الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Mohamed Seddik BENYAHIA – Jijel
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département d'Architecture

N° :...../20.....

Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme de :
Master Académique

Domaine : Architecture Urbanisme et Métiers de la Ville

Filière : Architecture

Spécialité : Architecture

Présenté par : Widad ABDELMOULA
Roukaya BENHOUMEUR

Encadré Par : Ammar BOUCHAIR

Thème

CONCEPTION DES BRISE-SOLEIL DYNAMIQUES POUR OPTIMISER LA PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE DES BÂTIMENTS ; CAS DE LA ZONE CÔTIÈRE ALGÉRIENNE

Date de soutenance : 06/07/2022

Composition du jury de soutenance

Adila AIDAT	**M.C.B,** Université de Jijel **: Présidente**
Ammar BOUCHAIR	**PR,** Université de Jijel **: Encadrant**
Warda BOULFANI	**M.C.B,** Université de Jijel **: Examinatrice 1**
Mounia OUARI	**M.A.A,** Université de Jijel **: Examinatrice 2**

Promotion : 2021 /2022

Remerciement

Nos sincères remerciements s'adressent avant tout à « Allah » le Tout-Puissant qui nous a donné la force, la volonté, et le courage pour accomplir ce travail.

Nous tenons à exprimer notre profonde reconnaissance et notre plus sincères remerciements à notre encadrant, le professeur « Ammar Bouchair », pour la qualité de son encadrement exceptionnel, son suivi, ses conseils judicieux, son soutien et sa disponibilité tout au long de ce travail. Ce fut un grand plaisir de travailler sous sa direction.

Nous tenons également à remercier les honorables membres de jury : Mme Aidat Adila, Mme Boulfani Warda, et Mme Ouari Mounia pour l'honneur qu'elles nous ont accordé en acceptant d'évaluer notre travail.

Nous n'oublierons pas de remercier tous les enseignants du département d'architecture de l'université Mohammed Seddik Benyahya, pour les efforts qu'ils ont fournis durant notre cursus afin de n'amener jusqu'au bout de la formation.

Enfin, grands mercis à nos familles, nos amies et à toutes les personnes qui nous aidées et soutenues de près ou de loin.

À tous un grand merci.

Widad & Roukaya

Dédicace

Avec l'expression de ma reconnaissance, je dédie ce modeste travail à ceux qui, quels que soient les termes embrassés, je m'arriverais jamais à leur exprimer mon amour sincère.

À ma très chère mère, mon plus grand amour, ma plus grande fierté et la femme de ma vie. Merci pour tout ce que m'avez donné et merci d'être maman. Puisse dieu, tout puissant vous combler de santé, de bonheur et vous procurer une longue vie.

À mon très cher père, aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime et le respect que j'ai toujours eu pour toi. j'espère que vous y trouvez les fruits de votre semence et le témoignage de ma grande fierté de vous avoir comme père. J'implore dieu, tout puissant, de vous accorder une bonne santé, une longue vie et beaucoup de bonheur.

A mon cher frère et sa femme, les architectes Kamel & Amira, j'ai eu beaucoup de chance de vous trouver à mes côtés tout au long de mon parcours. Que dieu vous bénisse avec tout ce que vous voulez.

A mes chers frères Bilel, Badr et Sami qui n'ont pas cessé de m'encourager et soutenir. Que dieu vous protège et vous offre la chance et le bonheur.

A mes chères sœurs Amel, Hanane et Sabah pour leur amour et leur encouragement. Je vous souhaite une vie pleine de santé, du bonheur et de succès.

À tous mes neveux et nièces, les sources de joie et de bonheur pour toute la famille.

A mon binôme Roukaya, et tous mes amies et collègues de notre promo pour tous les merveilleux souvenirs que nous avons partagés ensemble.

À tous qui m'aiment et que j'aime.

Widad

Dédicace

À mes chers parents,

Quoi que je fasse ou quoi que je dise, je ne saurai vous remercier comme il se doit. Votre affection me couvre, votre bienveillance me guide et votre présence à mes côtés a toujours été ma source de force pour affronter les différends obstacles, qu'ils trouvent ici le témoignage de ma profonde reconnaissance.

À mon frère et mon bon exemple dans la vie « Badis » et sa famille, qui a toujours su me rassurer, me guider et me motiver à aller au bout des choses, merci pour ton soutien plus que précieux, ton enthousiasme.

À mon frère et sœurs, Adel, Mimi, Nadia, Nour elhouda et leurs familles, qui n'ont pas cessé de m'encourager, conseiller et soutenir tout au long de mes études. Que dieu les protège et leurs offres la chance et le bonheur.

À mes sœurs jumelles Wissam et Ghada.

À mon soutien moral et source de joie et de bonheur mes amies «Messaouda » et « Houria » pour l'encouragement et l'aide qu'elles m'ont toujours accordée.

À mon binôme Widad, avec qui j'ai pu passer une année agréable pleine de souvenirs et d'aventures inoubliables.

À monsieur BOUCHAIR Ammar, et à tous mes enseignants, merci pour vos efforts et contributions à ma formation.

À toutes mes amies.

À tous ceux que j'aime et que je respecte.

Merci d'être toujours là pour moi.

Roukaya

TABLE DES MATIÈRES

Dédicaces et Remerciements I
Table des matières IV
Liste des figures IX
Liste des tableaux XII
Liste des abréviations XII

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Introduction 1
Problématique 2
Hypothèses de la recherche 2
Objectifs de la recherche 3
Démarche méthodologique 3
Structure du Mémoire 3

Chapitre 1 : L'ensoleillement et la géométrie solaire

Introduction 5
1- L'ensoleillement en architecture 5
2- Notions de base de la géométrie solaire 6
2-1- Les trajectoires solaires 6
2-2- Inclinaison de la terre et le changement saisonnier 6
2-3- Le mouvement journalier de la terre sur elle-même 7
2-4- Le rayonnement solaire 8
2-5- La sphère céleste 9
2-6- La radiation solaire 11
2-7- Les coordonnées angulaires du soleil 11
2-8- L'angle horaire(w) 12
2-9- L'angle d'incidence 13
2-10- L'intensité du rayonnement solaire sur une surface 13
2-11- L'angle d'ombre horizontal (HSA) 14
2-12- L'angle d'ombre verticale (VSA) 15
3- Techniques traditionnelles de protection solaire 15
3-1- Diminution de la surface de l'enveloppe 15
3-2- L'ombrage 15
3-3- Les ouvertures 16
3-4- Le patio 16

3-5- La végétation 16
3-6- Éléments fragmentaires au niveau de l'enveloppe 17
4- Autres solutions contemporaines de protection solaire 18
4-1- Le vitrage 18
4-2- Films de protection solaire 18
4-3- Stores intégrés au vitrage 19
4-4- Les brise-soleil 19
Conclusion 20

Chapitre 2 **: Principes et notions de modélisation solaire**

Introduction 21
1- Méthodes et outils d'étude de l'ensoleillement 21
1-1 Calculs mathématiques 21
1-2 Diagrammes et abaques graphiques 21
1-2-1 Définition du diagramme solaire 22
1-2-2 Construction d'un diagramme solaire 22
1-2-3 Types du diagramme solaire 23
1-2-3-1 Diagrammes solaires mono latitude 23
1-2-3-2 Diagrammes solaires multi latitude 25
1-3 Méthodes de simulation graphique 27
1-3-1 Le tracé des ombres 27
1-3-2 Le tracé des masques 27
1-4 la simulation 2D de l'ensoleillement 28
1-5 La simulation 3D de l'ensoleillement 29
1-5-1 Les courbes de niveau solaires de Twarowski 29
1-5-2 Les tracés solaires de Dourgnon et al 29
1-5-3 Les enveloppes solaires de Knowles 30
1-6 Les logiciels de simulation directe d'ensoleillement 31
1-6-1 ECOTECT 31
1-6-2 REVIT 32
1-6-3 ArchiWIZARD 32
Conclusion 33

Chapitre 3 **: Les brise-soleil ; types et performances**

Introduction 34
1- Définition de la protection solaire 34
2- Les objectifs de la protection solaire 34

3- Le rôle du facteur solaire dans la performance des protections solaires 35
4- Les types de brise-soleil 37
4-1- les dispositifs de protection solaire fixes 37
4-1-1- Les brise-soleil horizontaux auvents 37
4-1-2- Avancée verticale flanc 38
4-1-3- La loggia 38
4-1-4- Les claustras 38
4-1-5- Le moucharabieh 39
4-2- Les dispositifs de protection solaire mobiles 39
4-2-1- Les stores intérieurs et extérieurs mobiles 40
4-2-2- Les volets 41
4-2-3- Les rideaux 42
5- Les modes de mouvement de dispositifs de protection mobile 42
6- La performance des brise-soleil 44
6-1- Les brise-soleil fixes 44
6-2- Les brise-soleil mobiles 45
7- Principes généraux de choix de conception des protections solaires 47
7-1- Types de protections solaires selon les orientations 47
7-2- Conception des dispositifs de protection solaire 48
Conclusion 49

Chapitre 4 **: Présentation du cas d'étude**

Introduction 50
1- Présentation de la zone d'étude 50
1-1- Le profil géographique 50
1-2- Le profil climatique 50
2- Présentation de la ville de Jijel 51
2-1- Les données géographiques 51
2-2- Les données climatiques 51
2-2-1- La température 52
2-2-2- La précipitation 52
2-2-3- L'humidité 53
2-2-4- Les vents 53
2-2-5- Le rayonnement solaire 54
3- Présentation de l'échantillon d'étude 56
Conclusion 57

Chapitre 5 **: Méthodes et outils d'investigation**

Introduction 58

1- L'outil d'investigation (la simulation numérique) 58

2- Justification du choix du logiciel de simulation 58

3- Présentation du logiciel de simulation Revit 59

4- Les démarches de la simulation par Revit 60

5- Les conditions de la simulation 66

6- Les divers scénarios 66

6-1- Scénario 1 ; brise-soleil fixe simple sous forme d'une loggia 66

6-2- Scénario 2 ; brise-soleil fixe combiné 67

6-3- Scénario 3 ; le modèle proposé 68

Conclusion 70

Chapitre 6 **: Résultats et interprétation**

Introduction 71

1- Présentation des résultats 71

1-1- Les résultats quantitatifs ; les rayonnements solaires globaux incidents 71

1-1-1- Scénario 1 ; brise-soleil fixe simple (type loggia) 71

1-1-2- Scénario 2 ; brise-soleil fixe combiné 72

1-1-3- Scénario 3 ; le modèle proposé 74

1-2- Les résultats qualitatifs 75

1-2-1- Scénario 1 ; brise-soleil fixe simple (type loggia) 75

1-2-2- Scénario 2 ; brise-soleil fixe combiné 77

1-2-3- Scénario 3 ; le modèle proposé 78

2- Discussion et interprétation des résultats 80

3- Les limites de l'étude 82

4- Perspectives de recherche 82

Conclusion 83

CONCLUSION GÉNÉRALE 84

Références bibliographiques 86

ملخص

Résumé

Abstract

Liste des figures

Chapitre 1

Figure 1.1 : Description simplifier du plan orbital du système terre soleil

Figure 1.2 : Solstice d'hiver en hémisphère nord le 22 décembre à midi

Figure 1.3 : Variation de la déclinaison terrestre au cours de l'année

Figure 1.4 : Sens de rotation de la Terre source

Figure 1.5 : Bilan radiatif terrestre

Figure 1.6 : Trajectoires solaires apparentes en un point P sur la Terre

Figure 1.7 : Correspondance des trajectoires solaires sur l'année

Figure 1.8 : Les trois composants du rayonnement solaire global

Figure 1.9 : Définitions des repères locaux

Figure 1.10 : Latitude du soleil

Figure 1.11 : L'angle horaire

Figure 1.12 : l'angle d'incidence

Figure 1.13 : Pourcentage du rayonnement intercepté par une paroi en fonction de l'angle

Figure 1.14 : Représentation de l'angle d'ombre horizontale

Figure 1.15 : Représentation de l'angle d'ombre verticale

Figure 1.16 : Schéma de fonctionnement climatique d'un patio

Chapitre 2

Figure 2.1 : Un diagramme solaire pour la latitude 36◦

Figure 2.2 : Les angles horizontaux et verticaux de la voute céleste

Figure 2.3 : La course du soleil

Figure 2.4 : Les heures de la journée

Figure 2.5 : Modes de projection utilisés pour réaliser des cartes du ciel

Figure 2.6 : Le Girasol

Figure 2.7 : Principe de détermination de gnomon de M. Twarowski

Figure 2.8 : Tracé des ombres

Figure 2.9 : Construction d'un masque sur le diagramme angulaire

Figure 2.10 : Méthode de C.S.T.B de simuler en 3D la protection solaire (grisée) d'une fenêtre

Figure 2.11 : Brise-soleil composés soit d'un unique élément horizontal, soit de l'addition des deux joues verticales à la partie horizontale comprise entre ces deux joues

Figure 2.12 : Vues axonométriques de l'enveloppe solaire d'une parcelle urbaine

Chapitre 3

Figure 3.1 : Les objectifs de la protection solaire

Figure 3.2 : Le facteur solaire

Figure 3.3 : Les orientations recommandées
Figure 3.4 : Auvent
Figure 3.5 : Le flanc
Figure 3.6 : La loggia
Figure 3.7 : Claustra
Figure 3.8 : Vue de Moucharabieh
Figure 3.9 : Exemple d'un store vénitien
Figure 3.10 : Les volets (battant, pliant, roulant, coulissant)
Figure 3.11 : Fenêtre avec rideaux
Figure 3.12 : Le mouvement coulissant
Figure 3.13 : Le mouvement pivotant
Figure 3.14 : Le mouvement pliant
Figure 3.15 : Système de transformation géométrique
Figure 3.16 : Efficacité de différents systèmes de protection solaires fixes
Figure 3.17 : Types de protections solaires selon les orientations

Chapitre 4

Figure 4.1 : Cote algérienne
Figure 4.2 : Situation de la ville de Jijel
Figure 4.3 : Température moyenne maximale et minimale à Jijel
Figure 4.4 : Probabilité de précipitation quotidienne à Jijel
Figure 4.5 : Niveaux de confort selon l'humidité à Jijel
Figure 4.6 : Vitesse moyenne du vent à Jijel
Figure 4.7 : Direction du vent à Jijel
Figure 4.8 : Rayonnement solaire incident à Jijel en W/m²
Figure 4.9 : Rayonnement incident en ondes quotidien moyen à Jijel
Figure 4.10 : Situation de l'objet d'étude
Figure 4.11 : Plan de 2e étage portant la pièce étudiée

Chapitre 5

Figure 5.1 : L'interface de Revit
Figure 5.2 : Les commandes utilisées pour dessiner le projet étudié
Figure 5.3 : L'activation de l'ombre et la trajectoire solaire
Figure 5.4 : Représentation de trajectoire du soleil en mode un jour
Figure 5.5 : Représentation de trajectoire du soleil en mode toujours avec le soleil sélectionné
Figure 5.6 : Configuration des paramètres du soleil
Figure 5.7 : La prévisualisation de l'étude de l'ensoleillement

Figure 5.8 : La configuration relative à l'enregistrement de la vidéo
Figure 5.9 : La configuration relative à l'enregistrement de la vidéo (suite)
Figure 5.10 : La configuration relative à l'analyse d'ensoleillement
Figure 5.11 : La sélection des surfaces étudiées
Figure 5.12 : Configuration relative aux paramètres de résultats
Figure 5.13 : Configuration relative aux styles d'affichage de l'analyse
Figure 5.14 : Configuration relative au résultat final de l'analyse
Figure 5.15 : Façade, coupe et vue perspective du 1er modèle
Figure 5.16 : Façade, coupe du 2e modèle
Figure 5.17 : vue perspective du 2e modèle
Figure 5.18 : Façade du modèle proposé (ouvert et fermé)
Figure 5.19 : Vue perspective et coupe du modèle proposé
Figure 5.20 : Brise-soleil proposé à ses différents états d'ouverture et de fermeture (A) et (B)
Figure 5.21 : Brise-soleil proposé à ses différents états d'ouverture et de fermeture (C) et (D)

Chapitre 6

Figure 6.1 : Moyenne journalière cumulée de RSDI en été, scénario 1
Figure 6.2 : Moyenne journalière cumulée de RSDI en hiver, scénario 1
Figure 6.3 : Moyenne journalière cumulée de RSDI en été, scénario 2
Figure 6.4 : Moyenne journalière cumulée de RSDI en hiver, scénario 2
Figure 6.5 : Moyenne journalière cumulée de RSDI en été, scénario 3
Figure 6.6 : Moyenne journalière cumulée de RSDI en hiver, scénario 3
Figure 6.7 : Les rayonnements solaires et l'ombre portée à l'intérieur en été à 10h,13h, scénario 1
Figure 6.8 : Les rayonnements solaires et l'ombre portée à l'intérieur en été à 19h, scénario 1
Figure 6.9 : Les rayonnements solaires et l'ombre portée à l'intérieur en hiver, scénario 1
Figure 6.10 : Les rayonnements solaires et l'ombre portée à l'intérieur en été, scénario 2
Figure 6.11 : Les rayonnements solaires et l'ombre portée à l'intérieur en hiver, scénario 2
Figure 6.12 : Les rayonnements solaires et l'ombre portée lorsque le modèle est fermé en hiver et en été, scénario 3
Figure 6.13 : Les rayonnements solaires et l'ombre portée lorsque le modèle est fermé en été, scénario 3
Figure 6.14 : Les rayonnements solaires et l'ombre portée lorsque le modèle est ouvert en été
Figure 6.15 : Les rayonnements solaires et l'ombre portée lorsque le modèle est ouvert en hiver

Figure 6.16 : Les moyennes journalières cumulées maximales de RSDI en été et en hiver pour les trois scénarios

Liste des tableaux

Tableau 1.1 : Caractéristique de doubles vitrages

Tableau 3.1 : Avantages et inconvénients des stores intérieurs

Tableau 3.2 : Avantages et inconvénients des stores extérieurs

Tableau 3.3 : Facteur solaire de protection extérieure mobile

Tableau 3.4 : Comparaison de différents types de protections solaires extérieures

Tableau 4.1 : Caractéristiques climatiques de la zone côtière d'Algérie

Liste des abréviations

2D : 2 Dimensions

3D : 3 Dimensions

HSA : Horizontal Shadow Angle (l'angle d'ombre horizontal)

VSA : Vertical Shadow Angle

GTC : Gestion Technique Centralisée

CRMAA : Centre de Recherches Méthodologiques d'Architecture et d'Aménagement

BIM : Building Information Modeling

CAO : Conception Assistée par Ordinateur

FS : Facteur Solaire

AEC : Architecture, Engineering, Construction

RSDI : Rayonnement solaire direct incident

INTRODUCTION GÉNÉRALE

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Introduction

Notre monde a connu de grandes transformations au cours des deux derniers siècles, ce qui a conduit à un développement révolutionnaire dans tous les domaines tels que l'architecture, et la technologie. Ceci a permis de trouver des diverses solutions pour les problèmes d'actualité comme les questions relatives à l'énergie et l'amélioration de la performance énergétique dans les bâtiments, parce que ce secteur est considéré comme le plus énergivore dans le monde selon (Algérie, 2019), et étant donné les solutions proposées on a les protections solaires qui désignent tout élément dont le rôle est d'éviter que tout ou seulement une partie des radiations solaires ne peut pénétrer à travers une ouverture.

La conception des protections solaires représente une solution assez importante pour la lutte contre le rayonnement solaire qui peut être bénéfique en hiver ou préjudiciable en été, selon le contexte dans lequel il intervient. Les protections solaires constituent une technique adoptée par les architectes après plusieurs recherches et études sur ce sujet, mais malheureusement elle n'était pas toujours efficace parce qu'elle est souvent utilisée avec ses formes diverses (verticale, horizontale, loggia…) comme un élément statique qui peut satisfaire les besoins des occupants dans certaines périodes, mais pas pour toujours.

Lorsque les conditions extérieures aux limites de l'environnement sont conçues pour être constamment variables, l'idée est de faire appel à ces énergies quand elles contribuent au confort. Les brise-soleil fixes sont incapables de s'adapter et de répondre aux différents changements auxquels ils sont soumis. Elles peuvent protéger la construction dans certains moments, mais elles peuvent avoir un effet indésirable d'ombrage dans les saisons hivernales et l'inverse. Donc, à cause de ce problème il est raisonnable de trouver d'autres solutions plus efficaces et plus performantes. Ça nous conduit de réfléchir sur des brise-soleil dynamiques qui constituent des éléments orientables d'une manière manuelle ou automatisée et adaptative aux conditions ambiantes, et permettent de contrôler les apports solaires entrants dans le bâtiment selon les besoins suggérés d'une façon permanente et plus efficace, tout en assurant un confort optimal pour les occupants. Par ailleurs ils offrent une optimisation de la performance énergétique et servent à réduire les besoins d'énergie pour la climatisation en été et le chauffage en hiver.

Enfin, notre objectif est de profiter le maximum des conditions climatiques extérieures comme le soleil pour créer un environnement intérieur confortable, tout en minimisant les besoins énergétiques dans la construction ce qui contribue à la préservation de notre planète et de ses sources pour les générations futures.

Problématique

Ces dernières années, il y a eu une prise de conscience immergée de la nécessité de réduire la consommation énergétique, notamment dans le domaine de la construction, ce qui se traduit par une réflexion sur l'intégration des éléments architecturaux exploitant les paramètres climatiques dans le bâtiment. Ce ci exige une collaboration interdisciplinaire, utilisant des méthodes, des systèmes et des techniques innovantes qui optimisent la performance énergétique des constructions.

Le climat méditerranéen se caractérise par des étés secs et chauds et des hivers doux et humides avec un taux de rayonnement solaire considérable. Parmi les problèmes d'ambiance susceptibles de survenir dans le bâtiment, on trouve l'inconfort dû à la surchauffe en été ce qui nécessite l'utilisation des brise-soleil.

Malgré les nombreuses études menées sur ce sujet, un certain nombre de questions reste toutefois préoccupante. Les solutions présentées dans le cadre de ces études montrent que les protections fixes ou mobiles ne sont pas assez efficaces pour offrir une protection solaire durant les périodes de surchauffe.

Notre travail aborde la préoccupation de concevoir des brise-soleil plus efficaces et capables d'interagir avec l'environnement extérieur pour minimiser la pénétration directe des rayons solaires, améliorer le confort intérieur, optimiser la performance énergétique dans le bâtiment et répondre aux besoins des occupants durant toute l'année. D'ailleurs, ce système de protection dynamique peut donner une certaine vitalité et une valeur esthétique au niveau de la façade.

Par ailleurs, la question centrale qui se pose est :

- Dans quelle mesure les brise-soleil dynamiques peuvent-ils optimiser la performance énergétique dans les bâtiments méditerranéens ?

Deux sous-questions peuvent surgir :

- Quelle forme géométrique et quel mécanisme de ce type de brise peuvent être conçus pour une meilleure efficacité énergétique dans le bâtiment ?
- En quoi une brise soleil dynamique se diffère d'une autre fixe en termes de besoins énergétiques **?**

Hypothèses de la recherche

À cet égard, en essayant d'apporter des réponses à toutes les questions ci-dessus, notre travail de recherche va être fonder sur deux hypothèses définir comme suit :

- Les brise-soleil dynamiques peuvent améliorer la performance énergétique dans le bâtiment.

- La forme géométrique et le mécanisme de gestion des brise-soleil dynamique peuvent être des paramètres favorisants par rapport aux brise-soleil fixes en matière d'efficacité énergétique.

Objectifs de la recherche

Dans ce sens, le présent travail de recherche s'intéresse à atteindre plusieurs objectifs :

- Connaître quel apport peut fournir les brise-soleil dynamiques pour le contrôle solaire dans le bâtiment par rapport aux autres protections solaires.
- La connaissance et la maîtrise de la géométrie solaire comme paramètre entrant dans l'étude des protections solaires.
- Faire une comparaison entre les brise-soleil dynamiques et fixes.

Démarche méthodologique

Afin de bien réaliser ce mémoire, de vérifier les hypothèses posées et d'atteindre les objectifs visés, une approche quantitative est choisie. À partir d'un état de l'art approfondi sur les divers concepts et solutions relatifs à notre thème et qui nous permit de dégager notre problématique. Par ailleurs, nous avons établi une démarche opérationnelle à travers laquelle un échantillon a été choisi avec divers scénarios dans le contexte climatique de Jijel. Une simulation à l'aide de logiciel Revit a été effectuée. Le but était de connaitre dans quelle mesure les brise-soleil dynamiques contribuent à l'amélioration de la performance énergétique dans les bâtiments méditerranéens et de savoir la différence entre ces derniers et les brise-soleil fixes en matière de performance énergétique.

Structure du Mémoire

Pour répondre aux objectifs sus énoncés, il est important d'apporter une structure bien définie au sujet de recherche. On commence par une introduction générale qui contient des généralités sur le thème, la problématique, les hypothèses, les objectifs à atteindre et la méthodologie de recherche. Notre recherche comporte six chapitres :

Le premier chapitre appréhende les principaux concepts et les notions de base de l'ensoleillement et la géométrie solaire, l'importance de rayonnement solaire en architecture et différentes techniques traditionnelles de protection contre l'ensoleillement ainsi qu'autres solutions nouvelles.

Le deuxième chapitre traite les principes et les notions de modalisation solaire qui comportent les outils d'étude de l'ensoleillement, les méthodes de simulation graphiques, les types des diagrammes solaires, les logiciels de simulation 2D, et la simulation 3D de l'ensoleillement.

Le troisième chapitre est basé sur les différents concepts liés aux protections solaires, il contient des informations sur ces dernières (définitions, objectifs, types, les modes de mouvement, ces performances et les principes généraux de choix de conception des protections solaires).

Le quatrième chapitre présente notre cas d'étude, son environnement et la méthode d'investigation utilisée dans ce travail qui s'agit d'une simulation par le logiciel Revit.

Le cinquième chapitre englobe le déroulement de la simulation avec Revit.

Le sixième chapitre présente les résultats obtenus avec leur interprétation.

Le corps de ce travail est suivi par une conclusion générale qui dresse la synthèse de l'étude, les principales réponses à la problématique et les limites de notre recherche là où on désigne l'apport des brise-soleil dynamiques pour l'amélioration de la performance énergétique dans le bâtiment et la comparaison avec la performance des brise-soleil fixes et mobiles.

CHAPITRE 1 :

L’ensoleillement et la géométrie solaire

Chapitre 1 **: L'ensoleillement et la géométrie solaire**

"*The Sun is fundamental to all life. It is the source of our vision, our warmth, our energy, and the rhythm of our lives. Its movements inform our perceptions of time and space and our scale in the universe*". R. L. Knowles, *The Solar Envelope*, 1984

Introduction

Le soleil est une étoile primordiale pour la vie humaine sur terre. Ses rayons solaires représentent l'origine de la lumière et l'énergie nécessaire à la vie des êtres vivants. Elle est le moteur de réalimentation énergétique quotidienne qui produit les différents paramètres de climat (pluies, vents, humidité, précipitation.). Il a toujours inspiré les architectes dans leur quête des nouvelles idées, formes et des nouvelles solutions architecturales créatives. En architecture, le soleil est considéré comme un élément important dans la conception architecturale. Il peut offrir à la fois, le confort thermique pour les occupants, et l'énergie.

