	191,8	270,8	667,4	3391
Moyenne	28,6	16	22,6	55,6	282,6

Mois	Pluviométrie (Cumul Mensuel en mm)	Insolation Total Mensuel (en heure)	Vent Moyen Mensuel (en m/s)
Janvier	8,7	239,9	2,7
Février	0	258,6	3,7
Mars	1,5	308,3	4,3
Avril	0,1	330,	3,9
Mai	18,7	340,5	3,8
Juin	0	351,5	4,2
Juillet	13,6	331,7	4
Aout	0	308,1	3,8
Septembre	15,3	218,7	4,2
Octobre	1,7	268,3	3,5
Novembre	184,4	207,6	3,6
Décembre	0,6	255,9	1,7
Totale	244,6	3419,	43,4
Moyenne	20,4	285	3,6

Tableau05: Donnée enregistrée pour l'année 2014. Source : station météo de Béchar

ANNEXE2: Données météorologiques enregistrées pour la journée d'étude**9juille 2014:**

Jour	Température max (en °C)	Température moy (en °C)	Température min (en °C)	Point de rosée (°C)	Humidité (%)	Vitesse du vent	Precip. (mm)
09/07/2014	44	36	27	6	10	8	0

Tableau 06: Donnée enregistrée pour l'ajournée du 9juillet 2014.
Source : station météo de Béchar

ANNEXE3 : Aspect géométrique du soleil**Déclinaison du soleil :**

C'est l'angle formé par la direction du soleil et le plan équatorial

$$\delta = 23.45 (\sin (280.1 + 0.9863 n))$$

Où n est le nième jour de l'an

La position du soleil :

Cette position est déterminée par :

L'azimut : il est défini comme étant l'angle entre le plan vertical contenant le rayon solaire et le plan de référence (le méridien du lieu).

Le plan vertical, varie entre -180° et $+180^\circ$, négatif à l'Est, positif à l'Ouest, par convention et vaut 0° au Sud dans l'hémisphère nord. l'azimut à son coucher ou son lever se calcule par la formule :

$$\text{Cos azimut} = \sin \text{déclinaison} / \cos \text{latitude}$$

L'azimut est calculé en général par la formule :

Sin azimut = sin ω cos δ / cos h où :

ω est l'angle horaire

δ est la déclinaison

h est la hauteur solaire (altitude solaire)

La hauteur solaire ; altitude : elle est définie comme étant l'angle formé par le plan horizontal du lieu et la direction du soleil. Cette hauteur est comprise entre 0° (soleil à l'horizon) et 90° (soleil au zénith) entre le rayon solaire et le plan horizontal du lieu cette hauteur au cours de la journée peut être calculée à l'aide de la formule suivante :

sin h = sin φ sin δ + cos φ cos ω cos δ

h est la hauteur du soleil a une heure donnée

φ est la latitude du lieu

ω est l'angle horaire

δ est la déclinaison du soleil

l'angle horaire est compté dans le sens rétrograde (dans le sens du mouvement apparent du soleil) il est nul au moment du passage du soleil au méridien

(Source: www.outilsolaires.com)

ANNEXE4 : Donnée sur la position du solaire a Béchar pour la journée d'étude 9 juillet 2014:

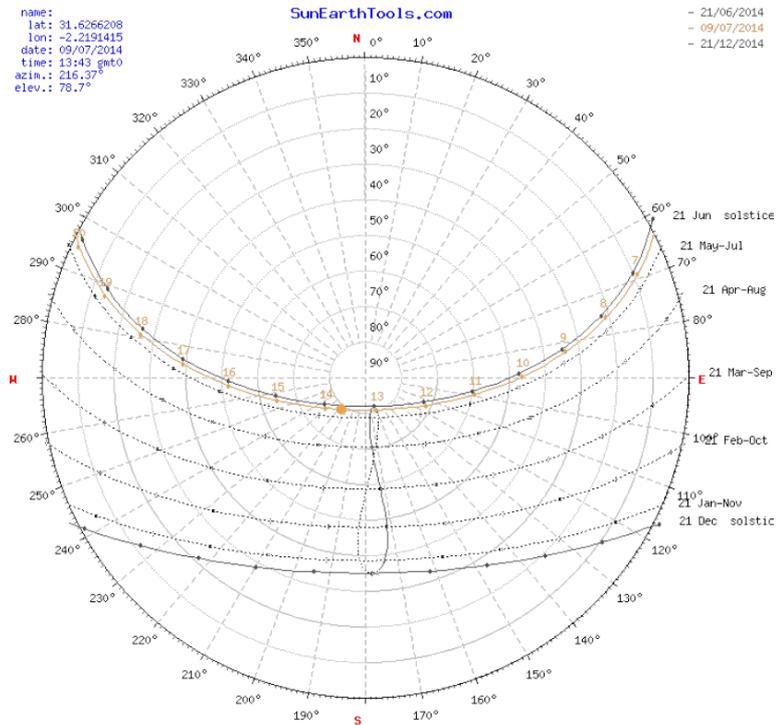


Figure 116 : Diagramme de trajectoire du soleil de la Ville de Béchar. Source : SuneArthTools.com