Dans ce chapitre, nous abordons dans un premier temps la notion d'ensoleillement et la géométrie solaire où nous présentons quelques définitions et notions utiles et nécessaires à la compréhension des autres chapitres. Tels que l'importance du rayonnement solaire en architecture, les trajectoires du soleil, le mouvement de la Terre, et les différentes notions de base de la géométrie solaire comme les coordonnées angulaires du soleil, l'angle d'incidence et d'ombre.

Dans un second temps, nous présentons les différentes techniques traditionnelles de protection contre l'ensoleillement ainsi qu'autres solutions nouvelles.

1- L'ensoleillement et le rayonnement solaire en architecture

Le rapport entre l'architecture et le soleil est presque passionné. Le soleil occupe une place très importante en raison de ses implications culturelles et psychologiques.

« *Il y a dans l'inconscient de tout architecte, mais aussi de tout consommateur d'architecture, un esthétisme du soleil et de sa lumière* ». (BOUVIER, 1981)

La course du soleil dans le ciel est l'une des connaissances de base de l'architecte. Il faut savoir le repérer sur la localité d'implantation d'un bâtiment en fonction de cette course, et par conséquent jouer avec l'ombre et la lumière à l'intérieur et à l'extérieur des bâtiments.

D'après (Siret, 1997) « *L'ensoleillement est défini comme l'ensemble des interactions entre la lumière naturelle, dans sa composante directe, et l'environnement construit. Ces interactions se manifestent sous la forme de taches d'ombres ou de soleil sur les surfaces composants l'environnement. L'énergie fournie par une tache est en fonction de sa surface de*

l'angle d'incidence du rayon solaire instantané en chaque point du temps d'exposition au soleil et du matériau exposé (transmission, réflexion et absorption ».

La dimension énergétique du soleil qui est souvent à l'origine des solutions architecturales originales. Le soleil doit être connu par l'architecte pour les questions énergétiques de base, le potentiel solaire d'un site est implicitement inclus dans les connaissances à assimiler dans toute étude thermique. Il est donc nécessaire de renforcer nos connaissances sur les effets thermiques du soleil et de mettre en évidence son rapport avec le bâti.

2- Notions de base de la géométrie solaire

2-1- Les trajectoires solaires

Les trajectoires solaires sont définies par le mouvement terrestre autour du Soleil. Les déplacements de la Terre dans le système solaire sont extrêmement complexes. La rotation terrestre (1 690 km/h au droit de l'équateur) correspond au cycle jour / nuit en 24 heures, tandis que son voyage autour du soleil, équivalent à 1710 km/min, crée les variations saisonnières en un peu plus de 365 jours (De Herde and Liébard, 2005), Figure 1-1.

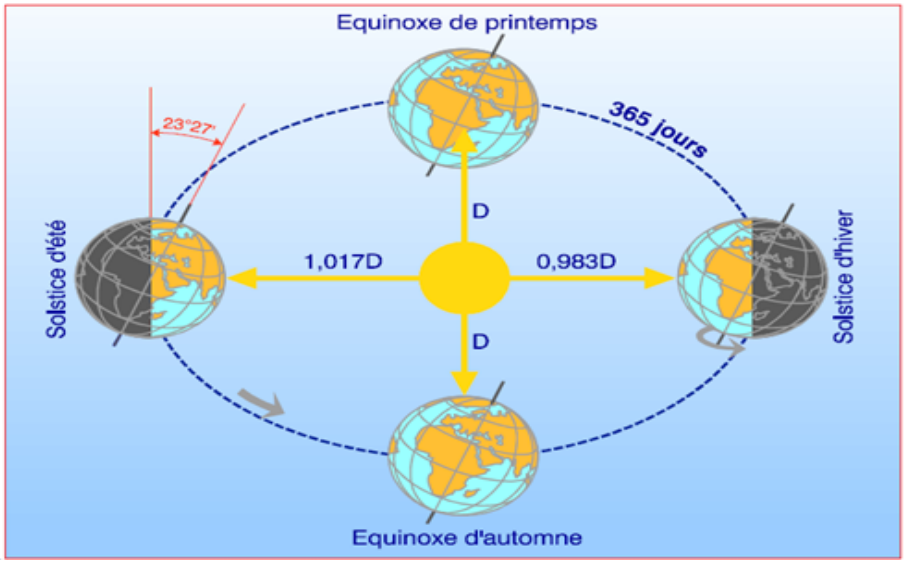


Figure 1.1 : Description simplifié du plan orbital du système terre soleil,
(De Herde and Liébard, 2005)

2-2- Inclinaison de la terre et le changement saisonnier

L'axe de rotation de la Terre représente un angle de 23,45° par rapport à la perpendiculaire sur le plan de l'écliptique (l'écliptique étant le plan contenant l'orbite terrestre). Cette inclinaison terrestre est responsable des cycles saisonniers. Aux équinoxes (printemps ou automne), le soleil se lève exactement à l'Est et se couche à l'Ouest. Les

solstices d'été et d'hiver correspondent successivement à la journée la plus longue et à la journée la plus courte dans l'hémisphère nord (De Herde and Liébard, 2005), Figure 1.2.

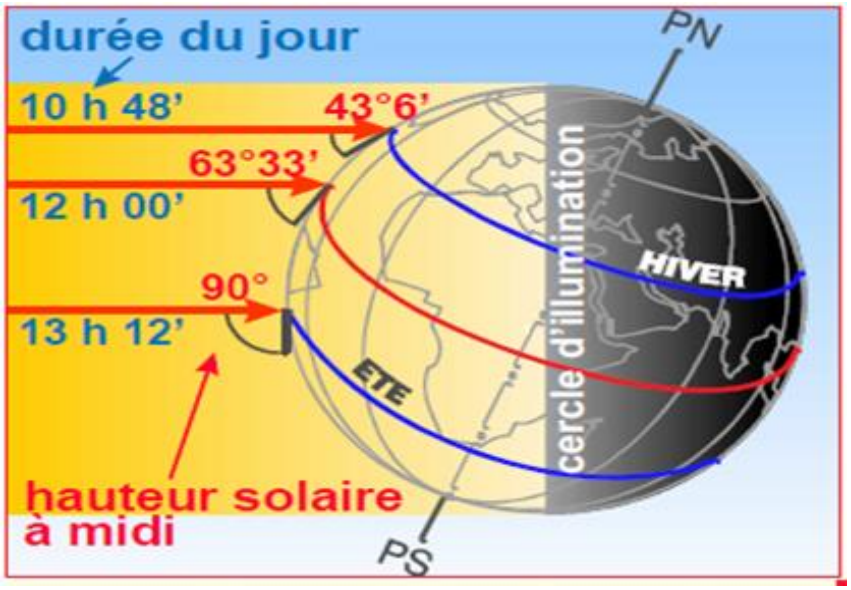


Figure 1.2 : Solstice d'hiver en hémisphère nord le 22 décembre à midi : durée du jour la hauteur du soleil à midi, (De Herde and Liébard, 2005)

- Équinoxe de printemps : égalité des jours et des nuits,
- Solstice d'été : dans l'hémisphère nord, le jour le plus long, la nuit la plus courte,
- Équinoxe d'automne : égalité des jours et des nuits,
- Solstice d'hiver : dans l'hémisphère nord, le jour le plus court, la nuit la plus longue. (Belgaid, 2020)

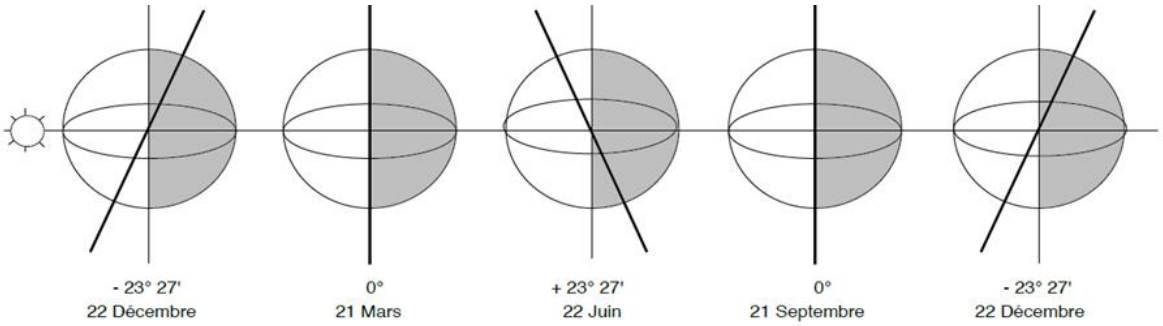


Figure 1.3 : Variation de la déclinaison terrestre au cours de l'année (Siret, 1997a)

2-3- Le mouvement journalier de la terre sur elle-même

L'alternance du jour et de la nuit à un endroit sur Terre correspond au passage de cet endroit dans une zone d'espace éclairée par le soleil et une zone d'ombre projetée par la Terre, respectivement.

La Terre se met en mouvement autour de l'axe des pôles. Un jour sidéral correspond au temps nécessaire pour faire un tour complet sur elle-même, il égale à 23h et 56 min. Parallèlement, le jour solaire est de 24 heures : c'est l'intervalle de temps entre deux passages consécutifs du soleil à son point le plus haut, donc dans le plan méridien. Le jour solaire ne correspond pas exactement à un tour de la Terre autour d'elle-même, mais elle dépend de la latitude géographique (φ), de l'emplacement et de l'inclinaison du Soleil (δ).

Vue d'un point au-dessus du pôle Nord, la Terre tourne dans le sens inverse des aiguilles d'une montre autour de son axe de rotation (axe polaire), qui est incliné d'environ 23,27° par rapport à la normale du plan de l'écliptique. L'extrémité nord de cet axe de rotation pointe vers l'étoile Polaire, ce qui explique pourquoi cette étoile nous semble fixée. La rotation de la Terre explique le changement de jour/nuit à un certain endroit. (Ministère française, 2016)

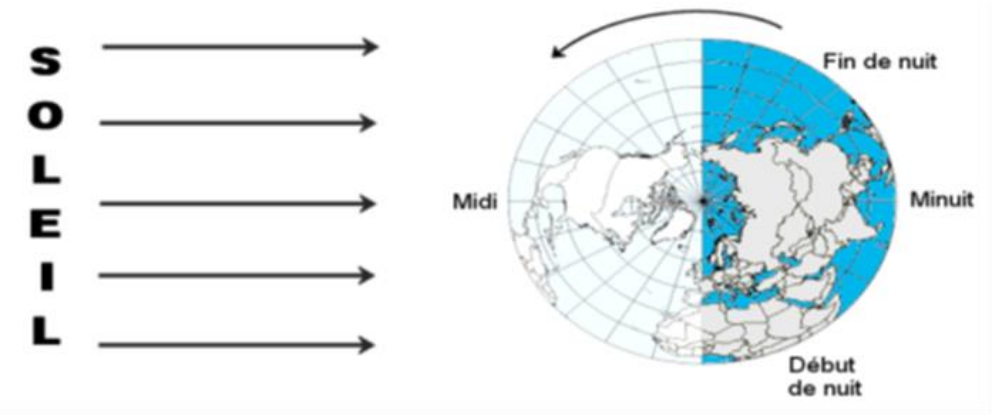


Figure 1.4 : Sens de rotation de la Terre, (Ministère française, 2016)

2-4- Le rayonnement solaire

Le rayonnement solaire est le moteur thermique qui chauffe la surface terrestre. Avant qu'il n'atteigne la terre, le rayonnement solaire doit traverser une masse de gaz d'environ 8 km d'atmosphère. Ce parcours va se traduit par une diminution sensible du flux énergétique, due à des phénomènes de diffusion, diffraction, absorption et réfraction. La terre reçoit la radiation solaire, qui se compose de la radiation directe (celle qui provient directement du soleil), la radiation diffusée par les nuages (radiation diffuse) puis la radiation réfléchie quand elles rencontrent les objets. L'importance du rayonnement solaire reçu à la surface du sol dépend de la spécificité de chaque région, latitude du lieu, et relief.

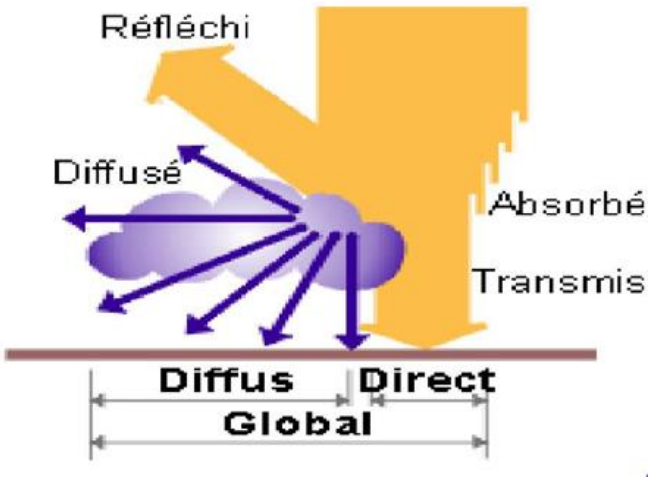


Figure 1.5 : Bilan radiatif terrestre (Alain Liébard and Herde, 2005)

2-5- La sphère céleste

Afin de représenter le mouvement apparent du soleil autour de la terre, on utilise habituellement la sphère céleste de la cosmographie traditionnelle. Suivant la définition de Lespinard et al. (1957), la sphère céleste (ou sphère des fixes) est « *une sphère fictive, de rayon extrêmement grand, ayant pour centre l'observateur, sur laquelle il semble que les étoiles sont fixées et que les autres astres se déplacent* ». La sphère céleste est définie pour chaque point (observateur) de la terre. Comprends toutes les "météorites" au sens d'Aristote. On dit qu'il se déplace le long d'une courbe qui représente l'orbite apparente des étoiles (y compris le soleil), des planètes, des constellations, etc. au cours du temps à partir des points d'observation observés. L'intersection de la sphère et du plan parallèle à l'écliptique passant par le point d'observation est le cercle dont l'inclinaison de la terre définit le cylindre du zodiaque. (Siret, 1997a)

Puisque la sphère céleste a un rayon infini, le mouvement apparent du soleil sur la sphère céleste est supposé être le même quel que soit le centre de la sphère pour définir la trajectoire apparente du Soleil en tout point P de la Terre, il suffit de représenter la sphère céleste autour de ce point. Ensuite, le plan d'horizon de P plan tangent à la sphère terrestre en P coupe la sphère céleste en deux hémisphères, dont l'un contient les parties visibles des trajectoires solaires de P. Ces trajectoires correspondent aux périodes pour lesquelles le soleil peut être vu depuis P, c'est-à-dire aux jours. Les trajectoires invisibles correspondent inversement aux nuits. Pour simplifier la lecture, on effectue une rotation des trajectoires visibles de telle sorte que la verticale de P devienne colinéaire à la verticale du repère de présentation. Cette rotation qui transforme les trajectoires équatoriales en trajectoires locales a pour axe le diamètre est-ouest de la Terre et pour angle le complémentaire de la latitude de P, ou *Co latitude* de P. (Siret, 1997a)

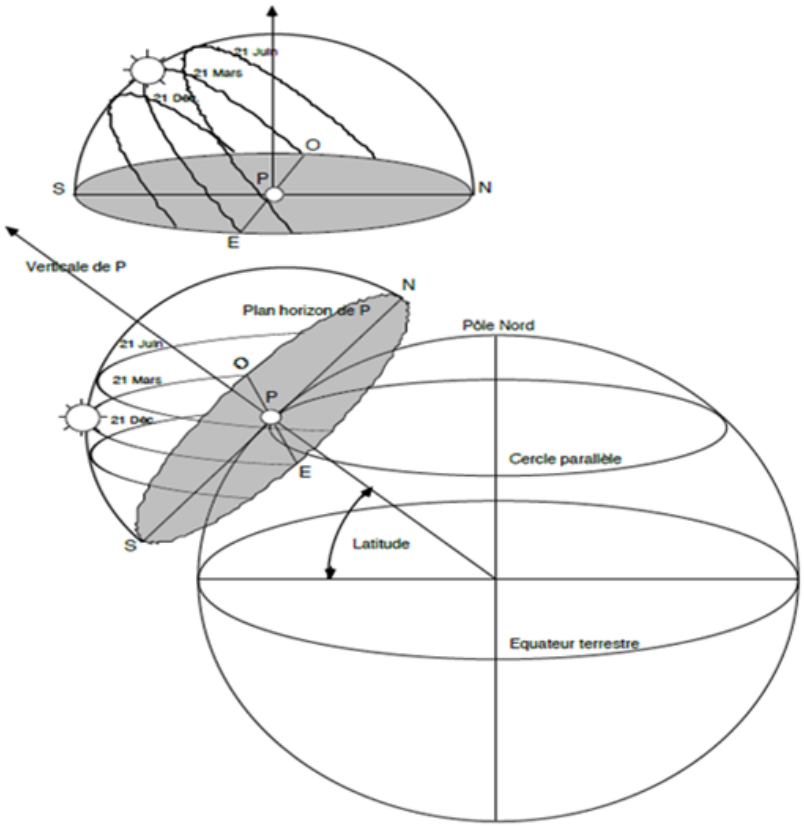


Figure 1.6 : Trajectoires solaires apparentes en un point P sur la Terre (Siret, 1997b)

Les trajectoires apparentes en P sont donc des arcs de cercle de différentes longueurs, correspondant aux durées des jours. Elles sont complètement définies sur une demi-année, par conséquent, il est le plus souvent représenté le 21 de chaque mois, du solstice d'hiver au solstice d'été (hiver et printemps). Les trajectoires correspondantes de l'été et de l'automne, lorsqu'elles ne sont pas explicitées, peuvent être facilement déterminées. (Siret, 1997b)

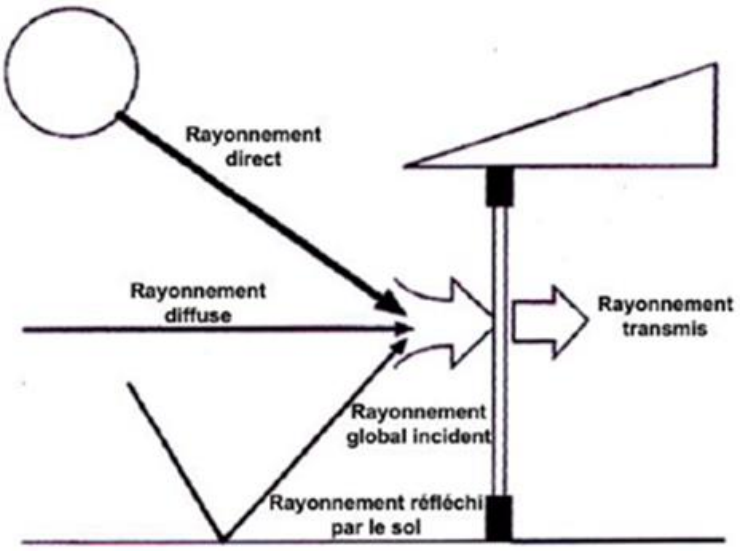


Figure 1.7 : Correspondance des trajectoires solaires sur l'année (Siret, 1997a)

2-6- La radiation solaire

La radiation solaire affecte sur le confort thermique en augmentant la température des surfaces ensoleillées. En hiver, cette quantité de rayonnement solaire provenant du rayonnement direct, diffus et réfléchi est appréciée. Contrairement à l'été, les surfaces ensoleillées peuvent causer de l'inconfort par le fait de l'augmentation des températures radiantes des parois et de la toiture. En conséquence, la température de l'environnement interne augmente et devient insupportable. (Zeroual, 2006)

Figure 1.8 : Les trois composants du rayonnement solaire global (Zeroual, 2006)

2-7- Les coordonnées angulaires du soleil

L'altitude et l'azimut du soleil déterminent la position du soleil dans le ciel à un moment donné. Cela signifie que nous pouvons connaitre la direction du rayonnement solaire et les surfaces ensoleillées du bâtiment (et les effets d'ombrage causés par le relief, au cadre bâti, la végétation ou au bâtiment lui-même).

En un lieu donné, **la hauteur h du soleil** est l'angle formé par la direction du soleil et le plan horizontal. Elle se compte de 0° à 90° à partir de l'horizon vers la voûte céleste.

À midi solaire (soleil face au sud), dans l'hémisphère nord, la hauteur solaire maximale *h max* est donnée par : $\sin h = \sin\varphi.\sin\delta + \cos\varphi\,.\cos\delta\,.\cos\omega$

Avec : δ = déclinaison,

φ = latitude du lieu.

L'azimut *a* du soleil est l'angle créé entre le plan vertical passant à la fois par le soleil et par le lieu considéré, et le plan vertical nord-sud.

Cet angle vaut 0° au Sud (midi solaire) ; il est par convention positif vers l'Ouest (l'après-midi), et négatif vers l'Est (le matin).

La Hauteur ***h*** et l'azimut ***a*** du soleil varie suivant l'heure et le jour de l'année, et peuvent être calculés par les relations suivantes :

$$\sin a = \frac{\cos \delta . \sin \omega}{\cos h}$$

Avec : φ : latitude,

ω : angle horaire (il vaut 15°par heure, il est < 0 le matin, > 0 l'après-midi, nul au midi

δ : déclinaison.

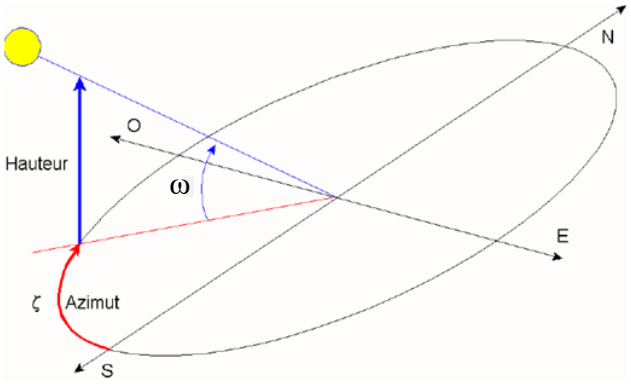


Figure 1.9 : Définitions des repères locaux (Taïb, 2014)

La **latitude** d'un point se définit par sa distance angulaire à l'équateur, mesurée en degrés par l'arc du méridien terrestre. La latitude prend donc la valeur 0 à l'équateur.

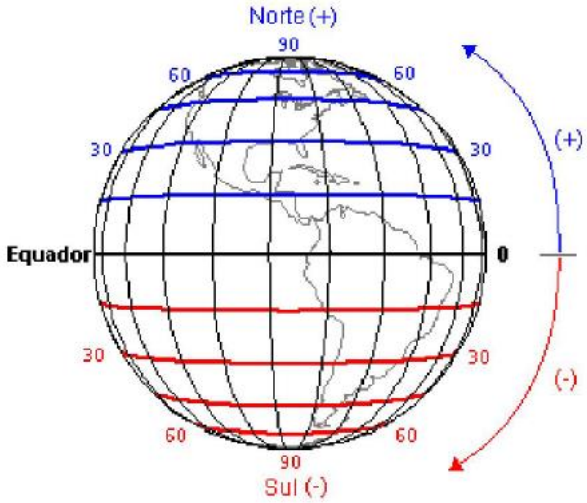


Figure 1.10 : Latitude du soleil (Keltoum, 2016)

2-8- L'angle horaire (*w*)

L'angle horaire du soleil est déterminé par la rotation diurne de la terre autour de son axe. C'est la mesure de l'arc de trajectoire solaire compris entre le soleil et le plan méridien du lieu. La valeur de l'angle est nulle à midi solaire, négatif le matin, positive

en après-midi et augmente de 15° par heure (donc un tour de 360° en 24 heures). (Alain, 2011)

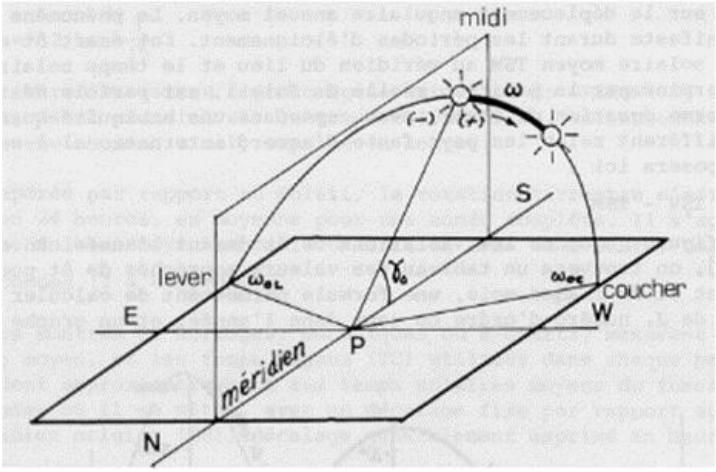


Figure 1.11 : L'angle horaire (Alain, 2011)

2-9- L'angle d'incidence

Le rayon solaire atteint le mur sur un ongle appelé angle d'incidence, défini comme l'angle entre le normal à la paroi et le rayon solaire à l'instant considéré. Il est évalué à partir de l'inclinaison, l'orientation de la paroi et la direction du rayon solaire. (Mazria, 1979)

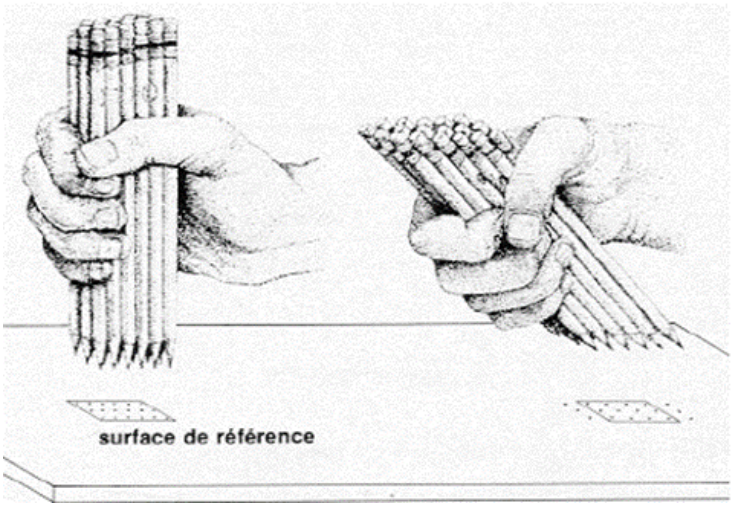
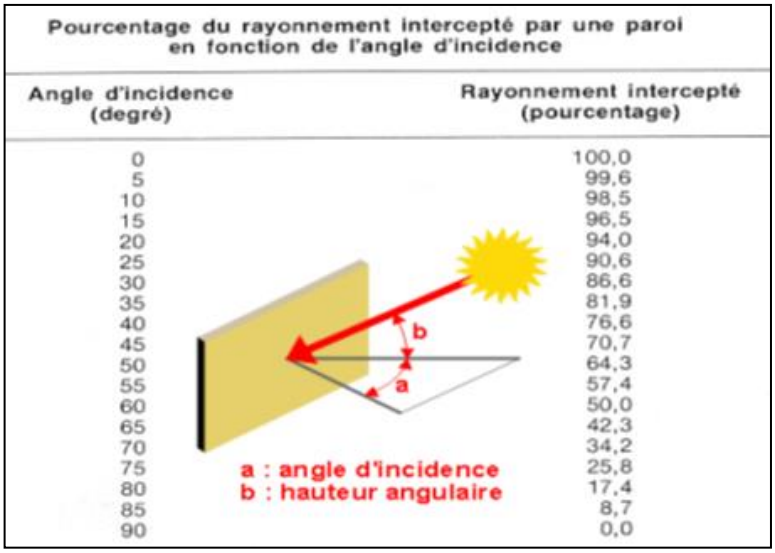


Figure 1.12 : L'angle d'incidence (Mazria, 1979)

2-10- L'intensité du rayonnement solaire sur une surface

Lorsque le rayonnement solaire atteint la terre se forme d'un faisceau parallèle, une surface perpendiculaire à ces rayons intercepte la densité maximale d'énergie ; inclinée à partir de cette position perpendiculaire, elle voit son éclairement diminuer. Ce dernier sera transformé une fois absorbée par un matériau on énergie calorifique où chaleur. « *La quantité totale d'énergie intercepter une surface comprendre non seulement le rayonnement direct, mais aussi les rayonnements diffus et réfléchis* ». (Mazria, 1979)



Pourcentage du rayonnement intercepté par une paroi en fonction de l'angle d'incidence

Angle d'incidence (degré)	Rayonnement intercepté (pourcentage)
0	100,0
5	99,6
10	98,5
15	96,5
20	94,0
25	90,6
30	86,6
35	81,9
40	76,6
45	70,7
50	64,3
55	57,4
60	50,0
65	42,3
70	34,2
75	25,8
80	17,4
85	8,7
90	0,0

Figure 1.13 : Pourcentage du rayonnement intercepté par une paroi en fonction de l'angle d'incidence (Mazria, 1979)

2-11- L'angle d'ombre horizontal (HSA)

L'angle d'ombre horizontal (AOH) est la différence d'azimut entre la position du soleil et l'orientation de la face du bâtiment considéré, quand le bord de l'ombre tombe sur le point considéré. Par convention, cette valeur est positive lorsque le soleil est dans le sens des aiguilles d'une montre par rapport à l'orientation et négative lorsque le soleil est dans le sens inverse des aiguilles d'une montre.

Il peut être calculé à l'aide de l'équation suivante (Szokolay, 1996) : HSA = AZI - ORI.

Avec :

HSA= Horizontale Shadow Angle (l'angle d'ombre horizontal)

AZI = Azimut

ORI = Orientation de la normale à la surface par rapport à l'azimut

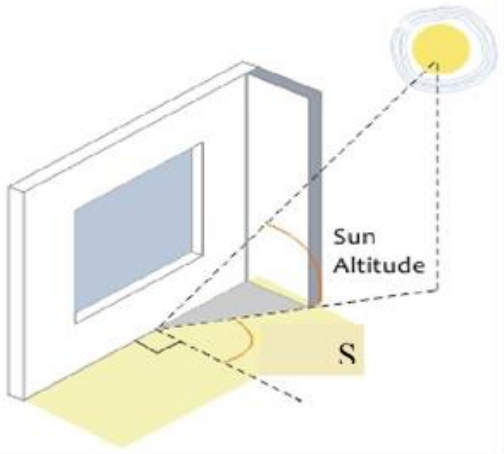


Figure 1.14 : Représentation de l'angle d'ombre horizontale (Ghabra, 2017)

2-12- L'angle d'ombre verticale (VSA)

L'angle d'ombre vertical (VSA (vertical shadow angle)) est requis pour (ou projeté par) les dispositifs d'ombrage horizontaux. Il s'agit de l'angle entre un plan horizontal de la façade du bâtiment considéré et un plan incliné qui contient le soleil ou le bord du dispositif de protection solaire. (Szokolay, 1996)

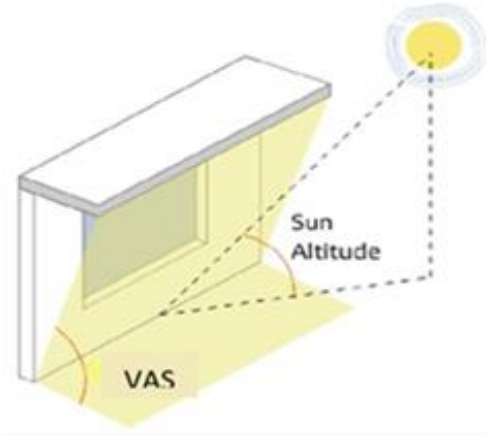


Figure 1.15 : Représentation de l'angle d'ombre verticale (Ghabra, 2017)

3- Techniques traditionnelles de protection contre l'ensoleillement

Les caractéristiques climatiques constituent une matrice de différenciation, à partir de laquelle peuvent être énoncées des solutions constructives ou urbanistiques diverses.

On peut contrôler les échauffements dus aux apports solaires en abritant le bâtiment du soleil et en premier lieu, les surfaces vitrées les plus exposées, ou tout au moins, en réduisant les surfaces de l'enveloppe exposées au soleil et par des choix convenables des matériaux de construction. Parmi les techniques traditionnelles de protection contre l'ensoleillement :

3-1- Diminution de la surface de l'enveloppe

La diminution de la surface de l'enveloppe d'une construction et notamment de la surface horizontale implique la diminution de surface d'échange entre l'intérieur et l'extérieur. (MESLI, 2017)

3-2- L'ombrage

En tant que conséquence du soleil, l'ombre dépend du climat et des saisons. Divers techniques sont utilisés pour ombrager l'enveloppe architecturale ; les murs des façades se portent ombre mutuellement (conséquence directe de la compacité de la forme urbaine), l'ombrage par éléments architecturaux, l'ombre au niveau du détail constructif, les éléments de façade (décrochements, balcons..), ou l'ombre à travers l'implantation d'arbres, d'autres moyens est éventuellement utilisée pour se protéger du rayonnement solaire. (Bennadji, 1999)

3-3- Les ouvertures

L'emplacement et la taille des fenêtres et des ouvertures ont également un impact sur les besoins des pièces et des espaces intérieurs. En plus du confort visuel, elles permettent un contrôle du type d'éclairage désiré selon l'usage. Que la fenêtre se positionne au plafond (puits de lumière), au haut ou au centre du mur, la lumière qui entre dans le local diffère, ce qui crée un éclairage spécifique pour l'utilisation.

La quantité d'énergie traversant une baie vitrée dépend, pour une latitude donnée, de son environnement extérieur, son exposition, le type de vitrage utilisé et de la présence d'éventuels brise-soleil ou autres occultations. (Dabat et al., 1978)

3-4- Le patio

Le patio est l'élément majeur d'adaptation au climat et une source de lumière et de fraîcheur. La nuit, le sol du patio émet rapidement son énergie vers le ciel d'autant plus qu'il est dégagé, sa température devient plus faible que celle de l'air environnant qui vient se refroidir et s'accumuler en glissant le long des murs et des terrasses. Au matin, le soleil encore bas n'échauffe que les parties hautes des parois et ce n'est qu'au zénith que ses rayons atteignent le sol, qui reste donc bien plus confortable que les environs. L'après-midi, l'ombre se revient et un arrosage permet de rafraichir l'ambiance. L'air de nocturne est préservé au maximum, protégé du soleil dans le patio, puis vient en fin de matinée rafraichir les pièces par les portes et les fenêtres qui ont des allèges basses. (Bennadji, 1999)

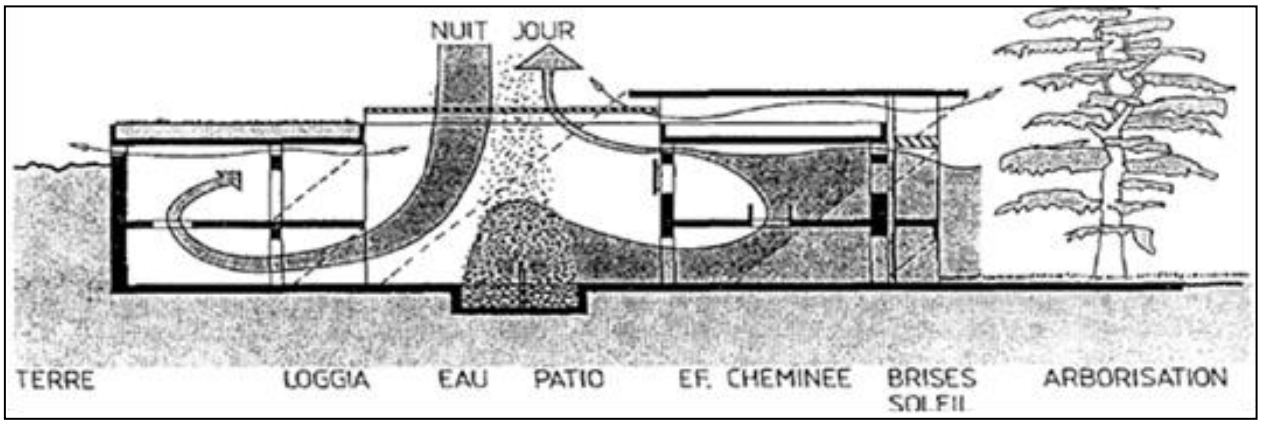


Figure 1.16 : Schéma de fonctionnement climatique d'un patio (Supic, 1994)

3-5- La végétation

La végétation avec différentes formes (arbres, plantes grimpantes, alignement d'arbustes …) aux espaces appropriés permet d'ombrager les bâtiments. On préférera dans la quasi-totalité des cas des végétaux à feuilles caduques, lorsqu'on cherche à se protéger à l'été, mais à profiter des rayonnements solaires à l'hiver. Par ailleurs, la plantation d'une pelouse ou

de plantes rampantes au sol, face aux ouvertures, limitera la réflexion du rayonnement par le sol (le gazon absorbe 80% du rayonnement). (conseil d'Architecture d'Urbanisme 2010)

3-6- Éléments fragmentaires au niveau de l'enveloppe

- **Éléments plats :** peuvent être classés en murs doubles qui forment une paroi additive à celle porteuse, ou en texture et décoration, le crépissage, l'appareillage des matériaux de construction peuvent aussi servir à ombrager les surfaces des murs.
- **La couleur :** La couleur blanche réfléchit mieux les rayons solaires, qui sont peu absorbés par les parois. (Bouchair, 2015)
- **Éléments saillants :** On distingue les éléments suivants :

- Claustras : ce sont des parois non opaques perforées dont l'objectif est d'ombrager des surfaces verticales, ainsi que le tamisage de la lumière.

- Percements : pouvant être de dimensions importantes (loggia ou terrasses) ou de petites dimensions (fenêtres). Ils fournissent un lieu de vie grâce à l'ombre qui peut y régner.

- Appareillage et crépissage : une texture rugueuse, comme un appareillage en pierre ou en brique, offre un ombrage supplémentaire au fond. Traditionnellement, une technique de crépissage très intéressante fut utilisée pour ombrager au maximum le fond de façade.

- Arcades : Les arcades urbaines assurent un espace ombragé bien recherché. Elles rappellent le « Saba » (rue couverte) des tissus traditionnels.

- Mur de clôture de terrasse ou acrotère : Le mur de clôture de terrasse ajoute un ombrage additionnel à la façade relativement à son orientation, et s'il est en saillie par rapport au plan de la façade.

- Volumes saillants importants : Le « Kbou », la « Machrabiya », il s'agit d'un treillis en bois dense qui assure l'intimité de la famille et fournit une ombre solaire pour les fenêtres et les portes fenêtres généralement situées aux étages supérieurs qui sont exposés au soleil direct. Il a été traditionnellement utilisé dans les bâtiments d'Afrique du Nord et du Moyen-Orient, à cause de leurs dimensions et leurs saillies, en dehors de la parcelle, ils offrent un ombrage maximal à la façade. (Bouchair, 2015)

- **Éléments décoratifs :** Ils peuvent être des bas-reliefs, des corniches. Ils sont utilisés globalement en tant que décoration, mais leurs emplacements en relief ou en creux favorisent un certain ombrage additif à la surface qu'ils encadrent.
- **Occultations fixes et mobiles :** les occultations fixes sont utilisées pour ombrager les ouvertures et ceci essentiellement pour de longues périodes (saison de surchauffe). En auvent, en vis-à-vis, ou en flanc, ces derniers ont un impact important dans la diminution des

radiations solaires incidentes sur une façade. Au contraire, les occultations mobiles servent généralement à ombrager temporairement les ouvertures. (Bennadji, 1999)

4- Autres solutions contemporaines de protection solaire

4-1- Le vitrage

À l'origine le verre est un élément transparent qui laisse passer le rayonnement solaire (lumière et chaleur). La proportion de rayonnement réfléchi, absorbé ou transmis, dépend : de la couleur du vitrage, de son épaisseur et de la nature de la couche dans le cas d'un verre à couche.

Tableau 1.1 : Caractéristique des doubles vitrages

	Transmission lumineuse TL (%)	Facteur solaire FS (%)	Exemple
Double vitrage clair	70	75	Planilux (Saint Gobain)
Double vitrage à contrôle solaire	66	34	IPASOL natura (Interpane)
Double vitrage réfléchissant	18	22	Cool-lite ArgentSS120 (Saint-Gobain)

(Source: ADEME, 2003)

Comme la montre le tableau ci-dessus, il existe des vitrages à contrôle solaire qui permettent de diminuer plus de 50 % le facteur solaire, tout en conservant un taux de transmission lumineuse similaire. Il existe aussi d'autres matériaux qui présentent des caractéristiques thermo-optiques intéressantes. Par exemple, c'est le cas de certains polycarbonates avec une transmission lumineuse de 56 % et un facteur solaire de 27%, mais ils sont translucides et ne permettent pas de préserver la transparence sur l'extérieur. (ADEME, 2003)

4-2- Films de protection solaire

La mise en place de films spécifiques sur un vitrage existant, généralement sur sa face intérieure, permet d'élever les performances du vitrage seul. Ils ont pour effet d'augmenter la réflexion globale du vitrage et par conséquent, ils limitent les apports énergétiques au sein des locaux. L'avantage de ce procédé est l'extrême facilité d'application puisqu'il suffit d'appliquer ces films directement sur le vitrage. Le gain observé sur le facteur solaire est intéressant. La pose d'un film solaire permet de réduire de plus de 50 % le facteur solaire du vitrage nu. Par contre, ils ont plusieurs inconvénients :

- Réduire considérablement la transmission lumineuse des baies vitrées, et par conséquent engendrer une surconsommation d'éclairage artificiel,
- Ne pas permettre une modulation du contrôle solaire selon les besoins hiver / été différents,

- Ne pas résoudre entièrement le contrôle de l'éblouissement, ce qui peut obliger des protections complémentaires de type stores intérieur.

Ils sont donc à recommander plutôt dans des locaux climatisés, pour réduire les consommations de froid, et plutôt lorsque les besoins d'éclairage naturel sont limités, cas des locaux informatiques par exemple. (ADEME, 2003)

4-3- Stores intégrés au vitrage

Pour ces procédés, le double vitrage simple ou à isolation renforcée intègre un store mobile. Le store est donc complètement intégré dans le battant de la fenêtre, il a pour effet de diminuer le facteur solaire et d'augmenter l'isolation thermique globale de la baie. Le store probablement constitué soit de lamelles orientables, soit d'un film métallique micro perforé. Les performances obtenues, qui dépendent de la nature du store, peuvent atteindre des niveaux comparables à celles d'un store extérieur (FS proche de 0,10), sans les contraintes liées à l'exposition du store aux contraintes climatiques.

Ces stores peuvent être manœuvrés manuellement, ou bien être motorisés et pilotés soit par l'utilisateur soit par une GTC (Gestion Technique Centralisée). (ADEME, 2003)

4-4- Les brise-soleil

Il existe des différents types de protection « architecturale » : "casquettes", débords de couverture, décrochements de façade… Les brise-soleil peuvent être ajoutés sur une façade existante. Leur principal avantage est d'ordre esthétique, car cela peut être une opportunité de valoriser l'architecture du bâtiment.

Selon l'orientation des façades, la solution technique et le dimensionnement seront différents. L'installation de brise-soleil est une solution intéressante notamment pour les façades exposées au sud. : La hauteur du soleil sur cet azimut permet une bonne adaptation des protections fixes.

Pour pallier les inconvénients des brise-soleil, une solution consiste à prévoir des protections mobiles, manuelles ou motorisées. Ceci permet d'adapter les protections aux conditions extérieures (ensoleillement, hauteur du soleil). (ADEME, 2003)

Protéger les espaces du rayonnement solaire est primordial pour une performance énergétique optimale. Cela se fait soit à travers des techniques traditionnelles, ou bien par des dispositifs de protections nouvelles.

Conclusion

Grâce à ce chapitre, nous avons pu cerner les notions clés relatives à notre travail de recherche. Il présente un rappel théorique des connaissances de base de l'ensoleillement et de la géométrie solaire issue d'une recherche bibliographique. En prenant en compte la définition de l'ensoleillement et leur importance dans l'architecture, ainsi que les trajectoires du soleil et le mouvement de la Terre y compris la nature et les types des radiations solaires, les coordonnées angulaires du soleil et les différents angles relatifs au soleil nécessaire pour bien repérer et positionner l'emplacement du soleil. Par ailleurs, nous avons pu mettre en exergue les différentes techniques traditionnelles de protection contre l'ensoleillement même que d'autres solutions nouvelles de protection solaire.

En peu de mots, on peut dire que l'ensoleillement est un paramètre primordial dans la conception architecturale et afin de bien intégrer et dimensionner les brise-soleil dans un bâtiment il est nécessaire d'assimiler les phénomènes géométriques et énergétiques de l'ensoleillement.

CHAPITRE 2 :

Principes et notions de modélisation solaire

Chapitre 2 : Principes et notions de modélisation solaire

Introduction

Le soleil est l'étoile du Système solaire qui constitue notre source énergétique fondamentale. Tout comme il est considéré comme ami, il peut aussi être un ennemi dans le processus de conception architecturale. Afin d'éviter son effet indésirable présenté par l'existence des effets de surchauffe à l'intérieur des bâtiments mal conçus, les concepteurs font des grands efforts pour comprendre, respecter la puissance du soleil et trouver les différentes solutions contre ces derniers à l'aide des différents outils et méthodes de simulation de l'ensoleillement.

Pour déterminer la quantité d'énergie solaire reçue sur une façade et sa durée d'ensoleillement, il parait indispensable de préciser les méthodes et les outils de simulation solaire en architecture. Dans ce chapitre, nous abordons un état de l'art de ces méthodes et ces outils graphiques et numériques, 2D ou 3D en montrant ses avantages et ses limites pour le bon choix de leur utilisation ultérieurement.

1- Méthodes et outils d'étude de l'ensoleillement

1-1 Calculs mathématiques

Cette méthode est relativement difficile, car il faut du temps pour substituer la formule pour détecter la position du soleil. Cependant, ces formules peuvent servir de base à des calculateurs solaires et à des programmes assistés par ordinateur dans lesquels le rôle de l'utilisateur consiste uniquement à détecter la latitude du lieu en question, l'heure et la date. (Safwat, 2004)

1-2 Diagrammes et abaques graphiques

Il est constaté qu'une méthode graphique ou par tableau est plus facile à utiliser. « *Les abaques et les diagrammes solaires ont généralement une double fonction. Ils permettent d'une part de déterminer, avec une approximation suffisante, les coordonnées angulaires du soleil pour une date et un instant donné ; d'autre part, ils sont le support des constructions géométriques nécessaires à la simulation graphique de l'ensoleillement, tant pour la détermination des ombres que pour celle des périodes d'ensoleillement* »: Les diagrammes cartésiens ou cylindriques, les diagrammes stéréographiques de la course du soleil, le Gnomon, et le girasol. (Safwat, 2004)

1-2-1 Définition du diagramme solaire

Selon (Givoni, 1969), le diagramme solaire est une représentation plane en coordonnées locales de la trajectoire du soleil, perçue à partir d'un point de la surface de la Terre. Il permet de visualiser l'azimut et la hauteur du soleil suivant les heures de la journée et les saisons. La superposition des masques aux trajectoires du soleil sur le diagramme solaire permit de bien orienter un bâtiment.

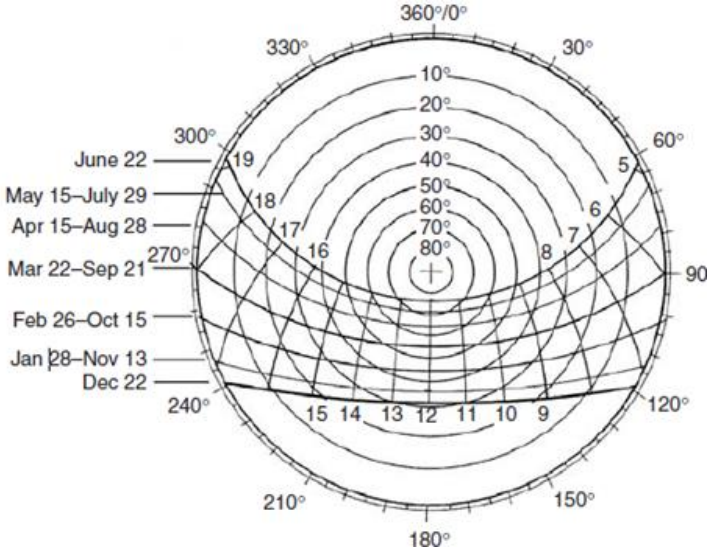


Figure 2.1 : Un diagramme solaire pour la latitude 36◦ (Szokolay and Brisbin, 2004)

1-2-2 Construction d'un diagramme solaire

La voute céleste correspond à la partie visible du ciel dans toutes les directions visibles au-dessus de l'horizon. Le quadrillage du diagramme solaire représente les angles horizontaux et verticaux des points de la voûte céleste. Tout se passe comme si l'observateur repérait la hauteur du soleil et l'azimut sur un hémisphère transparent au-dessus de lui et comme si ensuite, il étirait cette portion de sphère un cylindre vertical. (Mazria, 1979)

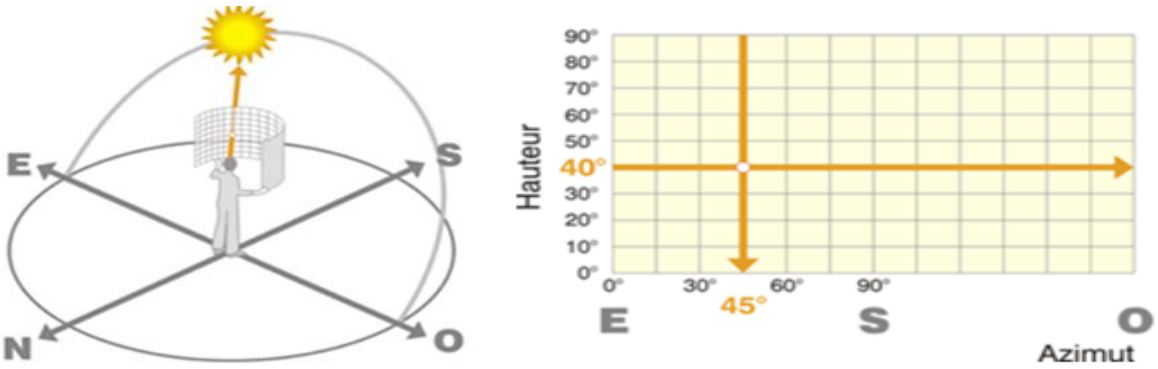


Figure 2.2 : Les angles horizontaux et verticaux de la voûte céleste sont représentés par le quadrillage du diagramme solaire, (energieplus-lesite.be, 2010)

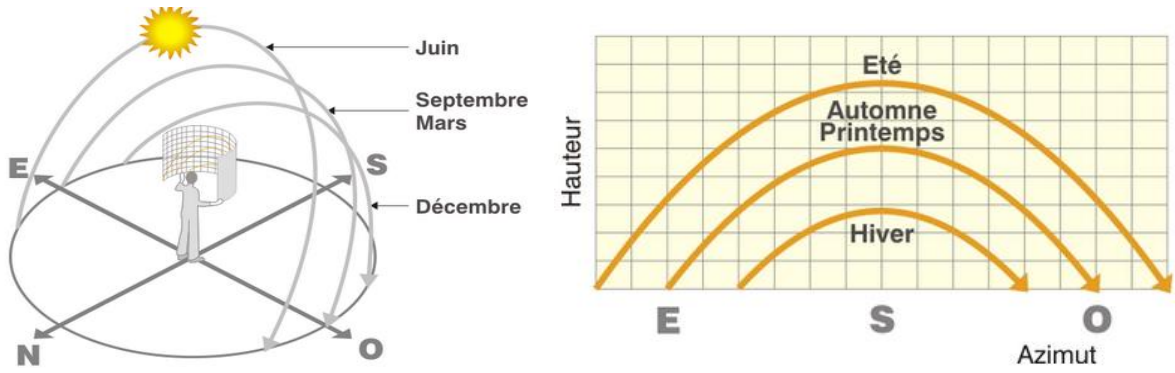


Figure 2.3 : La course du soleil (energieplus-lesite.be, 2010)

Ainsi, nous pouvons tracer la trajectoire du soleil pour n'importe quel jour de l'année. Les lignes illustrées représentent la "trajectoire du soleil pour le vingtième jour de chaque mois. La course du soleil est la plus longue pendant les mois d'été, lorsqu'il atteint sa plus haute altitude, se levant et se couchant avec le plus grand angle d'azimut par rapport au sud vrai. Pendant les mois d'hiver, le soleil est beaucoup plus bas dans le ciel, se levant et se couchant avec les angles d'azimut les plus étroits par rapport au sud. (Mazria, 1979)

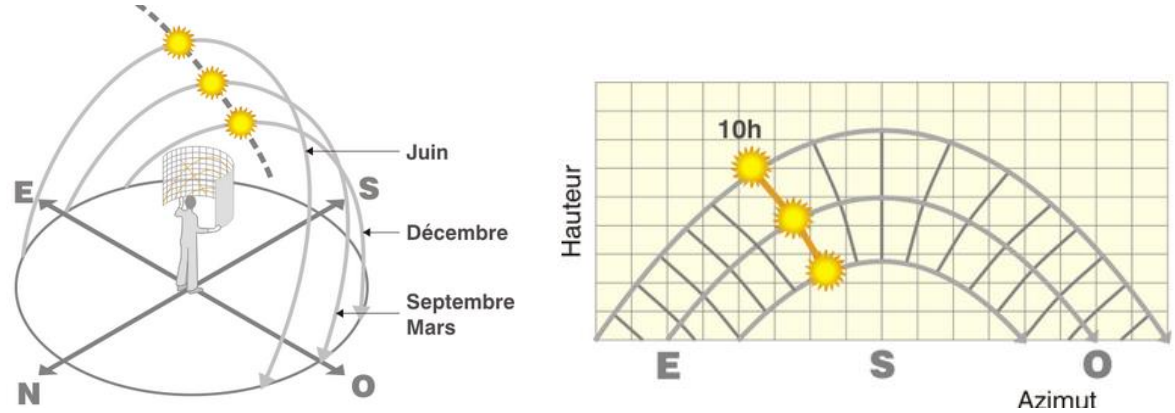


Figure 2.4 : Les heures de la journée (energieplus-lesite.be, 2010)

Enfin, si l'on relie entre eux les points qui correspondent aux mêmes heures sur les différentes courbes pour une même latitude (et à différentes périodes de l'année), on obtient une ligne pointiller particulière pour chaque heure du jour (Mazria, 1979).