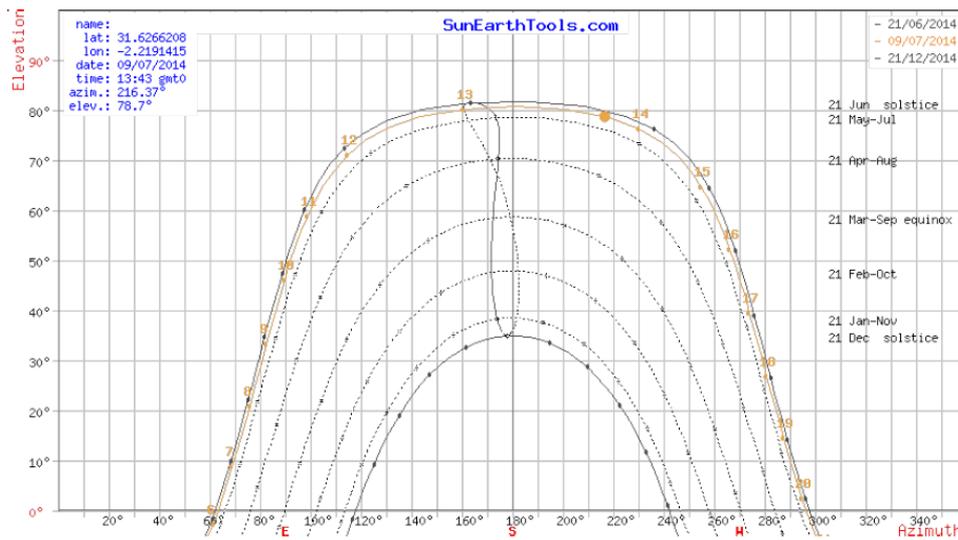


Figure 117 : Position du soleil de la ville de Bechar. Source : SuneArthTools.com

position du soleil 	Elevation	Azimut	latitudes	longitudes
09/07/2014 13:43 GMT0	78.7°	216.37°	31.6266208° N	2.2191415° W
crépuscule 	Sunrise	Sunset	Azimut Sunrise	Azimut Sunset
crépuscule -0.833°	06:10:59	20:17:04	62.88°	297.03°
Le crépuscule civil -6°	05:43:12	20:44:45	59.06°	300.83°
Le crépuscule nautique -12°	05:09:24	21:18:29	53.99°	305.88°
crépuscule astronomique -18°	04:33:06	21:54:41	47.92°	311.93°
jour 	hh:mm:ss	diff. dd+1	diff. dd-1	midi
09/07/2014	14:06:05	-00:00:46	00:00:44	13:14:01

Tableau 07: Position du soleil pour la journée du 9 juillet 2014. Source : SuneArthTools.com.

Date:	09/07/2014 GMT0	
coordonnées:	31.6266208, -2.2191415	
emplacement:	Unnamed Road, Béchar, Algérie	
heure	Elevation	Azimut
06:10:59	-0.833°	62.88°
7:00:00	8.69°	69.03°
8:00:00	20.86°	75.92°
9:00:00	33.4°	82.6°
10:00:00	46.13°	89.79°
11:00:00	58.85°	98.97°
12:00:00	71.09°	114.88°
13:00:00	80.19°	160.46°
14:00:00	76.2°	230.43°
15:00:00	64.73°	254.94°
16:00:00	52.13°	266.24°
17:00:00	39.37°	274.09°
18:00:00	26.71°	280.9°
19:00:00	14.34°	287.61°
20:00:00	2.43°	294.82°
20:17:04	-0.833°	297.03°

Tableau 08: Elévation et azimut du soleil pour la journée du 9 juillet 2014. Source : SuneArthTools.com.

RESUME

|

RESUME:

En Algérie, un grand nombre de bâtiment, a un impact significatif sur la consommation globale de l'énergie du pays soit 42% de la consommation globale. L'amélioration de l'efficacité énergétique dans le secteur du bâtiment est primordiale surtout que des milliers de nouveaux bâtiments sont apparues avec de nouvelles tendances architecturales basées sur le mur rideau et qui sont construits sans aucune considération pour l'efficacité énergétique ainsi que des millions de bâtiments existants consommant plus d'énergie que la normale. Agir maintenant implique de réduire leur consommation énergétique et de faire de réels progrès pour lutter contre le changement climatique.

L'enveloppe du bâtiment à mur rideau est responsable d'une grande consommation d'énergie de climatisation ceci est due à son contacte directe avec les radiations solaires intenses qui pénètrent à l'intérieur du bâtiment en provoquant des surchauffes.