1-2-3 Types de diagramme solaire

1-2-3-1 Diagrammes solaires mono latitude

Il s'agit de représentations précises d'une seule latitude, elles assurent la détermination des coordonnées solaires. Ils permettent, avant tout, de se passer de cette détermination à réaliser, sans intermédiaires, des études directement productives d'ingénierie et d'architecture solaire. Il y a cinq types de projection : équidistante, orthographique, stéréographique, les perspectives, et la projection cylindrique.

La figure 2.5 représente les différents types de projection pour les diagrammes solaires mono latitude. (MIGUET and PAULE, 2010)

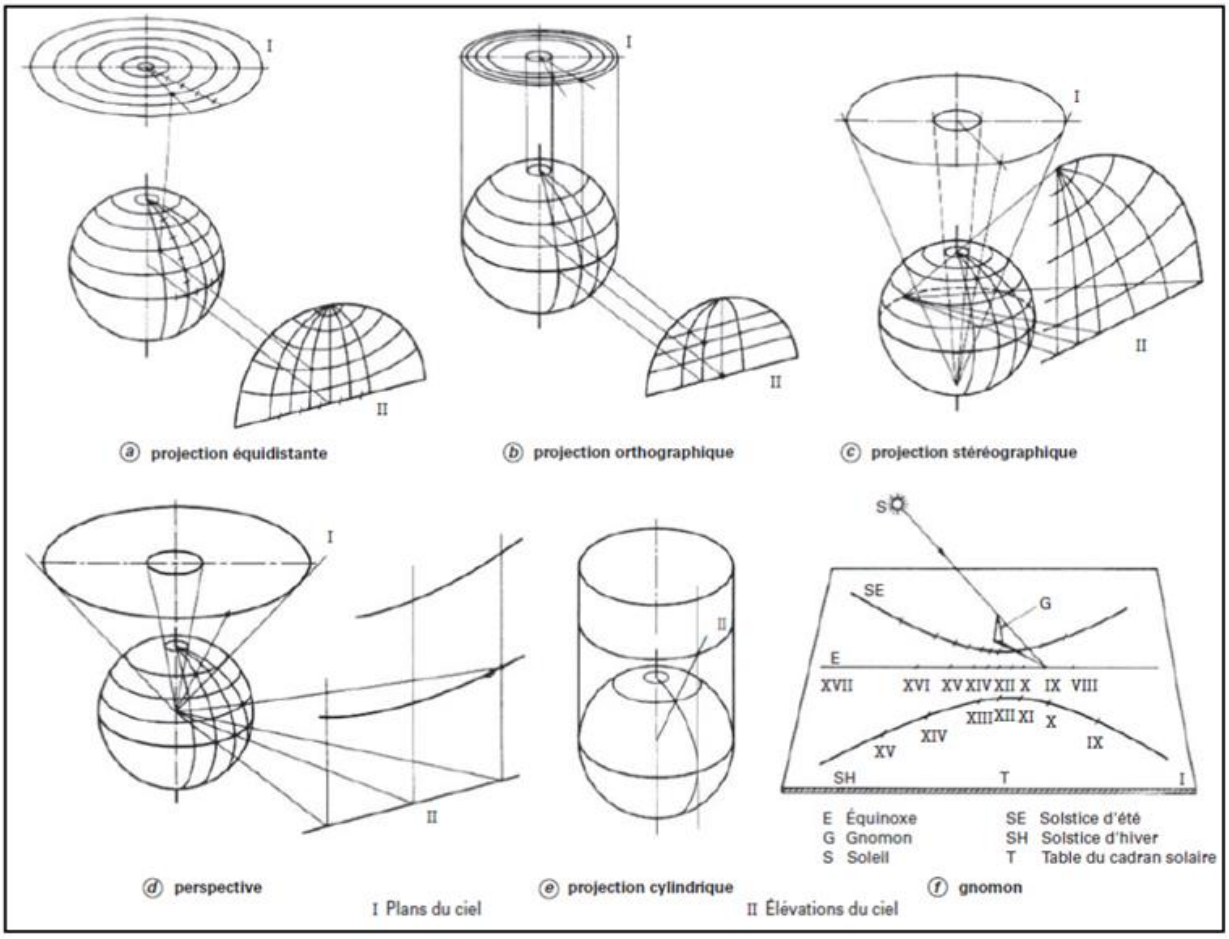


Figure 2.5 : Modes de projection utilisés pour réaliser des cartes du ciel (MIGUET and PAULE, 2010)

La Projection **équidistante** est utilisée fréquemment aux États-Unis. Elle n'est pas une méthode de projection, mais une série de coordonnées radiales avec des cercles d'altitude également espacés, sur lesquels sont dessinés les chemins du soleil. (Szokolay, 2007)

La Projection **orthographique** (ou parallélisée) est la méthode utilisée dans le dessin technique. La figure 2.5.b illustre la façon dont les points hémisphériques doivent être projetés vers le plan représentant l'horizon. (Szokolay, 2007)

La projection **stéréographique** fait correspondre un point d'un plan à chacun des points d'une sphère à travers une transformation de perspective ayant comme centre un point de la sphère elle-même. Il est principalement employé pour la production des cartes géographiques, puisqu'il préserve les angles. (Benharkat, 2006)

Les **perspectives,** « *Les perspectives transforment tous les grands cercles de la voute céleste en droites. Ces derniers sont nombreux : lignes horaires, trajectoire du soleil à*

l'équinoxe, cercles des longitudes ou d'azimut, et toutes les droites elles-mêmes (contours des bâtiments, auvents et brise-soleil). La conservation des alignements est une facilité essentielle pour le projecteur». (MIGUET and PAULE, 2010)

La Projection **cylindrique** consiste à projeter l'hémisphère sur un plan vertical cylindrique l'entourant, d'une façon similaire à la projection de la carte plane du globe. Cela donne une représentation assez précise à proximité du cercle d'horizon, avec une déformation importante à haute altitude. Un autre problème est que le point zénithal est étiré le Lang d'une ligne de la même longueur que le cercle d'horizon. C'est pourquoi on se sert rarement de cette projection. Cependant, son utilisation permet de résoudre les problèmes de consommation d'énergie. (Szokolay, 2007)

1-2-3-2 Diagramme solaire multi latitude

Développé par le Dr. Kuba de l'université de Khartoum, ils permettent, en utilisant sept figures, de connaître les azimuts, les hauteurs et les temps solaires, ainsi que les angles d'ombre pour n'importe quelle latitude et saison. (MIGUET and PAULE, 2010)

- **le Girasol**

Proposé par le CRMAA (Centre de recherches méthodologiques d'architecture et d'aménagement) (1979), offre une représentation des trajectoires apparentes du soleil applicables à toutes les régions du globe. Il est obtenu par une projection stéréo des sphères locale et équatoriale ; le point de vue est positionné EST sur le cercle d'horizon, le point de visée étant la direction ouest, et le plan de vue perpendiculaire à l'axe de vue est le plan méridional nord-sud.

Le Girasol se présente sous forme d'un support opaque sur lequel tournent des disques transparents. Les courbes d'altitudes et d'azimuts sont affichées sur le support. En revanche, le disque transparent visualise les courbes du soleil autour du 21 de chaque mois et les arcs horaires à 0-24 heures. La lecture est immédiate ; disque transparent tourné sur le support pour placer la latitude et la date sélectionnée et l'heure solaire à la position de l'heure solaire, il suffit de lire, dans le repère local, la hauteur du soleil et l'azimut correspondant. (Siret, 1997b)

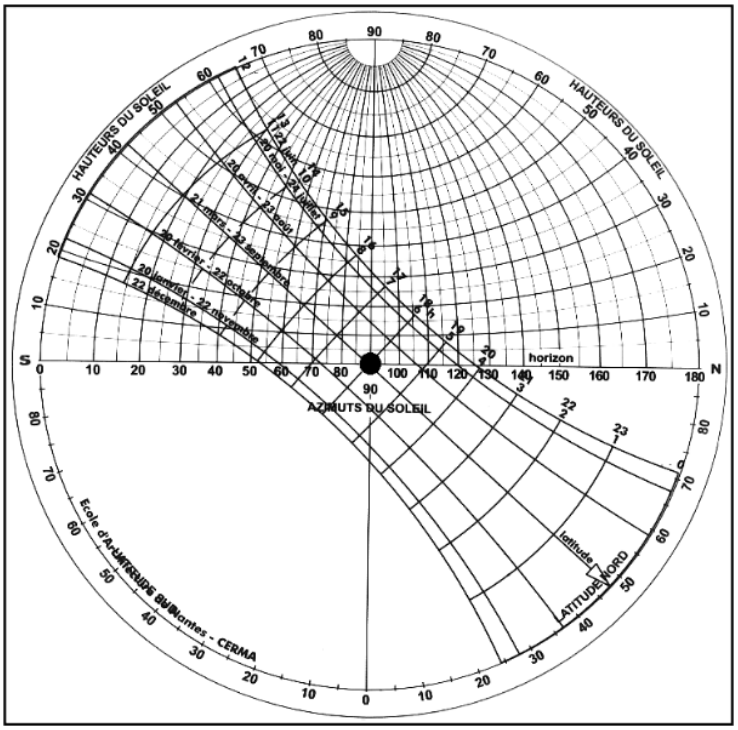


Figure 2.6 : Le Girasol (Siret, 1997b)

- **Le gnomon**

Le gnomon est originalement le style vertical pour ton ombre sur une table plane d'inclinaison quelconque. Par extension, le gnomon représente le tracé des lignes définies au cours du temps par l'ombre mobile de la pointe du stylet sur la table. (Fig. 2-3).

Autrement dit, il est déterminé comme la perspective sur un plan horizontal de la course du Soleil, le tableau et la vue mise en perspective étant situés de part et d'autre du point de vue qui est la pointe du gnomon.

Géométriquement, les lignes que décrit l'ombre portée de l'extrémité d'une tige verticale sur une table correspondent à la projection perspective conique des trajectoires apparentes du soleil au point terrestre considéré. (Mahaya, 2014)

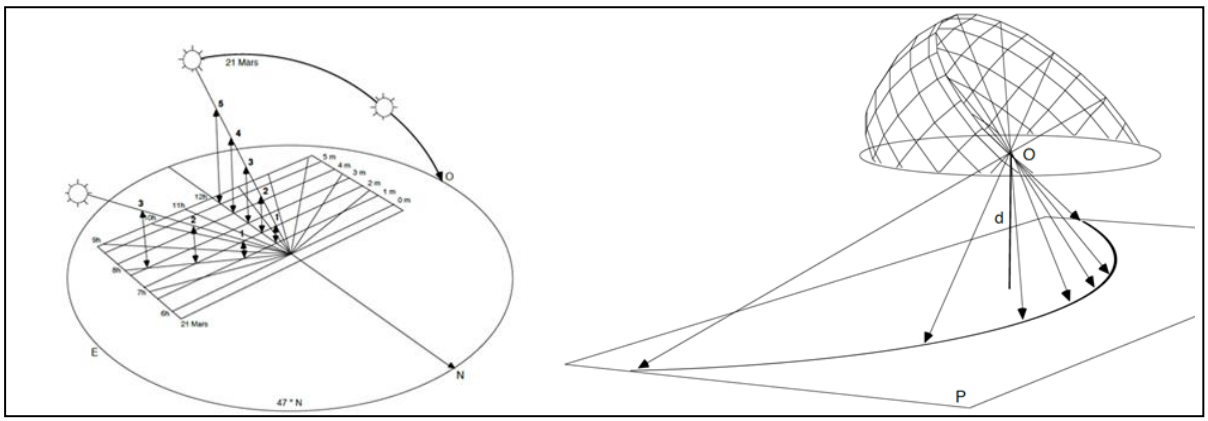


Figure 2.7 : Principe de détermination de gnomon de M. Twarowski (1967), (Siret, 1997a)

1-3 Méthodes de simulation graphiques

Elles exercent la simulation d'ensoleillement en utilisant les propriétés géométriques de divers abaques et diagrammes solaires.

Il y a deux processus pour ces méthodes ; le tracé des ombres à un instant (détermine les zones d'ensoleillement) et le tracé des masques en un point (déterminer les périodes d'ombrage). (Siret, 1997b)

1-3-1 Le tracé des ombres

Cela permet à l'objet étudié d'être projeté sur la surface du sol dans une représentation plane dans la direction correspondant au rayon solaire à l'instant considéré. Par conséquent, la figure 2.4 montre le contour d'une ombre projetée sur le sol par un volume simple, pour une date et un instant donnés. Constatons que la détermination de l'ombre se fait dans n'importe quel plan de projection avec les méthodes classiques de rabattements appliqués par la géométrie descriptive. À propos, le diagramme solaire MT (Twarowski 67) simplifie encore les constructions parce que pour une date et une latitude fixes, il permet de se dispenser de l'élévation en effectuant un simple report des hauteurs. L'ombre est alors construite en autant de tracés que de hauteurs différentes (Siret, 1997a).

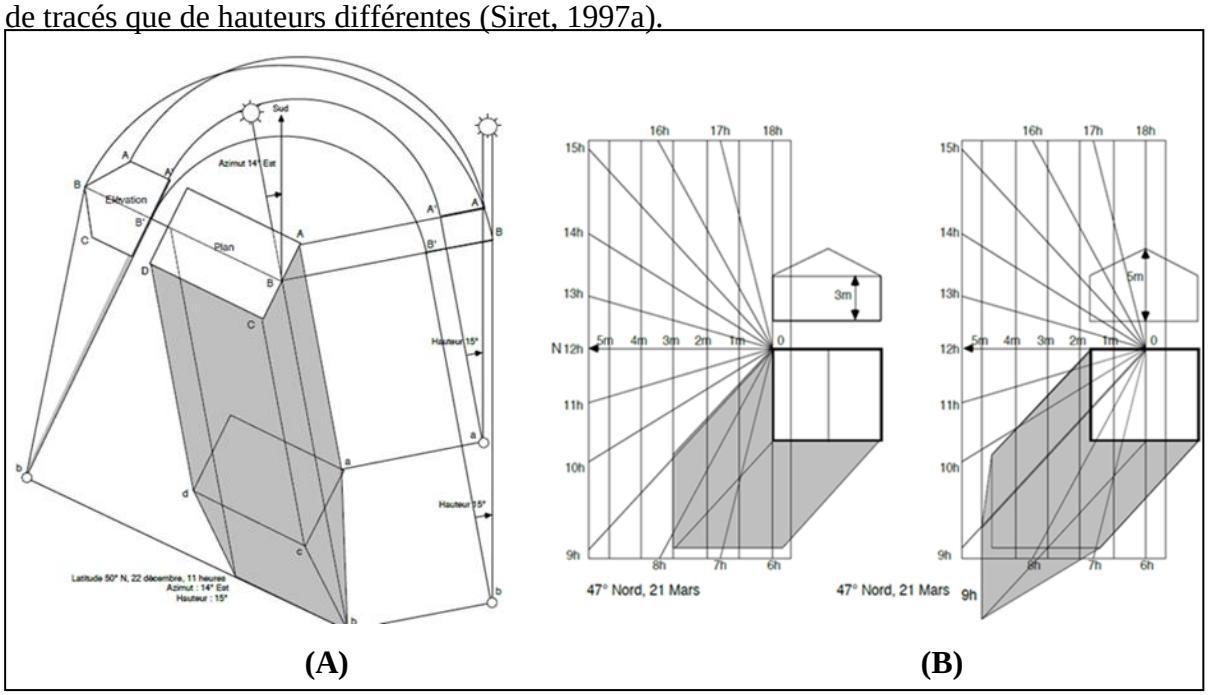


Figure 2.8 : Tracé des ombres portées en dessin géométral (A) et tracé des ombres à l'aide du diagramme solaire MT (B) (Siret, 1997a)

1-3-2 Le tracé des masques

Si l'on superpose les masques ainsi figurés et les trajectoires solaires apparentes, on détermine les périodes où des ombres seront portées sur le site. Toutes les représentations des trajectoires solaires peuvent être utilisées pour le tracé des masques, la seule condition c'est ce

qu'elles peuvent représenter à la fois, l'environnement et la trajectoire du soleil. À l'aide de deux documents graphiques, les plans et les élévations, la projection stéréographique est également utilisée pour le tracé des masques. Outre la lecture des périodes d'ensoleillement en un point, elle offre en effet la possibilité d'ajuster facilement, de manière graphique, les gabarits d'objets en cours de définition dans le cadre du projet. (Mahaya, 2014).

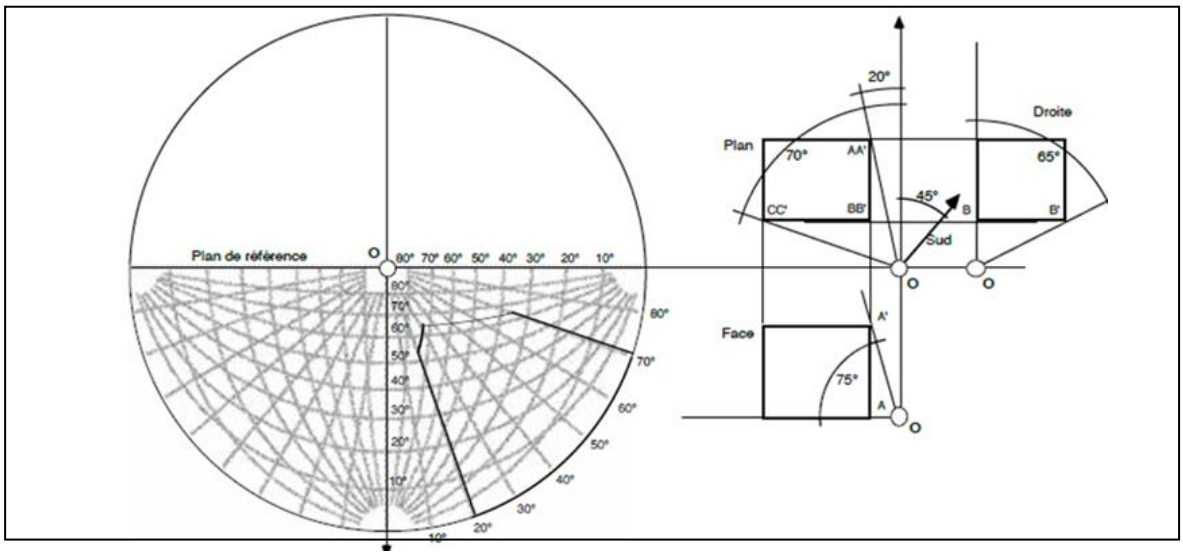


Figure 2.9 : Construction d'un masque sur le diagramme angulaire (Siret, 1997b)

1-4 La simulation 2D de l'ensoleillement

Ce sont des processus de simulation ne convenant qu'à des géométries extrêmement simplifiées, souvent prédéfinies d'ailleurs : pièces rectangulaires avec ouvertures adaptables, dispositifs de protection simples (débord de toit, éléments horizontaux ou verticaux, lamelles, etc.). (MIGUET and PAULE, 2010), qui proposant de répondre à un questionnement solaire du type : "comment dimensionner telle ouverture ou telle protection solaire pour qu'elle soit efficace et optimale à telle date ou durant telle période de l'année ? Parmi ces outils émergés de la recherche scientifique, certains sont très réussis puisqu'ils sont disponibles depuis quelques années sur les sites internet des laboratoires qui les ont développés. (Houpert, 2003)

Ces outils permettent entre autres :

- De construire différents types d'abaques et de diagrammes solaires pour diverses latitudes ;
- D'obtenir des informations d'ensoleillement et d'énergie solaire pour un récepteur plan d'inclinaison et d'orientation quelconque (flux direct, diffus et global incident) ;
- D'évaluer les protections solaires placées devant un vitrage. En combinant divers types d'écrans, l'utilisateur peut composer un brise-soleil particulier. Le programme évalue ensuite l'efficacité de la protection sous forme d'un facteur de masque et d'une valeur de flux solaire transmis ;

- De tester rapidement l'efficacité des brise-soleil, constitués de lames parallèles d'inclinaison et d'espacement variables. (Mahaya, 2014)

1-5 La simulation 3D de l'ensoleillement

1-5-1 Les courbes de niveau solaires de Twarowski

Basé sur la Charte d'Athènes 18 recommandant au moins 2 heures d'ensoleillement par jour, le Polonais Twarowski illustre dans son ouvrage que la période d'ensoleillement de la façade, préconisé par ce texte fondateur de l'architecture moderne, n'a que peu de sens pour une fenêtre orientée à l'est dont 10° est l'angle d'ombrage (azimut des rayons solaires bloqués par les tableaux des fenêtres) (exemple courant).

Twarowski ne se limitait pas à travailler en 2D. Il a été l'un des pionniers de la résolution des contraintes du soleil en 3D. Dès 1962, il propose d'intégrer le temps dans ces contraintes et de résoudre les problèmes solaires sur plusieurs heures par jour.

La "courbe de niveau solaire" est ce que Twarowski appelle une courbe de niveau de relief fictive, qui limite le volume et n'implique pas l'intervention du concepteur. Le reste de la scène, non compris dans ce relief, doit être vierge de toute conception pour laisser passer les rayons du soleil et respecter les contraintes solaires temporelles. (Houpert, 2003)

1-5-2 Les tracés solaires de Dourgnon et al

Ces tracés utilisent le diagramme gnomonique pour déterminer les dimensions optimales de Brise-Soleil qui répond avec précision à une contrainte solaire. Le Gnomon est retourné et la volumétrie étudiée est placée de manière à ce que la hauteur du style corresponde avec l'arête de la fenêtre devant être protégée du soleil (arête [AB] sur la figure 2.10). Elle est délimitée par un rayon qui partirait de A et qui balaierait la période solaire choisie sur le diagramme (ici, du 21 mai au 21 juillet). Sur la figure, la protection solaire apparait noire et grisée. La méthode est appliquée une seconde fois pour le point D ([AD] étant la hauteur du style) ou par translation du premier brise-soleil de A vers C. (Houpert, 2003)

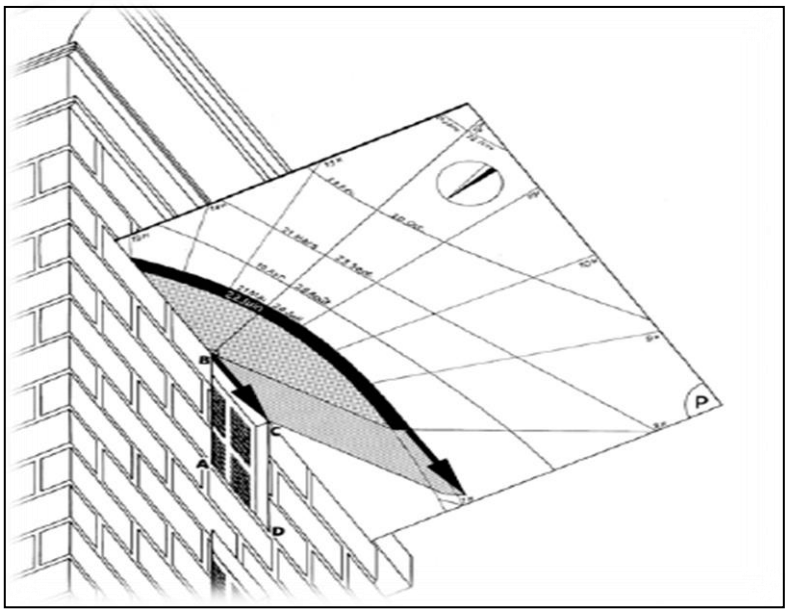


Figure 2.10 : Méthode de simuler en 3D la protection solaire (grisée) d'une fenêtre du 21 mai au 21 septembre de 8h à 15h (Houpert, 2003)

Les auteurs Dourgnon et al, proposent aussi une méthode pour calculer des brise-soleil en 3D composés de joues latérales verticales et d'un complément horizontal.
L'illustration du résultat de cette méthode est la figure 2.11

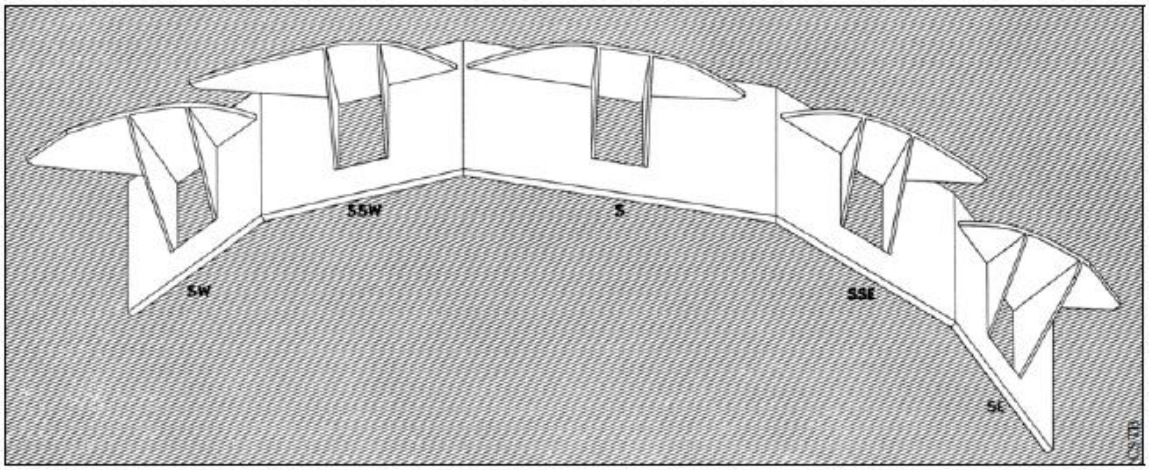


Figure 2.11 : Brise-soleil composés soit d'un unique élément horizontal, soit de l'addition des deux joues verticales à la partie horizontale comprise entre ces deux joues. Exemples réalisés pour 5 orientations ; sud-est, sud-sud-est, sud, sud-sud-ouest, et sud-ouest. (Houpert, 2003)

1-5-3 Les enveloppes solaires de Knowles

L'enveloppe solaire est « conditionnée dans l'espace et le temps » comme Knowles a dit. L'enveloppe solaire correspond donc au maximum enveloppe constructible possible qui ne provoque pas d'ombrage au voisinage pendant une période T. Augmenter la période T

revient à diminuer l'enveloppe solaire. Dans ce cas, la contrainte solaire a plus d'incidence sur la constructibilité du site (figure 2.12).