Dans le sud algérien où les conditions climatiques sont pénibles tel que la ville de Bechar qui se caractérise par un climat chaud et aride ces nouveau bâtiments sont considérés comme énergivores surtout que la saison chaude dure la moitié de l'année ce qui entraîne une grande consommation d'énergie pour la climatisation. L'intérêt de notre étude est de protéger les parois vitrées avec des protections solaires intérieures et extérieures en évaluant leurs effet sur les charges de climatisation tout en identifiant le moyen le plus bénéfique. Pour cela, une méthode basée sur un outil de simulation « Energyplus » qui est un programme modélisant les différents paramètres agissant sur le bâtiment, a été choisie afin de réduire au minimum le coût d'énergie employée pour le refroidissement des bâtiments. Les résultats de notre étude ont montré que la présence d'une protection solaire permet d'atteindre des économies d'énergie annuelle (6mois de la saison chaude) allant de 2% à 13% selon les solutions des protections solaires proposées.

Les bâtiments proposés au sud avec des techniques de construction inadaptées nécessitent des protections solaires qui rassemblent à la fois les qualités esthétiques et offrent un cadre de vie plus confortable avec moins de consommation d'énergie.

Mots clés : *bâtiment à mur rideau- protections solaires- consommation d'énergie - climat chaud et aride.*

ملخص:

تعاني الجزائر من مشاكل استهلاك الطاقة حيث أن عددا كبيرا من الينايات يؤثر بشك سلبي على الاستهلاك الإجمالي للطاقة في البلد بنسبة حوالي 42%، بعد تحسين كفاءة الطاقة في قطاع اليناية أمر بالغ الأهمية خاصة أن آلاف المنشآت الجديدة شيدت وفق الهندسة المعمارية الحديثة القائمة على تقنية الحائط الساتر دون أي اعتبار لكفاءة الطاقة ، إضافة إلى ملايين الينايات الموجودة تستهلك طاقة هائلة مما يستلزم التدخل للحد من الاستهلاك الكبير للطاقة وتحقيق التقدم في العمل على مكافحة التغيرات المناخية.

وجود الحائط الساتر كغلاف لليناية هو المسؤول عن الاستهلاك الكبير للطاقة من أجل التبريد وهذا راجع لاتصاله المباشر مع أشعة الشمس الحادة ، دخول هذه الأخيرة إلى المبنى يؤدي إلى ارتفاع في درجة الحرارة.

في الجنوب الجزائري الذي يتميز بظروف مناخية صعبة مثل مدينة بشار التي تتميز بمناخ حار و جاف حيث تعتبر فيه المباني مستهلكة ضخمة للطاقة خصوصا أن موسم الحر يستمر نصف العام مما يؤدي إلى استهلاك هائل للطاقة من أجل للتبريد.الهدف من هذه الدراسة هو حماية الجدران الزجاجية للمبنى بواسطة واقيات الشمس الداخلية و الخارجية مع تقييم نسبة تأثيرها على متطلبات التبريد وكذلك تحديد الوسيلة الأمثل (الواقيات الشمسية الداخلية أو الخارجية) لتحقيق أهدافنا ، من أجل هذا اعتمدنا على برنامج محاكاة (Energy plus) الذي يمكننا من تغيير المعطيات المتعلقة باليناية، وهذا من أجل تخفيف تكلفة الطاقة المستخدمة لتبريد المبنى. أظهرت نتائج الدراسة أن وجود الواقيات الشمسية يحقق توفير في الطاقة المستهلكة سنويا (6 أشهر للموسم الحار) من 2 إلى 13% حسب واقيات الشمس المستعملة.

الينايات المقترحة في الجنوب بتقنيات البناء الحديثة (الجدران الزجاجية) غير ملائمة تتطلب استعمال واقيات الشمس التي تجمع بين كل من الجانب الجمالي لليناية و توفير حياة أكثر راحة للمستخدم مع تقليل استهلاك الطاقة

الكلمات الأساسية: مبنى بتقنية الحائط الساتر - الواقيات الشمسية- استهلاك الطاقة - مناخ حار و جاف

Abstract :

In Algeria, a large number of buildings, has a significant impact on the country's overall energy consumption, accounting for 42% of global consumption. Improving energy efficiency in the building sector is paramount especially as thousands of new buildings have emerged with new architectural trends based on the curtain wall and built without any consideration of energy efficiency as well as millions of existing buildings are consuming more energy than normal. Acting now means reducing energy consumption and making real progress in tackling climate change.

The curtain wall building envelope is responsible for a high energy consumption of air conditioning this is due to its direct contact with the intense solar radiation that penetrate inside the building causing overheating.

In southern Algeria where climatic conditions are difficult such as the city of Bechar which is characterized by a hot and arid climate these new buildings are considered energy-intensive especially that the hot season lasts half the year which leads to a large consumption of energy for air conditioning. The interest of our study is preserving the glass walls with internal and external solar protection, evaluating their effect on the air conditioning loads and identifying the most beneficial means. For that purpose, a method based on a simulation tool called "Energyplus», which is a program modeling the various external and internal parameters acting on the building, has been chosen in order to minimize the cost of energy used for buildings cooling. The results of our study showed that the presence of solar protection allows to achieve annual energy savings (6 months of the hot season) ranging from 2% to 13% depending on the solar protection solutions proposed.

South buildings with inadequate construction techniques require solar protection that combines both aesthetic qualities and a more comfortable living environment with less energy consumption.

Keywords: *curtain wall buildings- solar protection- energy consumption- hot and arid climate.*