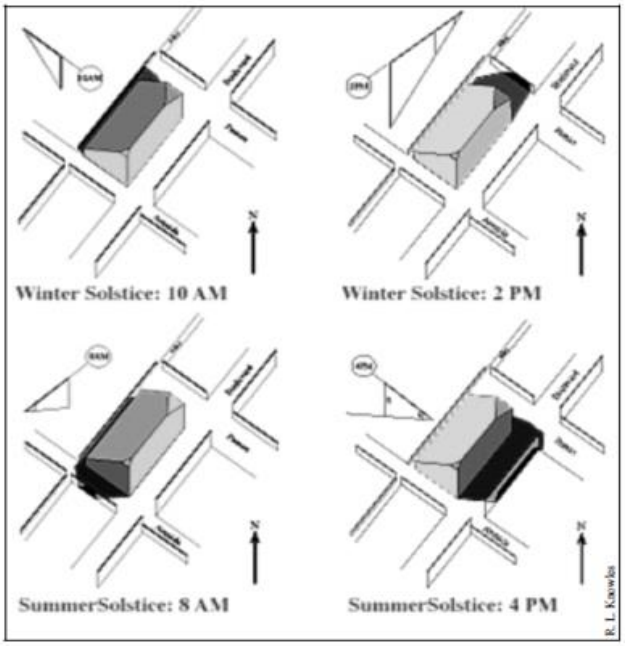


Figure 2.12 : Vues axonométriques de l'enveloppe solaire d'une parcelle (Houpert, S., 2003)

1-6 Les logiciels de simulation directe de l'ensoleillement :

1-6-1 ECOTECT

ECOTECT est le logiciel d'analyse de construction le plus complet et innovant sur le marché aujourd'hui. Il dispose d'une interface de modélisation 3D design conviviale entièrement intégrée avec un large éventail d'analyse des performances et des fonctions de simulation. (Bouhidel, 2015)

Ecotect permet d'avoir une idée précise sur le rayonnement solaire (en visualisant le rayonnement solaire sur les fenêtres et les autres surfaces, à n'importe quelle période de l'année), sur l'éclairage naturel et aussi sur les ombres et réflexions (en affichant la position et le parcours du soleil par rapport au modèle à la date, à l'heure et à l'emplacement choisis. (autodesk.fr)

La démarche à suivre dans une simulation par ECOTECT est :

- Dessiner en 3D le projet d'étude avec une palette des zones.
- Affecter les matériaux de construction utilisés lors de la simulation.
- Régler les paramètres généraux et thermiques des zones avant de lancer les simulations
- Créer le fichier climatique pour la région concernée d'étude.
- Activer la grille d'analyse qui nous permet de choisir l'espace et la zone à simuler facilement et rapidement.

- Choisir les paramètres à analyser et gérer l'ensemble des conditions de simulation adéquates pour le cas d'étude.
- La visualisation des résultats du calcul : il est possible de voir l'espace de l'extérieur avec son orientation par rapport à la course apparente du soleil ou bien de l'intérieur avec les courbes isométriques et le rendu fausses-couleurs ainsi que la tache solaire correspondant à la date et heure indiquée. (Bouhidel, 2015)

1-6-2 REVIT

Revit est un logiciel BIM pluridisciplinaire pour des conceptions coordonnées de meilleure qualité. (prodware-innovation-design.fr)

Les tâches les plus couramment effectuées par Revit sont répertoriées ci-dessous :

- Analyse solaire **;** Revit inclut désormais un plug-in d'analyse solaire qui utilise un algorithme plus puissant que celui d'Ecotect. On peut visualiser et quantifier la distribution du rayonnement solaire à une date et une heure données, ainsi qu'afficher les résultats directement dans le modèle.
- Études de l'ombre et du soleil **;** l'outil interactif Trajectoire du soleil de Revit permet de visualiser la trajectoire du soleil en vue d'étudier l'impact de la lumière naturelle et des ombres sur les parties extérieures et intérieures à n'importe quel emplacement du projet. Analyse énergétique complète d'un bâtiment.
- Éclairage lumineux naturel et éclairage artificiel.
- Performance thermique.
- Visualisation des données météorologiques. (autodesk.com)

Pour réaliser une étude d'ensoleillement complète sous REVIT, la démarche est simple, rapide et efficace :

- Passez en vue 3D,
- Géolocalisez le projet,
- Affichez le soleil
- Lancez le calcul ou étude d'ensoleillement. (architecte-paca.com)

1-6-3 ArchiWIZARD

ArchiWIZARD est un logiciel de simulation énergétique des bâtiments qui permet de simuler et de démontrer la performance énergétique d'un projet architectural dès les premières esquisses et tout au long de sa conception ou dans le cadre de sa rénovation, dans un environnement 3D intuitif en connexion directe avec la maquette numérique et les principales solutions CAO du marché.

ArchiWIZARD intègre pour cela différents modules de simulations complémentaires basés sur un même modèle énergétique généré automatiquement à partir de la maquette 3D du bâtiment ou directement récupéré afin de limiter les ressaisies inutiles :

- Simulation énergétique temps réel pour l'évaluation interactive et rapide de la performance du projet ;
- Simulation précise des apports solaires et lumineux par lancer de rayon« ray tracing » ;
- Calcul réglementaire RT2012 ;
- Simulation thermique dynamique avec le moteur EnergyPlus. (GRAITEC, 2018)

Conclusion

Afin d'optimiser la performance énergétique dans le bâtiment, il faut savoir dans quelle mesure les protections solaires empêchent l'énergie solaire de pénétrer à l'intérieur, et cela à travers la détermination de la quantité d'énergie solaire bloquée par ces obstacles.

En titre conclusif, nous avons présenté dans ce chapitre un état de l'art des méthodes de simulation de l'ensoleillement. On a vu qu'on peut utiliser plusieurs outils et méthodes graphiques ou numériques. Graphiquement, on peut représenter la course du soleil à l'aide des diagrammes solaires avec ces diverses projections cylindriques, stéréographiques, équidistantes, et orthographiques, Plus que les girasols et les gnomons. Ainsi que les tracés d'ombres, les tracés de masques et la simulation 2D et 3D.

En termes de représentation et de détermination instantanée des données d'ensoleillement en 2D ou 3D, les techniques informatiques sont les plus efficaces et les plus réussis et donnent des résultats plus précis. Les logiciels de simulation 3D sont plus adaptés pour prendre en compte les contraintes d'ensoleillement.

Dans ce travail de recherche, notre but est de concevoir un nouveau modèle des brise-soleil énergétiquement efficaces, et pour mener à bien cette étude, le logiciel qui peut répondre à nos besoins parmi les logiciels abordés dans ce chapitre est REVIT.

CHAPITRE 3 :

Les brise-soleil ; types et performances

Chapitre 3 **: Les brise-soleil ; types et performances**

Introduction

Avec l'augmentation considérable des coûts des ressources énergétiques primaires, la protection solaire est devenue un élément primordial qui permet de diminuer les consommations énergétiques de refroidissement ainsi que limiter le risque de surchauffe. C'est pourquoi elle est considérée comme l'un des concepts de base de l'architecture bioclimatique. Chatelet et al. (1998a), ils définissent une protection solaire comme tout élément dans le rôle est d'éviter tout ou seulement une partie du rayonnement solaire ne peut pénétrer à travers une ouverture.

Dans ce présent chapitre, nous allons exposer un bref survol concernant la notion de brise-soleil et ses objectifs relatifs à la performance énergétique du bâtiment et le bien-être des occupants, avec une promenade dans ces types allant de dispositifs fixes jusqu'aux brise-soleil orientables, passant par les différents modes de mouvement de ces derniers pour mieux comprendre sa performance énergétique. Cela nous amène à nous interroger sur les principes généraux de choix et de conception des brise-soleil optimaux dans les bâtiments.

1- Définition de la protection solaire

Schittich (2001) dans son livre construire en verre, a défini la protection solaire comme étant un élément qui réduit le taux des gains solaires montant la température intérieure.

La protection solaire est ce que nous appelons le corps pour éviter la lumière du soleil d'atteindre les surfaces auxquelles nous ne voulons pas être exposés. Elle est indispensable en complément des fenêtres lorsqu'il s'agit de limiter la surchauffe et l'éblouissement lorsque le soleil brille. (De Herde and Liébard, 2005)

2- Les objectifs de la protection solaire

- Limiter l'éblouissement ; la question de l'éblouissement est très importante lorsque le soleil est à l'horizon. En plein été, le soleil se levant vers le nord-est et se couchant vers le nord-ouest peut causer des problèmes d'éblouissement par ces ouvertures en début et en fin de journée. Il est important de distinguer si la principale cause d'éblouissement est la lumière directe du soleil ou uniquement la diffusion du ciel.
- Diminuer les surchauffes ; afin d'éliminer la nécessité d'un climatiseur, elle conduit toujours à des résultats agressifs dans l'économie d'énergie dans l'environnement.

- Supprimer l'isolation directe ; le rayonnement thermique des vitres et la lumière directe du soleil sur certaines parties du corps peuvent rapidement devenir insupportables pour les occupants. Il faut donc pouvoir retirer l'isolation directe.
- Augmenter le pouvoir isolant de la fenêtre ; en utilisant un écran solaire, les propriétés de transfert de chaleur des fenêtres changent plus ou moins sensiblement. Avec une protection spécifique à l'intérieur ou à l'intérieur du double vitrage, les déperditions de chaleur peuvent être réduites de 25 à 40 %.
- Assurer l'intimité des occupants ou occulter un local.
- Éviter la décoloration de certains matériaux.
- Décorer la fenêtre. (De Herde, André and Alain Liébard, 2005)

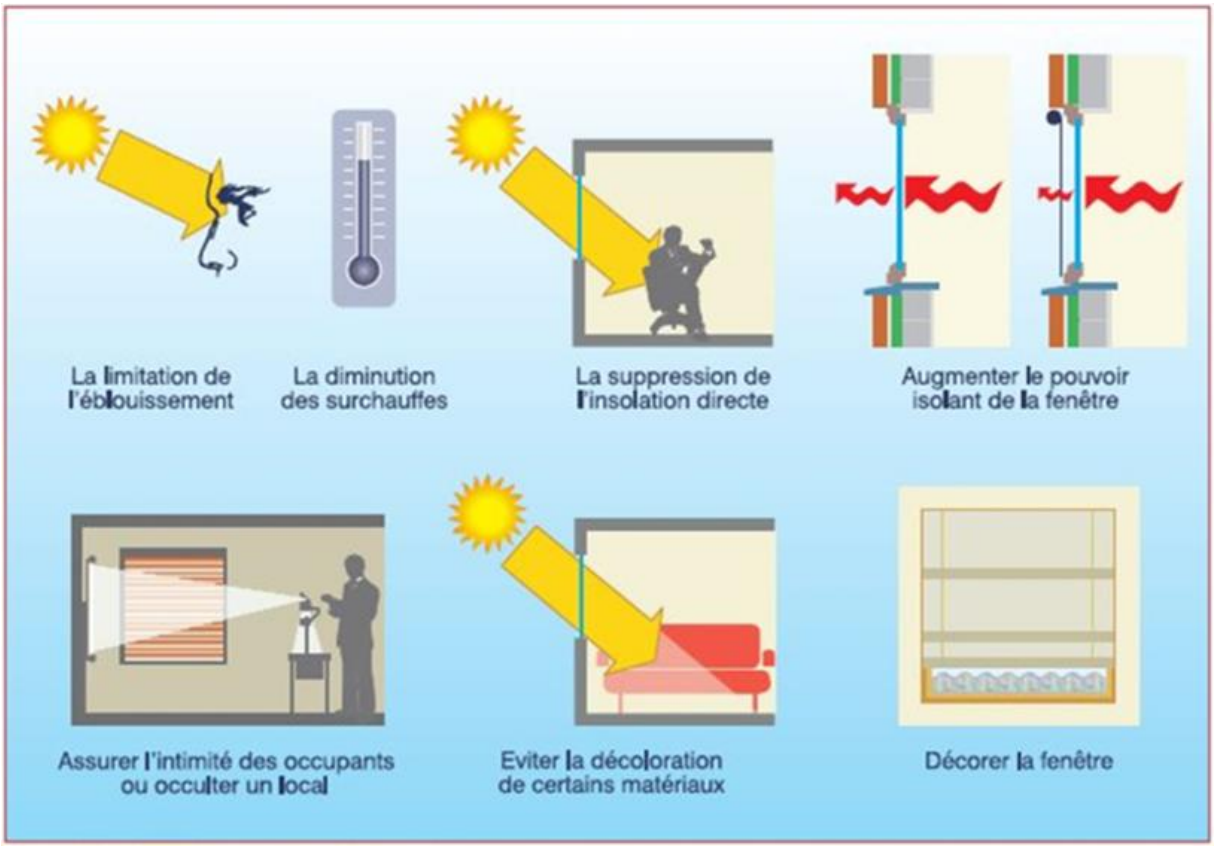


Figure 3.1 : Les objectifs de la protection solaire (De Herde and Liébard, 2005)

3- Le rôle du facteur solaire dans la performance de la protection solaire

Le facteur solaire est le principal indicateur de l'efficacité d'une protection solaire. Il définit le pourcentage de rayonnement solaire qui traverse la paroi en liaison avec un rayonnement utile (débit d'énergie incident). Le facteur solaire est la somme de la partie transmise du flux énergétique et de la partie absorbée réémise vers l'intérieur du local.

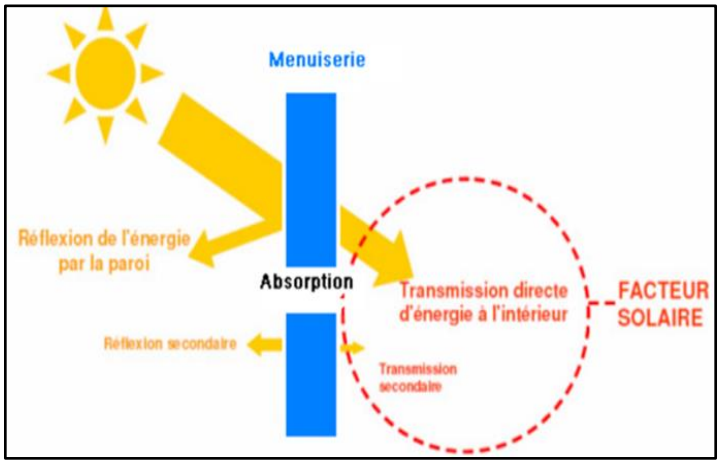


Figure 3.2 : Le facteur solaire (euroméditerranée, 2010)

Le facteur solaire s'appuie essentiellement sur :

- L'énergie et les propriétés thermiques du vitrage.
- les caractéristiques d'énergie du système de protection contre le soleil.
- la position de la protection solaire vis-à-vis du vitrage (externe, interne ou intégré)

Le facteur solaire (FS) est un facteur compris entre 0 et 1. En climat côtier, une bonne protection solaire doit avoir une constante solaire de 0,15 (seulement 15% de l'énergie arrivant dans la baie y transite). La valeur du facteur solaire peut être déterminée par calcul avec un logiciel (tel que FASOL_V).

Cela dépend de l'angle d'incidence du flux solaire, de sorte que la position du soleil, l'orientation de la baie, et la période de l'année. En été, l'orientation ouest est la plus défavorable. Dans cette orientation, le moment de la plus forte énergie solaire incidente correspond au moment de la température extérieure la plus élevée. L'orientation est reçoit la même quantité d'énergie pendant les basses températures de la matinée. L'orientation sud reçoit moins d'énergie du fait de la hauteur du soleil en été. Et pour l'orientation nord, c'est la mieux protégée du soleil. (euroméditerranée, 2010)

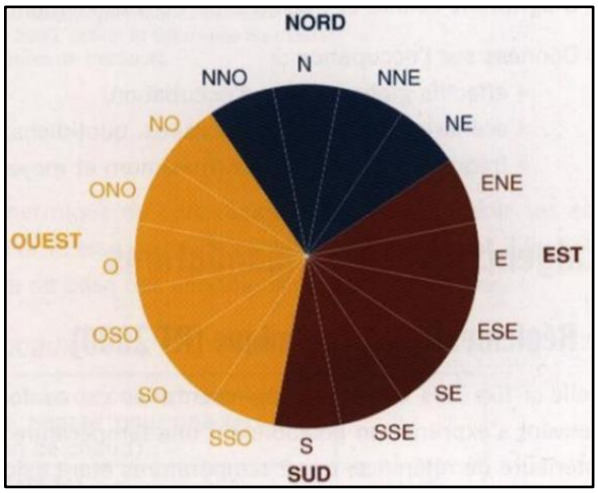


Figure 3.3 : Les orientations recommandées (euroméditerranée, 2010)

4- Les types de protection solaire

Ces dispositifs peuvent être extérieurs ou intérieurs, saisonniers, fixes ou mobiles et peuvent également être utilisés comme système d'éclairage naturel ou d'isolation.

Le choix du type de protection solaire dépend de plusieurs facteurs tels que le site, l'emplacement du bâtiment, son type, son usage, les conditions climatiques et l'ensoleillement. Les systèmes de refroidissement, de chauffage, d'éclairage et de ventilation influencent aussi le choix des dispositifs de protection solaire. (TAREB, 2004)

4-1- Les dispositifs de protection solaire fixes

Les dispositifs de protection solaire fixes sont des éléments architecturaux importants qu'ils 0permettent d'articuler les façades des bâtiments.(TAREB, 2004)

Avec une insertion idéale au bâtiment, il peut s'agir, d'un débord de toiture, de lames, d'une terrasse couverte, d'un auvent, d'une loggia, d'un balcon. Avec une bonne intégration, ils peuvent également avoir une utilité de la mise en valeur architecturale du bâtiment.

Le principal inconvénient de protection fixe est que le degré de protection est déterminé par la course du soleil et non par les aspects climatiques. Ceci conduit à se protéger du soleil quand le chauffage est important (TAREB, 2004).

Parmi les différentes formes de dispositifs de protection solaire fixes :

4-1-1- Les brise-soleil horizontaux : auvents

L'auvent constitué d'une avancée horizontale au-dessus de l'ouverture : auvent, débord de toit, débord de dalle, balcon filant, brise-soleil horizontal, casquette, linteau de fenêtre. L'occultation directe du rayonnement est bonne pour l'été, et la casquette laisse passer le soleil, quelle que soit l'orientation de la façade en hiver. (Mazari, 2012)

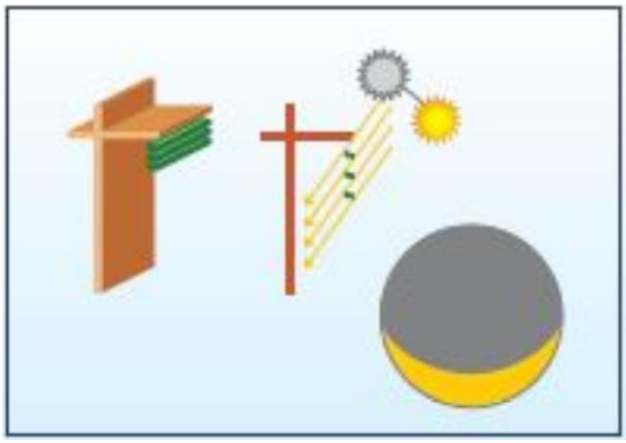


Figure 3.4 : Auvent, (De Herde and Liébard, 2005)

4-1-2- Avancée verticale flanc

Constitué par des pans verticaux à côté de l'ouverture : décrochement de façade, saillie de refends, tableau de fenêtre, écran à lames verticales. Face au sud, l'occultation est assez constante tout au long de l'année. En hiver, elle est assez forte à l'est et à l'ouest, ce qui est généralement indésirable, et quasi nul en été. (Mohammed, 2012)

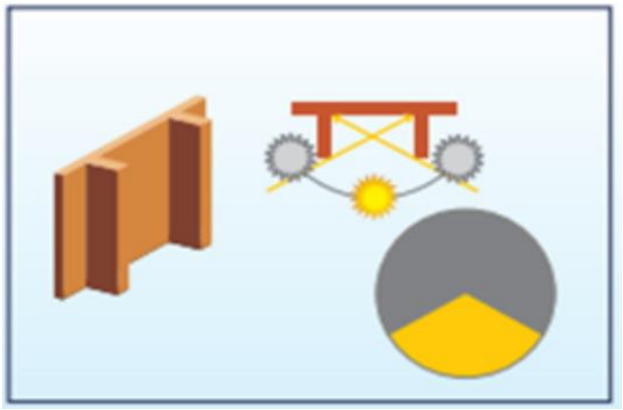


Figure 3.5 : Le flanc, (De Herde and Liébard, 2005)

4-1-3- La loggia

Elle est combinée entre l'auvent et les flancs : loggia, tableaux + linteau de fenêtre, balcon filant + séparation verticale, écran à lames croisées. En été, la protection solaire est bonne du sud-est au Sud-ouest. Elle est moyenne toute l'année à l'Est et à l'Ouest. (Mazari, 2012)

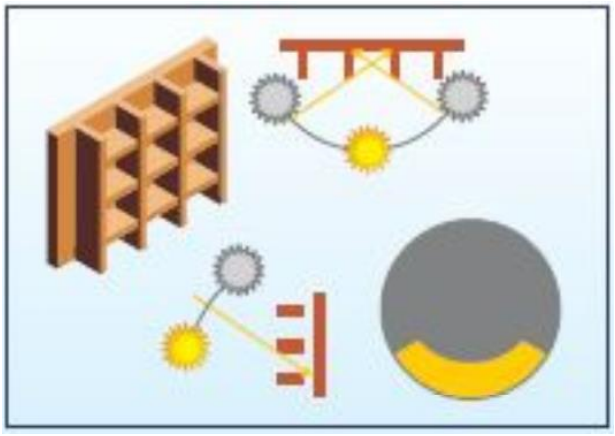


Figure 3.6 : La loggia (De Herde and Liébard, 2005)

4-1-4- Les claustras

Selon (la rousse), claustra est « une paroi ajourée clôturant une baie, formant cloison ». Par définition, le claustra est un élément d'architecture sous forme de paroi décorative ajourée permettant d'apporter de la lumière, tout en conservant un rôle de séparation avec l'extérieur. (LIPPI, 2012)

Figure 3.7 : Claustra (BRADSTONE, 2021)

4-1-5- Les moucharabiehs

Des brise-soleil sous forme de moucharabieh étaient installés au niveau des fenêtres. Ces dispositifs servent à bloquer les rayons solaires, mais ils peuvent aussi réguler la lumière incidente et réduire le flux de chaleur qui pénètre à l'intérieur. Le moucharabieh est en maçonnerie ajourée et présente de petits trous pour filtrer les rayons de soleil tout en évitant l'éblouissement. Il est aussi souvent en saillie pour que le vent soit mieux capté pour assurer une ventilation efficace. (AMRAOUI, 2021)

Figure 3.8 : Vue de Moucharabieh (source internet)

4-2- Les dispositifs de protection solaire mobiles

Ils peuvent être internes, externes, ou intégré entre les vitres d'un double ou triple vitrage. Un système orientable externe peut être admettre ou empêcher la pénétration des rayons solaires. Ils sont particulièrement efficaces à de faibles incidences d'ensoleillement direct, de rayonnements diffus, et de rayonnement réfléchi.

L'automatisation complète du système de protection solaire mobile peut réduire l'énergie solaire incidente à 10% de l'énergie solaire atteignant la façade. Le principal

problème reste leur durabilité ; il nécessite plus d'entretien et de réparation qu'un système fixe. (TAREB, 2004)

Le principal inconvénient de protection mobile est lié à la gestion de la manipulation de la protection. En effet, les protections non automatisées ne sont pas utilisées de manière optimale et peuvent même compromettre à l'objectif de confort visuel et d'économie d'énergie. Dans le cas d'une protection automatisée, il faut tenir compte de la liberté de l'occupant de mettre en dérogation le système (Conseil en énergie partagée and Guadeloup, 2018).

Parmi les diverses formes de dispositifs de protection solaire mobiles :

4-2-1- Les stores intérieurs et extérieurs mobiles

Les stores sont généralement composés de toiles d'un tissage ajouré, on les appelle « Screen ». Ils ont l'avantage de filtrer les rayons du soleil, et grâce aux perforations, ils permettent de maintenir une vue sur l'extérieur. Ces stores peuvent être installés aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur. Chaque préconisation présente des avantages et des inconvénients :

Tableau 3.1 : Avantages et inconvénients des stores intérieurs

Avantages	Inconvénients
Cout limité Facilité de pose Entretien peu onéreux durabilité	Performances limitées (FS>0.35) Échauffement de la lame d'air entre le store et le vitrage (effet de serre)

(Source: ADEME, 2003)

Tableau 3.2 : Avantages et inconvénients des stores extérieurs

Avantages	Inconvénients
Performances élevées (FS pouvant atteindre 0.10 environ)	Prix plus élevé Installation plus délicate Durée de vie limitée (exposition aux contraintes climatiques)

(Source: ADEME, 2003)

Dans les deux cas, les stores ont l'avantage d'une grande modularité. Ils peuvent être directement manœuvrés directement par l'utilisateur. De plus, une commande automatique est également possible, et il est possible de contrôler le fonctionnement en fonction de l'ensoleillement, du taux d'occupation effectif des locaux et du vent extérieur. De cette façon, on peut bénéficier de l'apport de lumière solaire gratuite pendant la saison de chauffage et contrôler le niveau de lumière naturelle, cela entraîne des diminutions de charges dans les deux cas. Enfin, les stores contribuent au confort visuel des occupants et peuvent résoudre efficacement les éventuels problèmes d'éblouissement. (ADEME, 2003)

Il existe différentes formes de stores tels que les stores vénitien, enrouleur, plissé, japonais, à projection (à l'Italienne)…etc.

Figure 3.9 : Exemple d'un store vénitien (source internet)

4-2-2- les volets

D'après (larousse), un volet est un « *Panneau de bois ou de métal participant à la fermeture d'une baie ; contrevent, persienne* ». C'est un dispositif généralement installé devant une ouverture.

La fonction principale du volet est de protéger le bâtiment des cambriolages, du soleil et de la chaleur, des intempéries, des déperditions thermiques et du bruit. Il existe quatre systèmes d'ouverture des volets : battant, pliant, roulant, et coulissant.

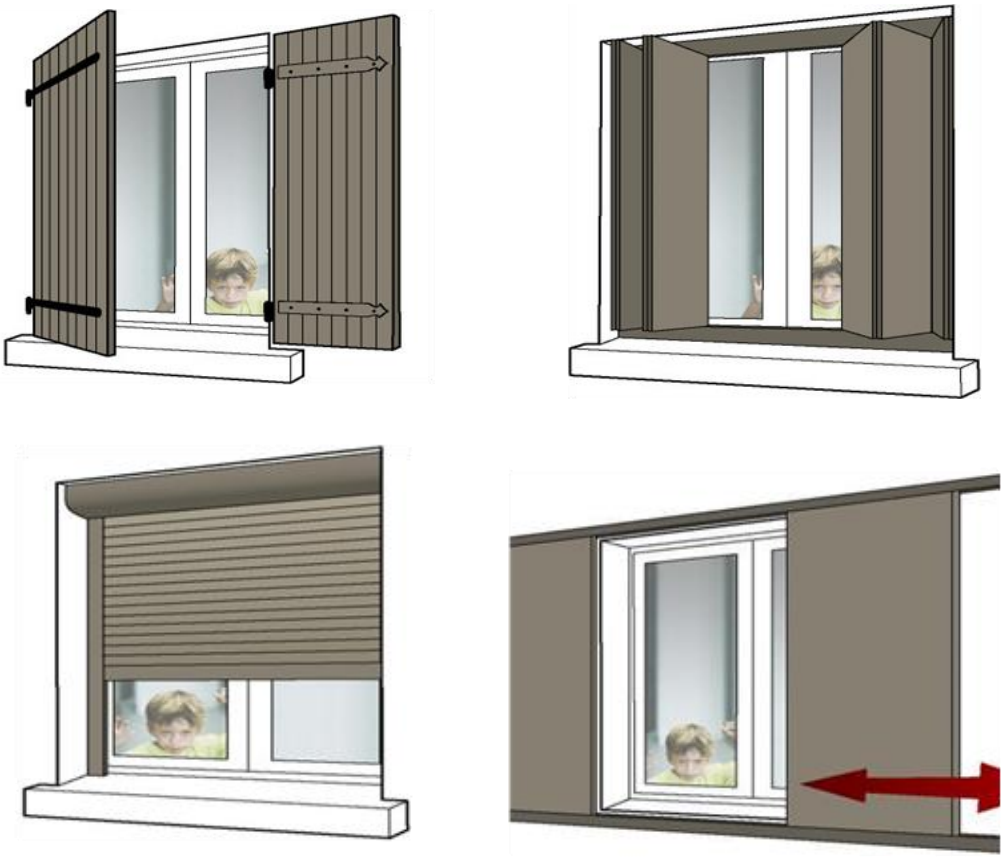


Figure 3.10 : Les volets ; battant, pliant, roulant et coulissant (source internet)

4-2-3- Les rideaux

Le Dictionnaire historique d'architecture définie le rideau comme une pièce d'étoffe ordinairement au moyen d'anneaux glissant sur un triangle d'un mental poli se ferme ou s'ouvre devant une porte, le plus souvent devant une fenêtre pour préserver du soleil, pour modérer la lumière pendant le jour, interdire du dehors la vue dans les intérieurs, et garantie aussi des influences de l'air extérieur. (LITIM, 2017)

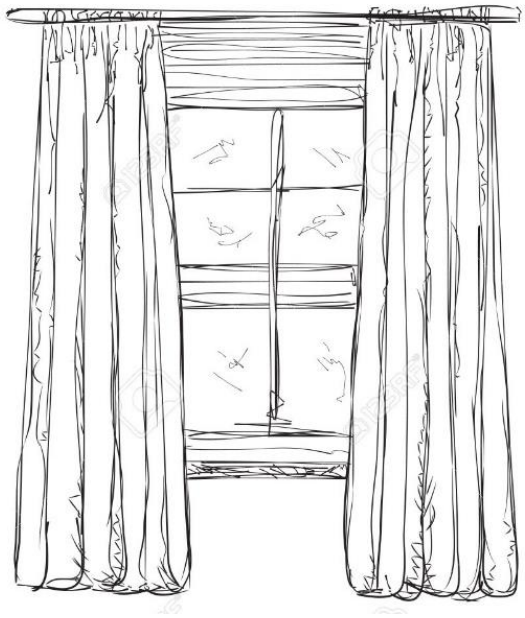


Figure 3.11 : Fenêtre avec rideaux (source internet)

5- Les modes de mouvement de dispositifs de protection mobile :

Les dispositifs de protection solaire mobiles sont divers et variés. Selon Schumacher, le mouvement est « résultant du passage d'une position stationnaire à une nouvelle position stationnaire » (Schumacher et al., 2012)**.**

D'après (Schumacher et al., 2012) et (Moloney, 2011), on distingue différentes typologies de mouvement de ces dispositifs :

Le mouvement coulissant : les dispositifs se coulissent, généralement, selon un axe parallèle à la façade pour laisser apparaitre l'ouverture. Son rôle est de réguler l'énergie solaire par sa capacité d'occultation.

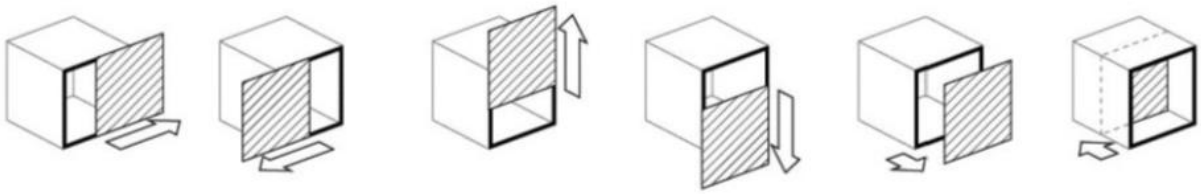


Figure 3.12 : Le mouvement coulissant (Schumacher et al., 2012)

Le mouvement pivotant : un dispositif pivotant peut se déployer perpendiculairement à l'enveloppe en pivotant sur un axe horizontal ou vertical. Il a un rôle efficace pour réfléchir le rayonnement solaire et contrôler l'apport de lumière.

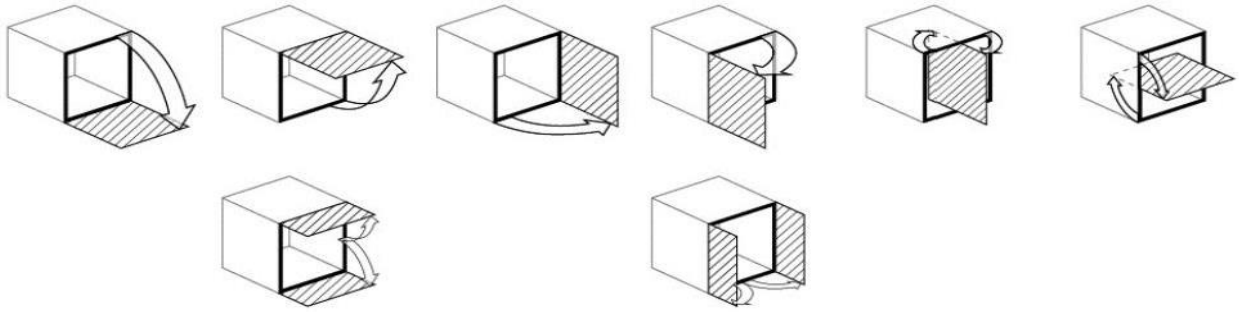


Figure 3.13 : Le mouvement pivotant (Schumacher et al., 2012)

Le mouvement pliant : il est similaire au mouvement pivotant, ce qui le diffère est que ses quatre points d'attache assurent une grande rigidité face au vent, et consomme moins d'espace quand il est ouvert.

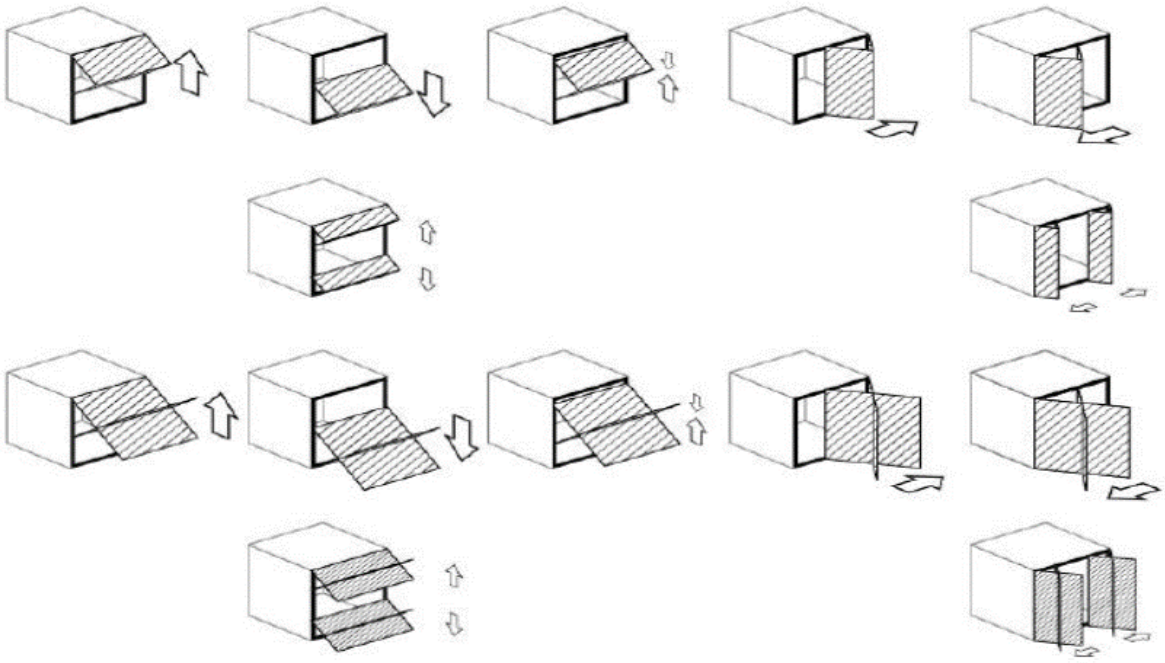


Figure 3.14: Le mouvement pliant (Schumacher et al., 2012)

Quatre autres systèmes de mouvement et de transformations géométriques peuvent être utilisés au niveau des dispositifs de protection solaire orientables :

La translation : le mouvement prend une position dans la direction d'un vecteur.

La rotation : les dispositifs se déplacent autour d'un axe.

La mise à l'échelle : c'est la contraction et l'expansion des dispositifs.

Le mouvement par déformation des matériaux : dépend des propriétés des matériaux qui changent, comme le poids et l'élasticité.

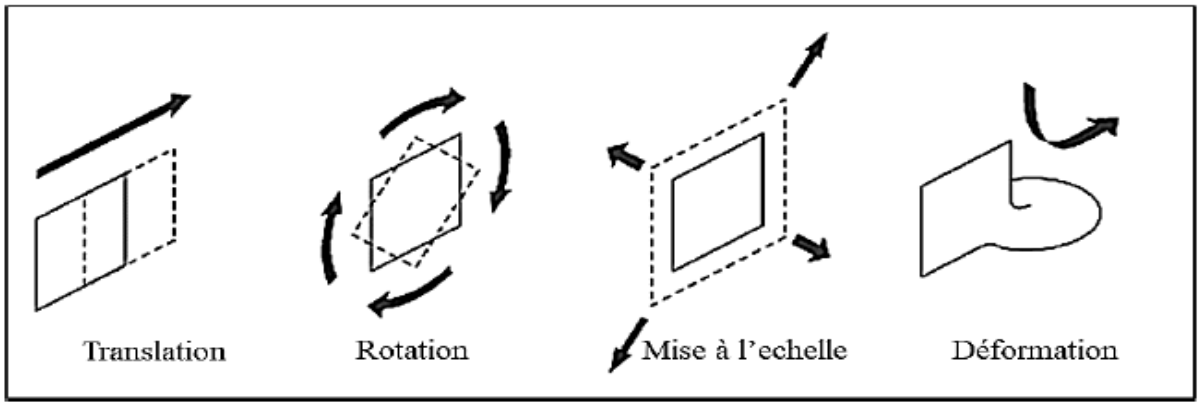


Figure 3.15 : Système de transformation géométrique (Moloney, 2011)

6- La performance des brise-soleil

6-1- Les brise-soleil fixes

Les dispositifs fixes doivent être bien dimensionnés pour offrir une protection efficace contre les surchauffes d'été sans devenir un obstacle aux apports solaires d'hiver.

Le point clé dans la conception des dispositifs de protections solaires fixes est l'orientation de l'ouverture. S'ils sont correctement dimensionnés et orientés vers le sud, les avancées horizontales permettent d'obtenir une protection totale en milieu d'été tout en permettant une pénétration des rayons solaires en hiver. Pour une meilleure efficacité, les avancées doivent s'étendre suffisamment de tous les côtés de l'ouverture. La longueur de débordement est définie par la largeur de l'ouverture, la latitude du lieu et la distance verticale entre l'avancée et la fenêtre. (conseil d'Architecture d'Urbanisme 2010)

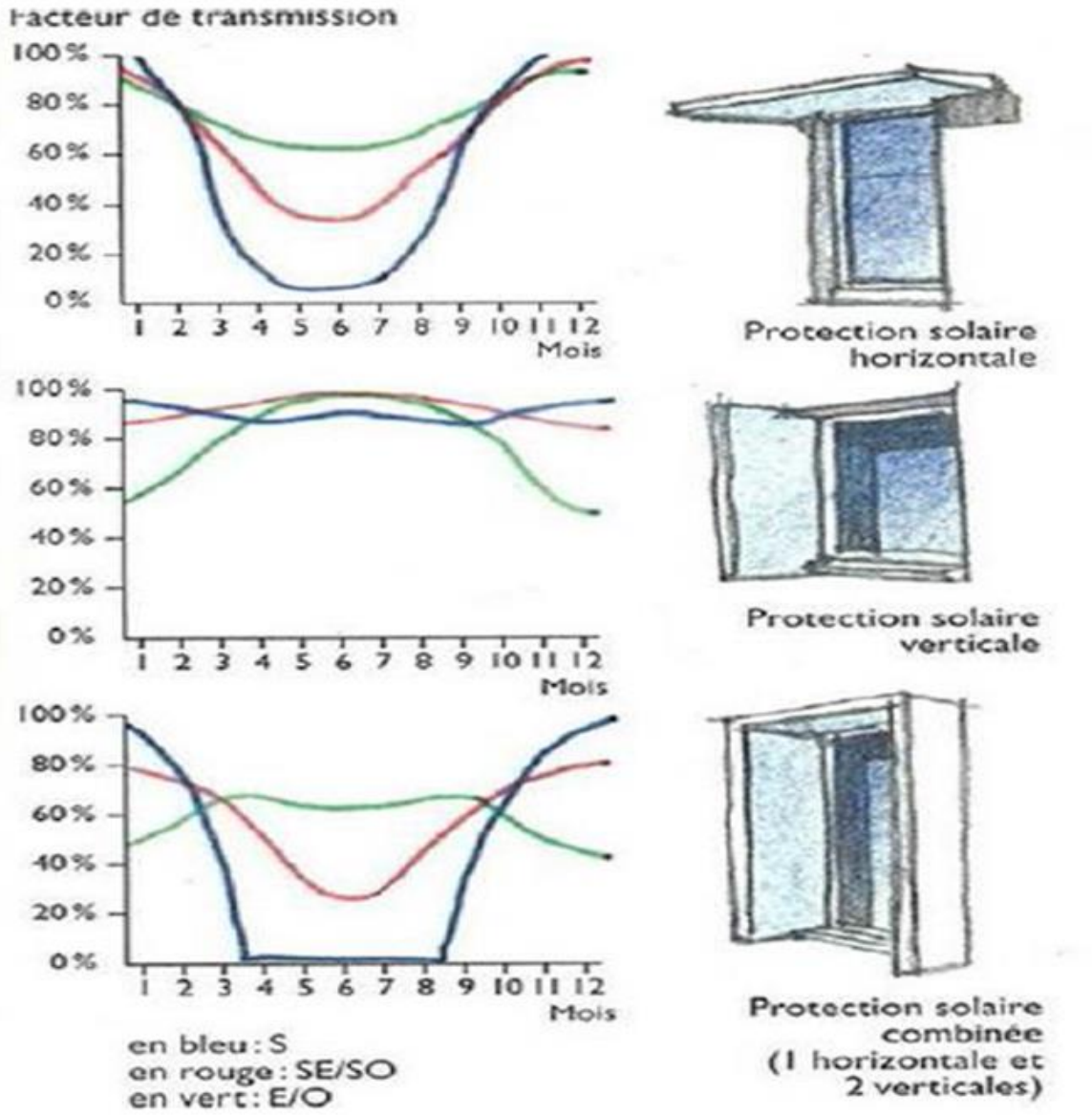


Figure 3.16 : Efficacité de différents systèmes de protection solaires fixes, en fonction de l'orientation (Toufik, 2015)

6-2- Les brise-soleil mobiles

Les possibilités de réglage sont le grand avantage de la protection mobile qui peut être ajustée en fonction du fuseau horaire et de saison. Elles sont généralement plus légères que les protections fixes. Plus le matériau qui les compose est isolant, plus la protection contre la surchauffe est mieux. Ces protections manuelles permettent aux occupants de s'adapter les protections en fonction de la météo, de l'heure ou de la saison.

Le facteur solaire pris en considération est celui de l'ensemble composé de la protection externe, et de partie vitrée. (conseil d'Architecture d'Urbanisme 2010)

À titre indicatif, le tableau ci-dessous présente les valeurs indicatives du facteur solaire pour la protection extérieure mobile :

Tableau 3.3 : Facteur solaire de protection extérieure mobile

Type de protection extérieure mobile	Facteur solaire
Volets et persiennes	0.10
Store vénitien extérieur à lames orientables	0.10
Store a enroulement vertical toile opaque	0.10
Store a enroulement vertical toile moyennement translucide	0.20
Store a enroulement vertical toile très translucide	0.35
Store entre deux parois vitrées	0.35
Store benne, à l'italienne. A corbeille	0.40
Store a enroulement vertical	0.72

(Source: euroméditerranée, 2010)

Le tableau ci-dessous représente l'efficacité des protections solaires extérieures, fixes ou mobiles :

Tableau 3.4 : Comparaison de différents types de protections solaires extérieures

TYPE DE PROTECTION EFFICACITE et CARACTERISTIQUES	Brise-soleil à lames horizontales	Brise-soleil à lames verticales	Volet roulant ajouré	Store volet	Store toile	Volet à projection	Volet à la française	Treille végétale	Brise-soleil horizontal au vent	Brise-soleil à lames verticales	Avancée verticale flanc
	MOBILES								FIXES		
PROTECTION SOLAIRE SUR FACADE	4	Est/Ouest : 4	3	4	2 à 3	3	3	3	S.Est S./S.Ouest : 3 Est et Ouest : 1	1	1
OCCULTATION	2	2	4	4	2	3	PL = 4 PER = 2	2	1	0	0
CONTROLE DE L'ECLAIRAGE NATUREL	4	4	2	4	3	3	PL = 2 PER = 3	0	0	0	0
VENTILATION INTERIEURE	3	3	2	3	2	3	PL = 2 PER = 3	4	4 et 3	4	4
RAYONNEMENT DIFFUS ET REFLECHI	3	3	3	3	2 à 3	2	PL = 2 PER = 3	2	1	1	0
CONTROLE CONTRE L'INTRUSION	2	2	2	2	0	2	PL = 4 PER = 3	0	0	1 à 2	0
DURABILITE	2	2	2	2	1	2	PL = 4 PER = 3	3	3 à 4	3 à 4	3 à 4
COUT	$$$$	$$$$	$$	$$$	$	$$	$	$	$$	$$	$
FACILITE DE MANŒUVRE	Manuel : 2 Auto : 4	Manuel : 2 Auto : 4	Manuel : 3 Auto : 4	Manuel : 3 Auto : 4	Manuel : 3 Auto : 4	3 project : 3	3	X	X	X	X
RESISTANCE AU VENT	2	2	3	2	1	2	4	3	3	3	3
POSSIBILITE D'AUTOMATISME	4	4	4	4	4	0	0	X	X	X	X
APPLICATION LOGEMENT	1	1	4	4	2	4	4	4	4	0	3
SCOLAIRE	3	3	3	3	4	2	1	1	4	3	3
SPORTIF	3	3	3	1	1	0	0	1	4	3	3
BUREAUX	4	4	3	4	4	1	1	1	4	3	3
DIVERS	A EVITER par VENT très VIOLENT. FRAGILE et BRUYANT si trop légers					fragilité au vent	PL= PLEINS PER=PER-SIENNES		entretien régulier à assurer		à associer avec auvent horizontal

EFFICACITE : 0 nulle ; 1 faible ; 2 moyenne ; 3 bonne ; 4 très bonne - COÛT : de faible ($) à important ($$$$)

(Source: euroméditerranée, 2010)

7- Principes généraux de choix et de conception des protections solaires

7-1- Types de protections solaires selon les orientations

La figure ci-dessous permet de déterminer le type de protection solaire adapté en fonction de l'orientation. Par exemple, dans un bâtiment très ouvert au soleil sur la façade sud et à faible inertie, il est courant de surchauffer dès les premiers jours ensoleillés de janvier. Les protections mobiles complètent les protections horizontales fixes qui ne sont efficaces qu'en été.

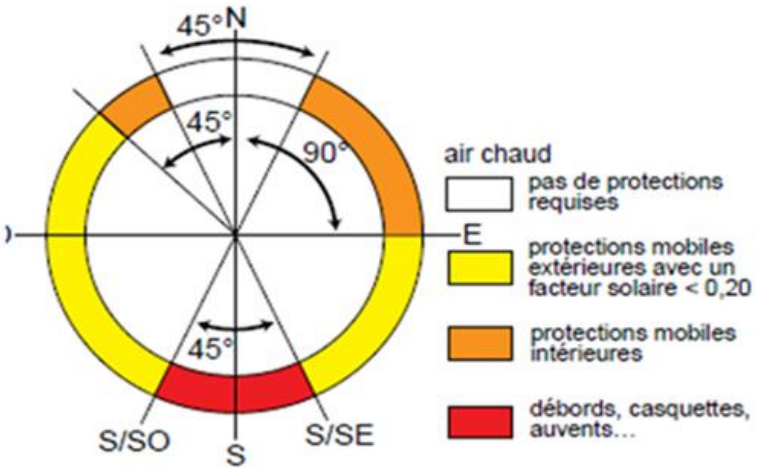


Figure 3.17 : Types de protections solaires selon les orientations (Alain Liébard and Herde, 2005)

Donc le choix de la protection solaire dépend spécifiquement de l'orientation de la façade (fenêtre) parce que chaque façade est en rapport avec une position solaire différente. La mise en place des protections solaires selon l'orientation du bâtiment permet de limiter les risques de surchauffes ou d'éblouissement. (De Herde and Liébard, 2005)

Du point de vue du gain solaire en été, les différentes orientations peuvent être caractérisées comme suit :

- Orientation Nord : Comme il est rarement exposé au soleil direct, il est nécessaire de traiter les éléments réfléchissants externes. Ce principe permet à la lumière de revenir vers le plafond et d'éviter l'éblouissement dû aux bais.
- Orientation Sud : Généralement c'est l'orientation la plus facile à traiter, car la hauteur du soleil est importante lorsque l'apport énergétique est important.
- Orientation Ouest : L'orientation la plus difficile. Le soleil brille sur la façade surchauffée en fin de journée aux heures chaudes. Le soleil est dans un plan perpendiculaire à la façade à une hauteur d'environ 30°.
- Orientation est : mêmes caractéristiques que l'orientation Ouest, mais avec moins de surchauffe pour la journée et beaucoup moins de problèmes. (euroméditerranée, 2010)

7-2- Conception des dispositifs de protection solaire

Lors du dimensionnement d'un système de protection solaire externe, vous pouvez facilement prédire la course du soleil à l'aide de diverses méthodes. Les laboratoires utilisent souvent des héliodons, mais ce type de méthode peut-être difficile d'accès pour de nombreux concepteurs. Les codes de calcul sont aujourd'hui extrêmement accessibles avec une très large gamme de complexité, de types et de prix. On peut utiliser un code de simulation 3D qui inclut un algorithme qui fournit la position annuelle du soleil à la plupart des latitudes pour visualiser les effets d'ombre portée des bâtiments à proximité et concevoir des systèmes de protection solaire.

Il existe 3 différents types de diagrammes manuels de course du soleil : le graphique équidistant, la projection orthographique et la projection stéréographique, la dernière étant la plus largement utilisée. Les ombres portées créées par projection stéréographique sont très utiles pour concevoir les systèmes de protection et visualiser leur impact en termes d'ombre portée.

Szokolay (1996), dans leur article intitulé « Solar Geometry », du PLEA NOTES, a beaucoup écrit sur la géométrie solaire et la conception des systèmes de protection, et il a identifié trois étapes de base à prendre en compte :

- Identifier les périodes pour lesquelles, une protection saisonnière et journalière est nécessaire, tout en considérant le type de bâtiment, sa masse thermique utile, et les gains internes.
- Calculer les performances requises pour le système de protection solaire en définissant les angles horizontaux et verticaux de protection.
- Dimensionner le système pour répondre aux performances attendues.

Une fois que les performances souhaitées sont définies, le concepteur peut choisir parmi une grande variété de systèmes. Comme la géométrie solaire ne varie pas, les performances de chacun demeurent inchangées bien que les systèmes varient en taille et en forme. Ainsi, une grande gamme de systèmes fonctionnera de manière identique dans les mêmes conditions d'utilisation, laissant au concepteur une grande liberté de choix. (TAREB, 2004)

Conclusion

Pour éviter les taux élevés de consommation énergétique dans le bâtiment il est important de minimiser les apports solaires, et grâce au développement technologique et l'apparition de nouvelles techniques, le monde a connu l'émergence des protections solaires avec ses différents types et formes qui sont considérés comme des éléments indispensables pour la protection contre les rayons solaires intenses dans le bâtiment.

À travers la recherche bibliographique et la lecture approfondie sur les protections solaires, on trouve que les brise-soleil fixes sont moins efficaces par rapport aux autres dynamiques à cause de son degré limité de performance, elles n'offrent pas une protection optimale des espaces intérieurs durant toute l'année (les rayons solaires sont favorables en hivers et défavorables en été).

Les brise-soleil dynamiques font partie des nouvelles technologies comparativement aux brise-soleil fixes. Ils participent à l'augmentation de confort d'environnement intérieur et des occupants, et s'adaptent à conditions environnementales extérieures en fonction de la trajectoire du soleil dont ils s'adaptent aux rayonnements solaires directs.

CHAPITRE 4 :

Présentation du cas d'étude

Chapitre 4 **: Présentation du cas d'étude**

« *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.

Introduction

Ce chapitre est consacré à la présentation de la partie opérationnelle de notre étude. Des données liées au cas d'étude ainsi que le modèle étudié sont exposées. Ainsi, les données géographiques et climatiques concernant la zone d'étude : la zone côtière algérienne et la ville de Jijel sont dénudées. L'échantillon d'étude concerne une boutique intégrée dans le projet d'un centre multifonctionnel que nous avons choisi comme projet de fin d'études, situé à l'entrée est de la ville de Jijel.

1- Présentation de la zone d'étude ; la zone côtière

Notre cas d'étude est porté sur l'entrée est de la ville de Jijel, classé dans la région côtière algérienne.

1-1- Le profil géographique

La région côtière algérienne s'étend le long d'un littoral de 1641,32 km, comprenant 14 États côtiers. Elle fait partie du contexte méditerranéen dont la caractéristique principale et dominante de cette région est l'existence de trois éléments : la mer, les cotes, les forêts et montagnes. (www.me.gov.dz)

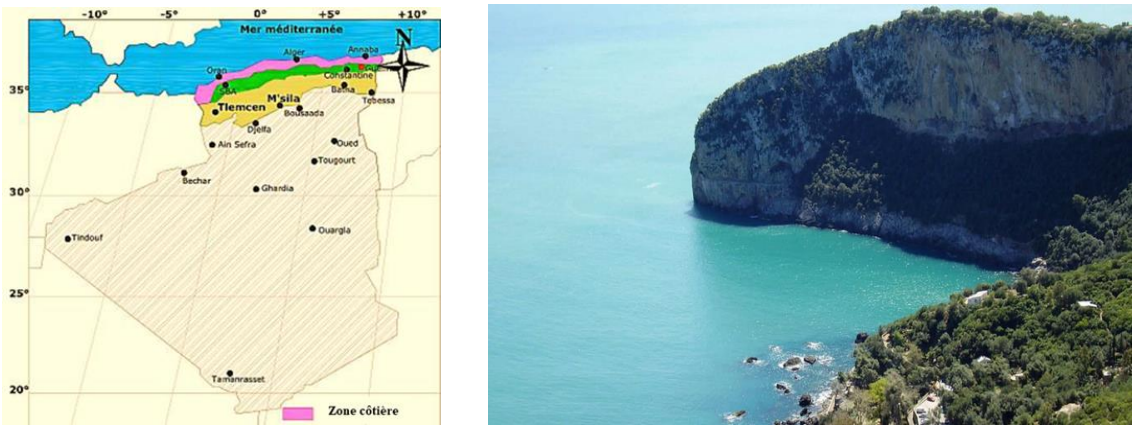


Figure 4.1 : Cote algérienne (mae.gov.dz)

1-2- Le profil climatique

Le climat est un élément important dans l'étude du milieu, il est à la base de la distribution des végétaux et des animaux. C'est un facteur clé de valorisation des milieux naturels, ce qui

nécessite une investigation analytique de ses composantes. (Lehtihet, 2018)

Le climat de notre zone d'étude n'échappe pas au type méditerranéen, défini par les caractéristiques résumées dans le tableau suivant :

Tableau 4.1 : caractéristiques climatiques de la zone côtière d'Algérie

Localisation	Latitude : entre la limite supérieure de 35°N à l'ouest à 37°25N à l'est La limite inférieure de 35°15 à l'ouest à 37° 35 à l'est,
Variations saisonnières	spectre climatique varié de chauds étés avec soleil abondants et peu de pluies et des hivers modérés,
Températures	20 à 25 °C,
Précipitations	assez pluvieux de 500 mm,
Humidité	peu élevée,
Vents	modérés, nord à nord ouest en hiver.

(Source: Mazouz, 2004)

2- présentation de la ville de Jijel

2-1- Les données géographiques

Située au nord-est du pays et distante d'environ 359 km de la capitale Alger, 96 km de Bejaia et 146 km de Constantine, la ville de Jijel couvre une superficie de 2398 km² et comprise entre les méridiens 5° 25 et 6°30 est de Greenwich et entre les parallèles 36°10 et 36°50 hémisphère nord, avec une altitude de 08m.

La wilaya est limitée au nord par la mer méditerranée, au sud par Mila, au sud-est par Constantine et au sud-ouest par Sétif. Skikda délimite la partie est tandis que Bejaia borde la partie ouest. (Lehtihet, 2018)

Figure 4.2 : Situation de Jijel, (Direction du tourisme de la wilaya de Jijel)

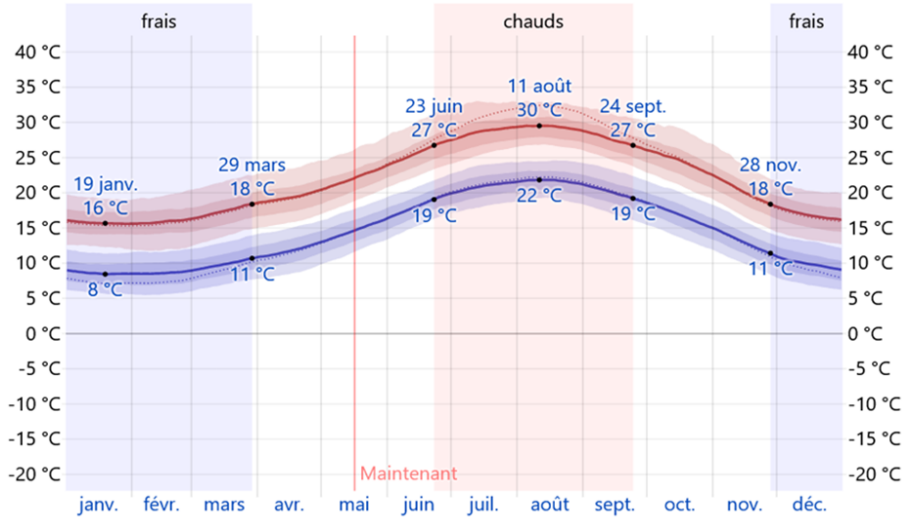
2-2- Les données climatiques

À Jijel, les étés sont chaud, lourd, sec et dégagé dans l'ensemble et les hivers sont long, frais, précipitation, venteux et partiellement nuageux. Au cours de l'année, la température varie généralement de 8 °C à 30 °C et est rarement inférieure à 5 °C ou supérieure à 33 °C. (weatherspark)

2-2-1- La température

La saison très chaude dure 3,0 mois, du 23 juin au 24 septembre, avec une température quotidienne moyenne maximale supérieure à 27 °C. Le mois le plus chaud de l'année à Jijel est août, avec une température moyenne maximale de 29 °C et minimale de 22 °C.

La saison fraîche dure 4,0 mois, du 28 novembre au 29 mars, avec une température quotidienne moyenne maximale inférieure à 18 °C. Le mois le plus froid de l'année à Jijel est janvier, avec une température moyenne minimale de 9 °C et maximale de 16 °C. (weatherspark)



Moyenne	janv.	févr.	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.
Haute	16 °C	16 °C	17 °C	19 °C	22 °C	26 °C	29 °C	29 °C	27 °C	24 °C	20 °C	17 °C
Temp.	12 °C	12 °C	14 °C	16 °C	19 °C	22 °C	25 °C	26 °C	24 °C	21 °C	16 °C	13 °C
Basse	9 °C	9 °C	10 °C	12 °C	15 °C	18 °C	21 °C	22 °C	20 °C	17 °C	13 °C	10 °C

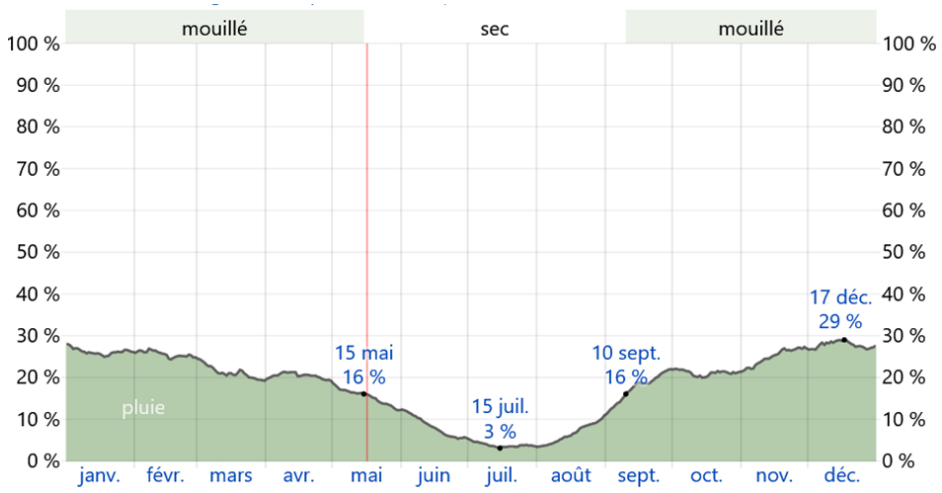
Figure 4.3 : Température moyenne maximale et minimale à Jijel (weatherspark)

2-2-2- La précipitation

La saison connaissant le plus de précipitation dure 8,2 mois, du 10 septembre au 15 mai. Au contre la saison la plus sèche dure 3,8 mois, du 15 mai au 10 septembre.

Le mois ayant le plus grand nombre de jours de précipitation à Jijel est décembre, avec une moyenne de 8,6 jours. Et le moins ayant le moins de jours de précipitation est juillet, avec une moyenne de 1,2 jour ayant au moins 1 millimètre de précipitation.

Pour les jours de précipitation, nous distinguons les jours avec pluie seulement, neige seulement ou un mélange des deux. En fonction de ce classement, la forme de précipitation la plus courante au cours de l'année est de la pluie seulement, avec une probabilité culminant à 29 % le 17 décembre. (weatherspark)

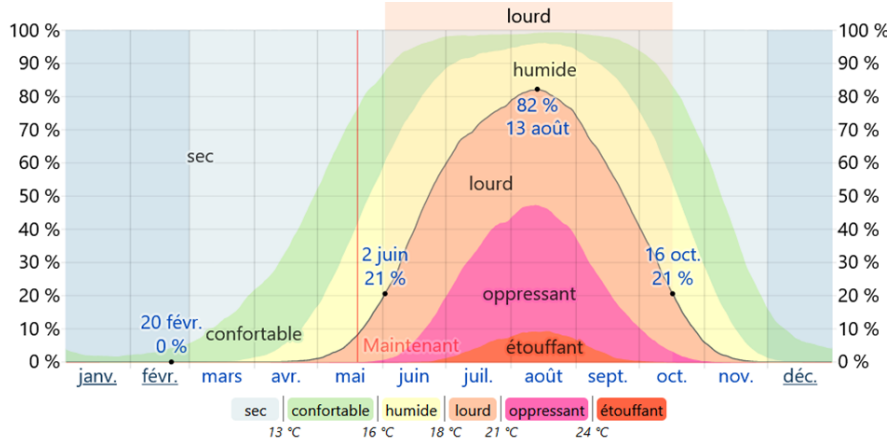


Jours de	janv.	févr.	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.
Pluie	8,1j	7,2j	6,5j	6,1j	4,7j	2,4j	1,2j	2,1j	5,4j	6,5j	7,5j	8,6j

Figure 4.4 : Probabilité de précipitation quotidienne à Jijel (weatherspark)

2-2-3- L'humidité

La période la plus lourde de l'année dure 4,5 mois, du 2 juin au 16 octobre, avec une sensation de lourdeur, oppressante ou étouffante au moins 21 % du temps. Le mois ayant le plus grand nombre de jours lourds à Jijel est août, avec 24,7 jours lourds ou plus accablants, et le mois ayant le moins de jours lourds à Jijel est février, avec 0,0 jour lourd ou plus accablant.(weatherspark)



	janv.	févr.	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.
Temps lourd	0,0j	0,0j	0,0j	0,1j	2,5j	12,3j	22,1j	24,7j	17,2j	6,4j	0,4j	0,0j

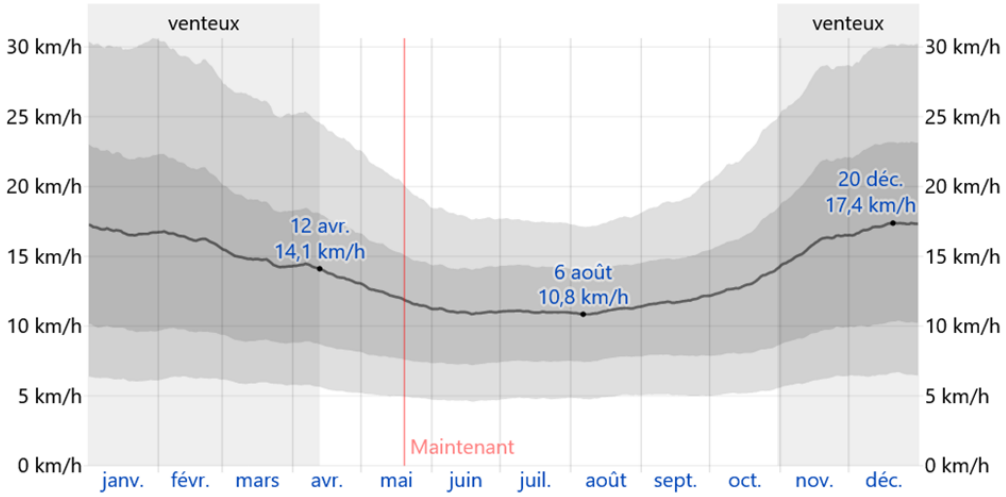
Figure 4.5 : Niveaux de confort selon l'humidité à Jijel (weatherspark)

2-2-4- Les vents

La vitesse horaire moyenne du vent à Jijel connaît une variation saisonnière considérable au la période la plus venteuse de l'année dure 5,4 mois, du 30 octobre au 12

avril, avec des vitesses de vent moyennes supérieures à 14,1 km/h. Le mois le plus venteux de l'année à Jijel est décembre, avec une vitesse horaire moyenne du vent de 17,1 km/h.

La période la plus calme de l'année dure 6,5 mois, du 12 avril au 30 octobre. Le mois le plus calme de l'année à Jijel est juillet, avec une vitesse horaire moyenne du vent de 11,0 km/h.



	janv.	févr.	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.
Vitesse du vent (kph)	16.8	16.3	14.7	13.8	12.0	11.0	11.0	11.1	11.8	13.1	15.8	17.1

Figure 4.6 : Vitesse moyenne du vent à Jijel (weatherspark)

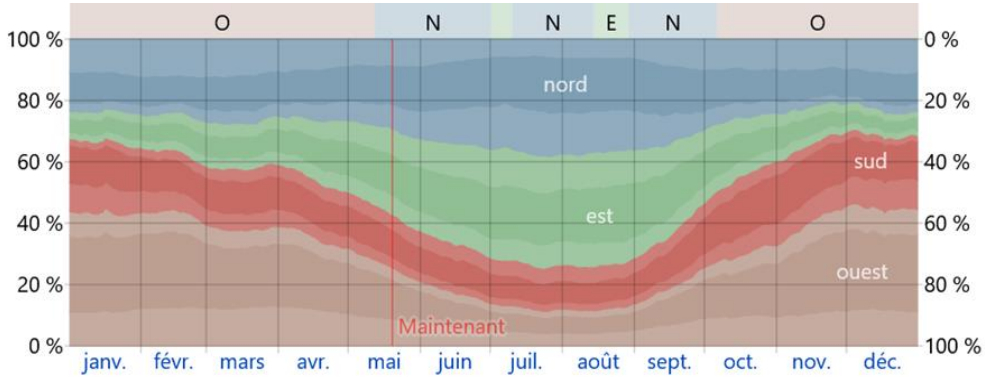


Figure 4.7 : Direction du vent à Jijel (weatherspark)

2-2-5- Le rayonnement solaire

Consiste au rayonnement solaire incident en ondes court quotidien total atteignant la surface du sol sur une zone étendue, en tenant pleinement compte des variations saisonnières sur la longueur du jour, de la hauteur du Soleil au-dessus de l'horizon, de l'absorption par les nuages et d'autres composantes atmosphériques. Le rayonnement en ondes courtes inclut la lumière visible et le rayonnement ultraviolet. (Weatherspark)

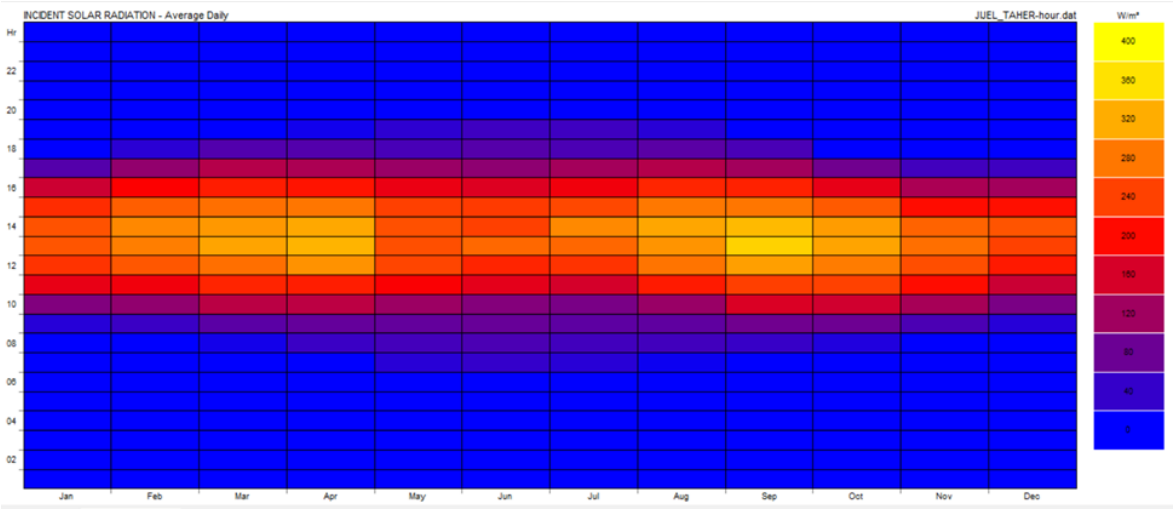
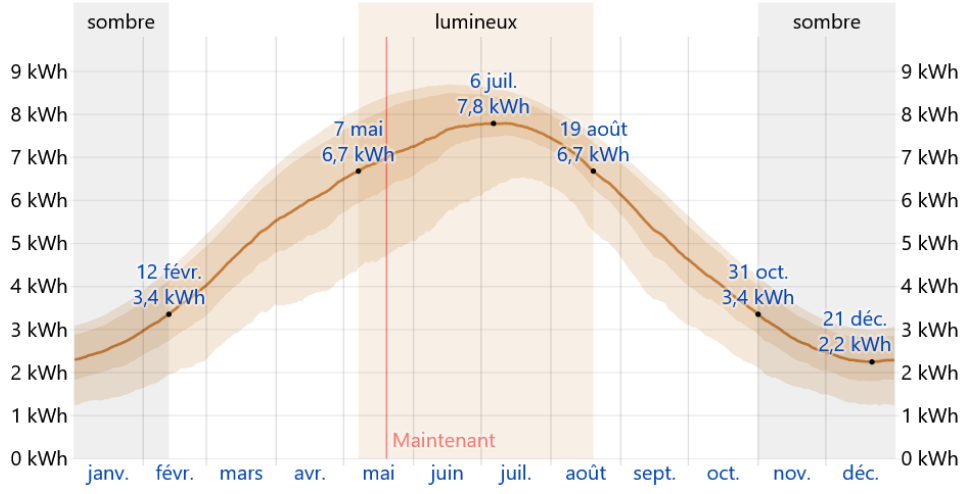


Figure 4.8 : Rayonnement solaire incident à Jijel en W/m², (Ecotect)

La période la plus lumineuse de l'année dure 3,4 mois, du 7 mai au 19 août, avec un rayonnement solaire incident en ondes courtes par mètre carré supérieur à 6,7 kWh. Le mois de l'année le plus lumineux à Jijel est juillet, avec une moyenne de 7,7 kWh.

La période la plus sombre de l'année dure 3,4 mois, du 31 octobre au 12 février, avec un rayonnement solaire incident en ondes courtes par mètre carré inférieur à 3,4 kWh. Le mois de l'année le plus sombre à Jijel et décembre, avec une moyenne de 2,3 kWh (weatherspark)



	janv.	févr.	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.
Énergie solaire (kWh)	2.6	3.5	4.9	6.0	6.9	7.6	7.7	6.8	5.3	3.9	2.8	2.3

Figure 4.9 : Rayonnement incident en ondes courtes quotidiennes moyennes à Jijel (weatherspark)

3- Présentation de l'échantillon d'étude

Nous avons choisi comme objet de simulation de départ dans cette recherche, notre projet de fin d'études, un centre multifonctionnel à l'entrée est de la ville de Jijel (figure 4.10). Avec ces caractéristiques générales, nous avons imaginé comme objet de simulation une boutique au 2^{e} étage dont la surface est de 50 m². Le plan d'étage qui porte la pièce adoptée pour la simulation est donné sur la figure 4.11

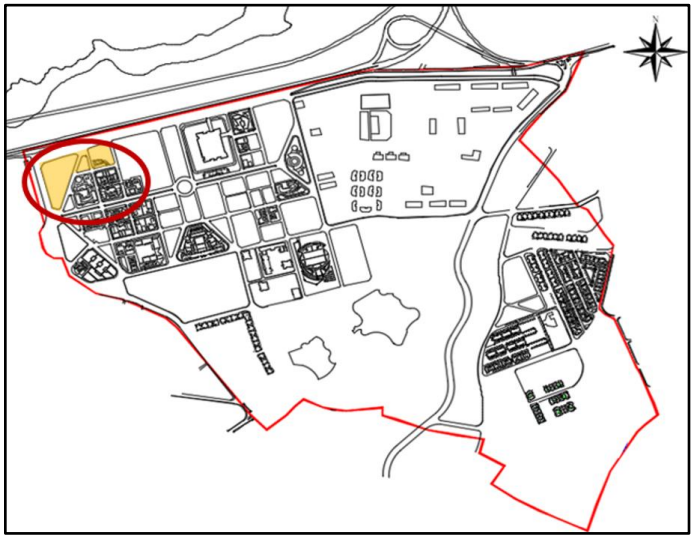


Figure 4.10 : Situation de l'objet d'étude

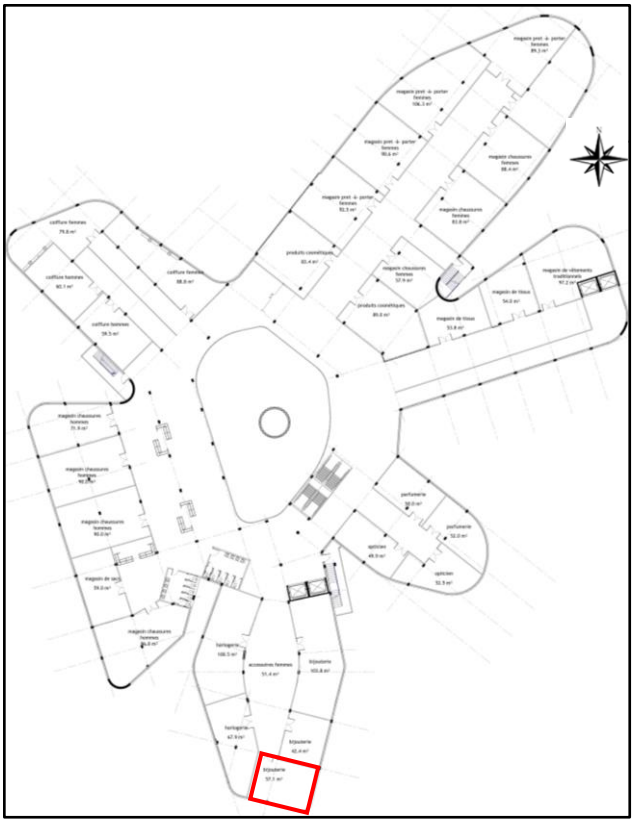


Figure 4.11 : Plan de 2e étage portant la pièce étudiée

Conclusion

La présentation des données caractérisant la zone d'étude ; la zone côtière algérienne dans laquelle la ville de Jijel est inscrite forme une base qui permet l'élaboration vraisemblable de la présente étude. Ces caractéristiques portent sur la localisation géographique et météorologique. Par conséquent, l'évaluation de la performance énergétique optimale pour le centre multifonctionnel objet de notre projet de fin d'études devient possible.

CHAPITRE 5 :

Méthodes et outils d’investigation

Chapitre 5 **: Méthodes et outils d'investigation**

Introduction

Dans ce chapitre nous présentons le logiciel utilisé dans la partie opérationnelle pour atteindre nos objectifs de recherche. En premier lieu, nous présentons notre outil de recherche qui est la simulation numérique et la justification de notre choix de logiciel. Ensuite, en exposant le logiciel de simulation REVIT dont la version est « REVIT 2021 », et son plug-in « Insight analysis » comme un outil d'analyse énergétique en ligne basée sur le « Cloud ».

À la fin de ce chapitre, il sera possible de connaitre ces derniers et de comprendre le processus d'utilisation de ce logiciel qui rend possible une prévision de comportement énergétique des trois alternatives de conception comprennent notre modèle de brise-soleil dynamique que nous décrivons sous forme de trois scénarios, avec les conditions externes auxquelles ils seront soumis comme les dates, la période de l'étude et l'orientation de projet.

1- L'outil d'investigation (la simulation numérique)

Selon **(CHATELET et al., 1998b), «** *Pour l'architecte, la simulation doit permettre de valider rapidement des options fondamentales (implantation, structure, ouverture…), d'explorer et de commencer à optimiser certains choix* **».**

Elle représente l'un des outils qui s'agit de simuler un phénomène ou bien un système pour étudier son fonctionnement et de prédire leur impact. La simulation numérique donne la possibilité de comparer plusieurs variantes entre elles, la chose qui nous permet de maitriser notre étude d'une manière optimale, de comparer les résultats et les mesures de logiciel in situ ainsi que gagner beaucoup de temps. Ce dernier fournit une grande flexibilité pour les modifications relatives aux données du projet telles que la période et la date de simulation. C'est pourquoi la simulation par logiciel est l'outil le plus efficace pour notre travail de recherche.

2- Justification du choix du logiciel de simulation

Les logiciels de simulation informatique ont connu et surtout celles les spécialistes à faire des analyses des différentes énergies dans les bâtiments. Ils connaissent une évolution révolutionnaire et très rapide, et grâce à la nouvelle technologie BIM qui nous permet de simuler l'impact de différentes conditions climatiques sur la consommation énergétique dans un projet localisé. Cela donne la possibilité de la bonne gestion de paramètres de conception.

Nous avons opté pour le choix du logiciel REVIT 2021, grâce à son adéquation avec notre méthodologie de recherche : il appartient au groupe Autodesk, ce qui facilite la

collaboration avec les différents logiciels, formats de fichiers et les outils en ligne, tel que l'outil de l'analyse «Insight » dont il est basé sur le «Cloud » dans la collection AEC (architecture- engineering – construction) qui nous aide à améliorer les performances énergétiques et environnementales tout au long du cycle de vie des bâtiments.

3- Présentation du logiciel de simulation « Revit »

C'est un logiciel d'architecture et de conception de bâtiments qui utilise la technologie de BIM (la modélisation des informations du bâtiment). Il permet aux architectes et aux ingénieurs de créer des bâtiments et des infrastructures de haute qualité. Il permet aussi de l'amélioration de l'efficacité et la précision tout au long de cycle de vie du projet depuis la phase conceptuelle, à la visualisation et à l'analyse, jusqu'à la construction du projet. Revit permet de :

- Faire la modélisation en 3d des formes, des structures et des systèmes avec une facilité et une précision remarquable.
- Mettre à jour automatiquement grâce à des révisions instantanées les plans des étages, les élévations, les coupes au fur et à mesure que le modèle se développe.
- Pour une meilleure concentration sur les taches à plus forte valeur ajoutée, revit peut gérer les taches de routines répétitives à l'aide de l'automatisation.

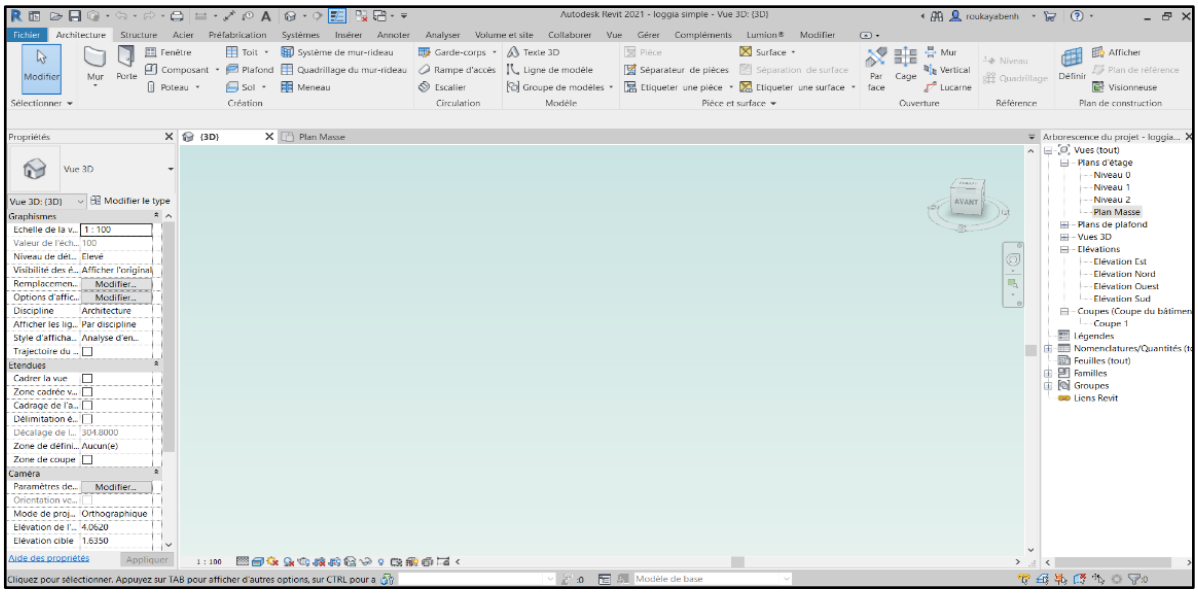


Figure 5.1 : L'interface de revit, version 2021.

Ce qui distingue vraiment revit, son interface conviviale qui est totalement intégrée avec un large éventail d'analyse des performances et des fonctions telles que l'outil de l'analyse en ligne « Insight », qui nous permet de quantifier et visualiser les charges de chauffage et de refroidissement, de réaliser des études d'ensoleillement et d'ombrage afin de voir avec exactitude comment les conditions climatiques influent le projet. Il facilite également la

simulation de l'éclairage de jour et l'éblouissement ainsi que lancer l'analyse de la performance des systèmes photovoltaïques dans les environnements de conception.

4- Les démarches de la simulation par Revit

La 1re partie ;

1- Le dessin du projet d'étude

Après de déterminer les unités (système métrique), dessiner le projet d'étude en utilisant les trois commandes « mur », « sol » et «fenêtre » depuis le ruban « architecture ». Pour simuler les brise-soleil, on utilise la commande « composant » depuis le ruban « architecture » et la commande « volume in situ » depuis le ruban « volume et site ».

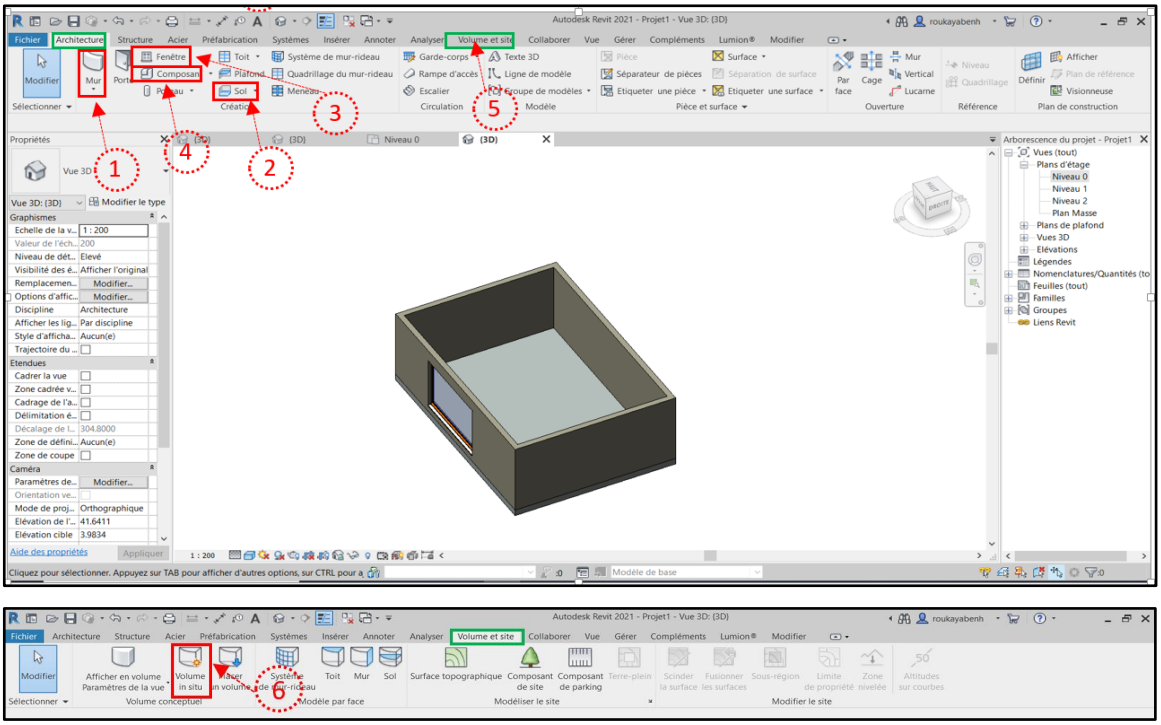


Figure 5.2 : Les commandes utilisées pour dessiner le projet étudié.

2- L'activation de l'ombre et la trajectoire du soleil

Activer l'ombre depuis le style visuel (7), cela nous aide à visualiser l'impact de la lumière naturelle et des ombres sur l'extérieur et l'intérieur de projet. Activer aussi la trajectoire du soleil (8), elle s'affiche dans l'environnement du projet et nous permet de placer le soleil dans n'importe quel point dans l'intervalle de la course du soleil, entre le lever et le coucher du soleil (figure 5.4), et pendant toute l'année (figure 5.5).

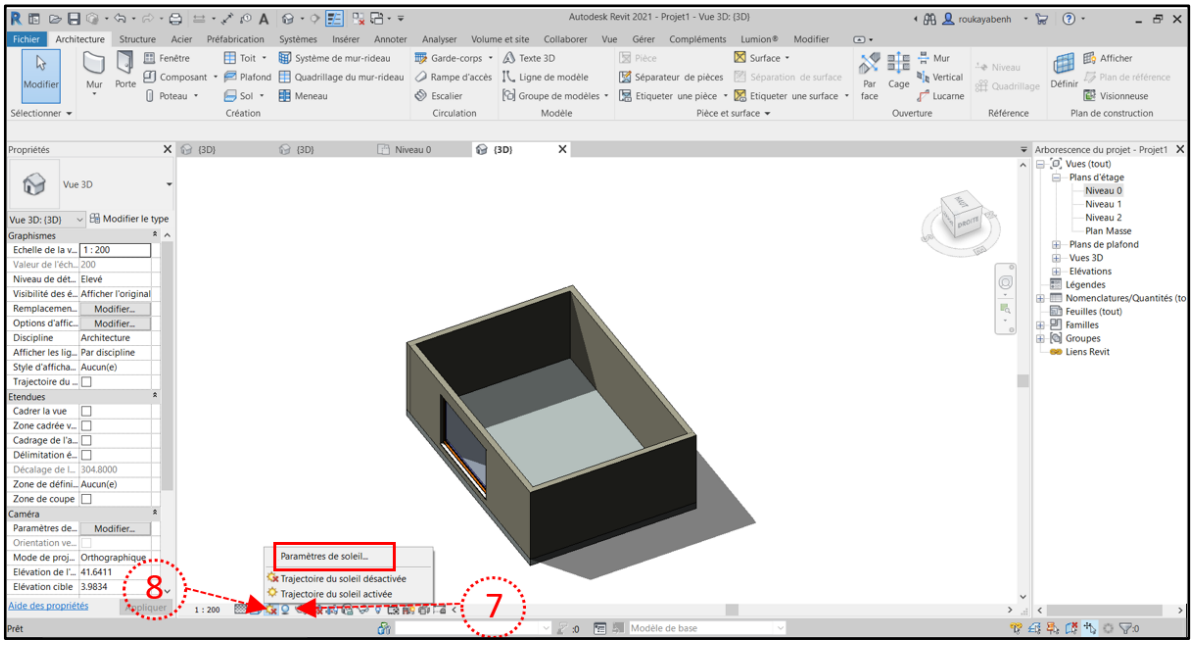


Figure 5.3 : L'activation de l'ombre et la trajectoire solaire.

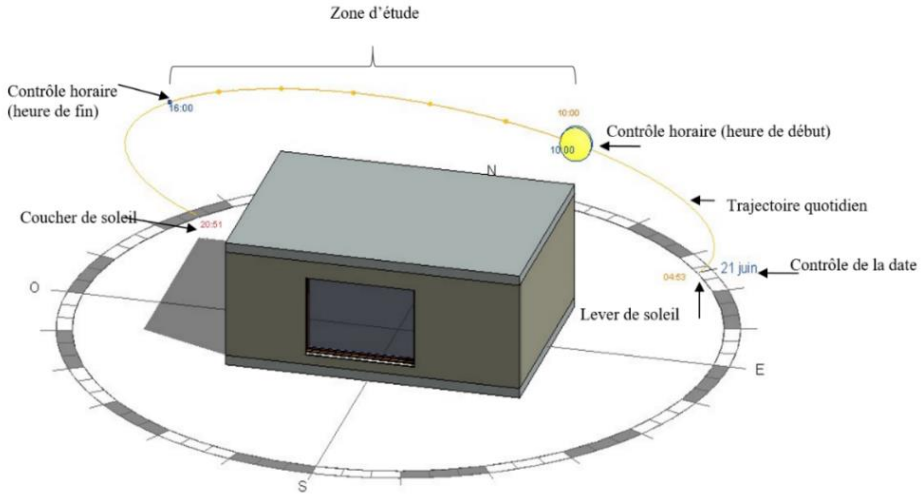


Figure 5.4 : Représentation de trajectoire du soleil mode un jour.

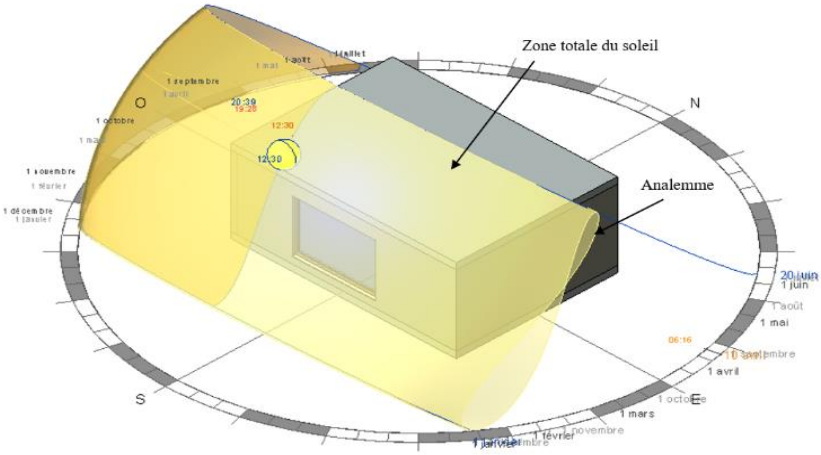


Figure 5.5 : Représentation de trajectoire du soleil mode toujours avec le soleil sélectionné.

3- Configuration des paramètres de soleil

Afin de profiter complètement de capacité des études d'ensoleillement, on affiche la trajectoire du soleil, puis on ouvre le menu contextuel pour accéder à la boite de dialogue « paramètres du soleil ».

L'utilisation commune de ces deux derniers nous permet de bénéficier à la fois des commandes interactives visuelles de la trajectoire du soleil, le type de l'étude (9), des valeurs prédéfinies de la boite de dialogue (10) et des paramètres partagés tels que l'emplacement du projet (11), la date de l'étude et les heures de début et le la fin d'études (12) et (13).

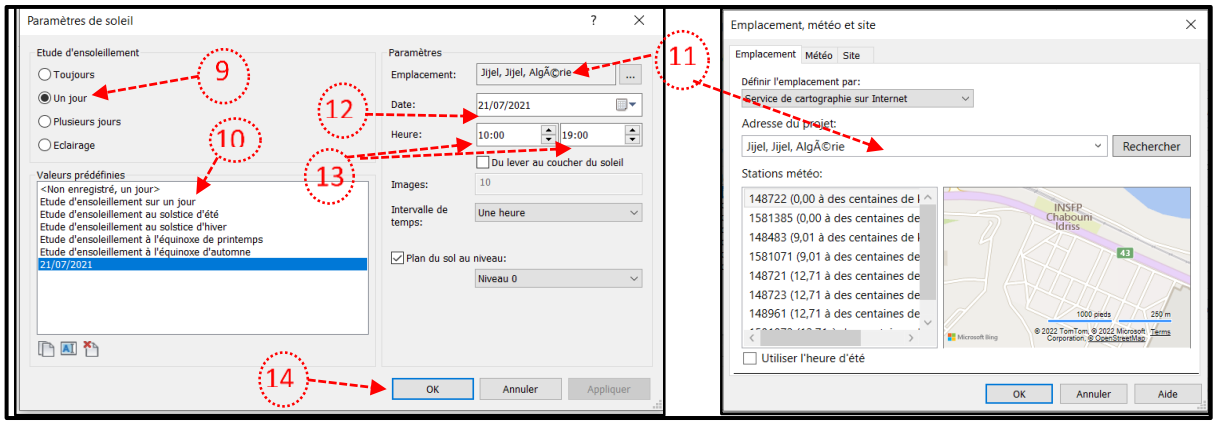


Figure 5.6 : Configuration des « paramètres du soleil ».

4- La prévisualisation de l'étude d'ensoleillement

Après de déterminer la date et les heures précises de l'étude, activer la prévisualisation de l'étude (15), cela permet de présenter l'ombre projetée pour chaque heure de la journée (16).

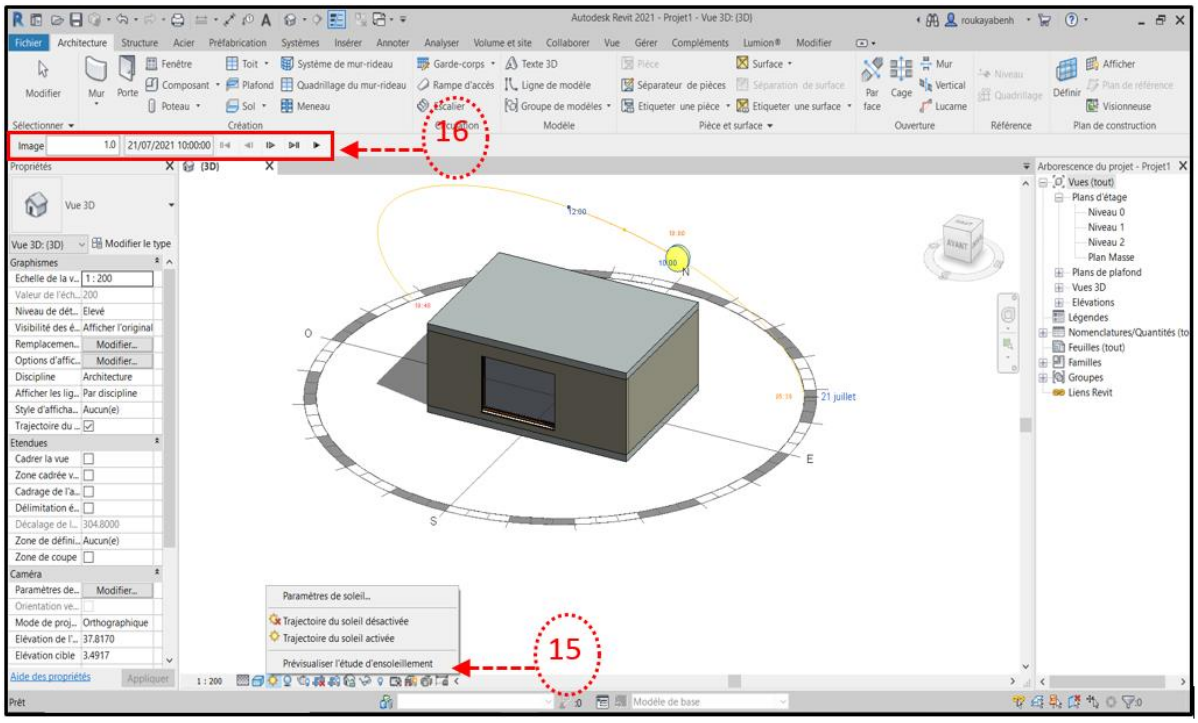


Figure 5.7 : La prévisualisation de l'étude de l'ensoleillement.

On peut enregistrer la prévisualisation sous forme d'une courte vidéo suivant les étapes représentées dans les figures ci-dessous de (16) jusqu'à (26). L'étape (27) montre que la vidéo enregistrée contient la date, les heurs de l'étude de l'ensoleillement et le nombre des images.

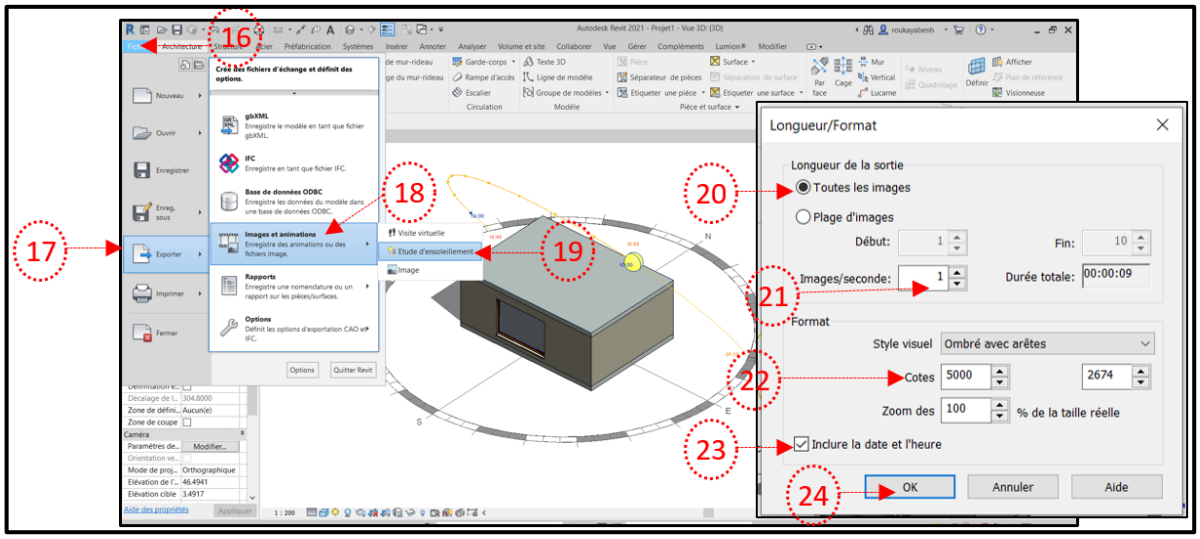


Figure 5.8 : La configuration relative à l'enregistrement de la vidéo.

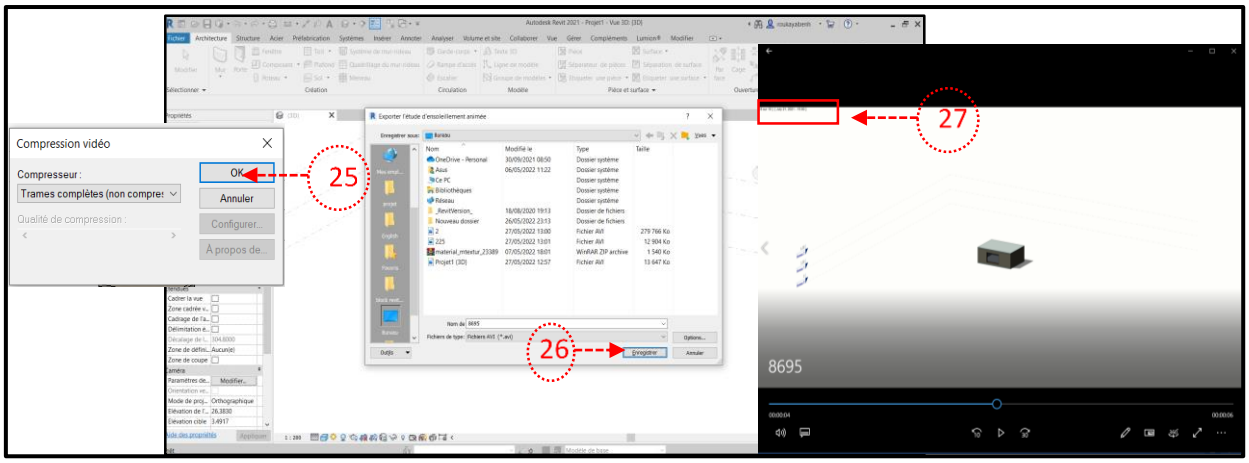


Figure 5.9 : La configuration relative à l'enregistrement de la vidéo (suite).

La 2e partie ; analyse d'ensoleillement

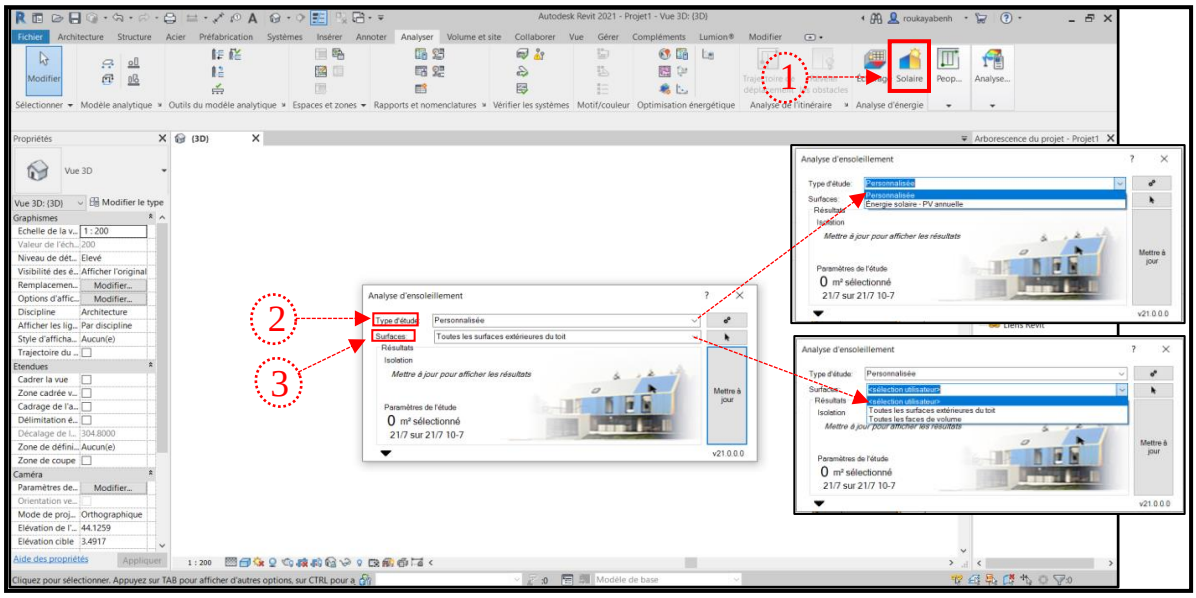
Pour la 2e partie, nous pouvons faire une analyse d'énergie solaire à travers le plug-in « Insight Solar Analysis » avec revit qui présente des résultats d'analyse en contexte afin de nous aider à suivre le potentiel d'énergie solaire de notre modèle.

L'analyse solaire use des surfaces sur le modèle. Ces derniers peuvent être créés à partir des éléments architecturaux standard (tels que les murs et les sols… etc.) ou des masses conceptuelles. Les types d'éléments géométriques détaillés ne sont pas pris en charge, ce qui inclut de nombreux types de famille (comme les modèles génériques), les composants, les objets groupés…etc. Les résultats pour ces types de géométrie donneront fréquemment des résultats inexacts proches de zéro.

Les propriétés des matériaux ne sont pas supposées dans l'analyse solaire. Les surfaces sont considérées soit complètement opaques ou complètement transparentes, telles que les murs rideaux ou les vitrages par exemple. Principalement, les effets du coefficient de gain de chaleur solaire ne seront pas représentés dans les résultats**.**

Le ruban Analyser nous permet d'étudier l'ensoleillement à travers la commande « Solaire » dans le ruban « analyse d'énergie », en suivant les étapes ci-dessous :

1. Identifier le type d'étude « en Personnalisée » et les types des Surfaces étudiées « en sélection utilisateur ».



2. Déterminer les surfaces à étudier.

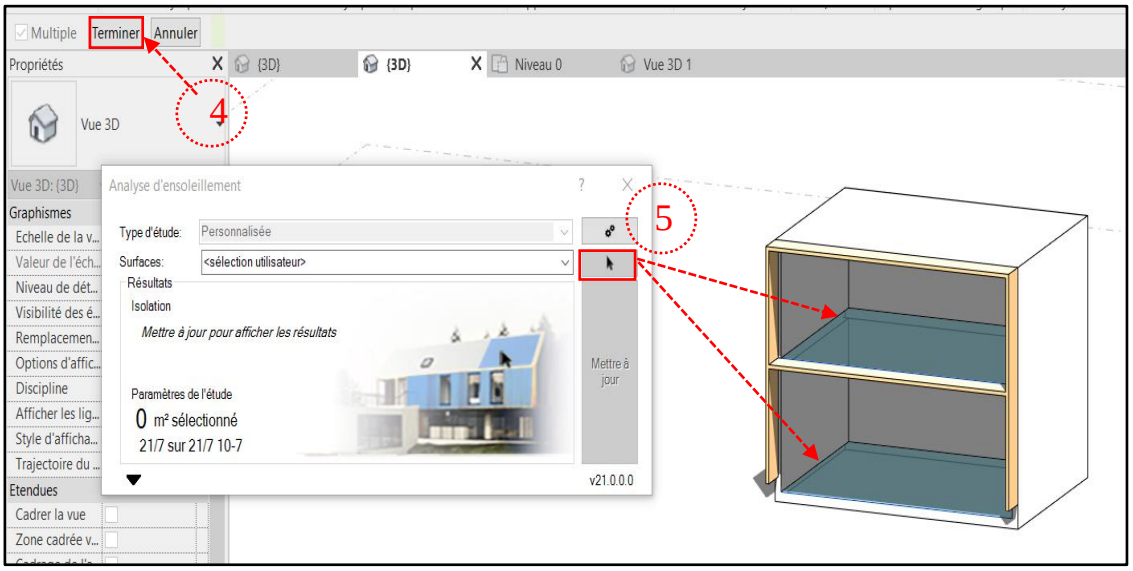


Figure 5.11 : La sélection des surfaces étudiées.

3. Configurer les paramètres de résultats en choisissant le type « Isolation cumulée », l'unité en « Wh/m² » et le style « Analyse d'ensoleillement par défaut ».

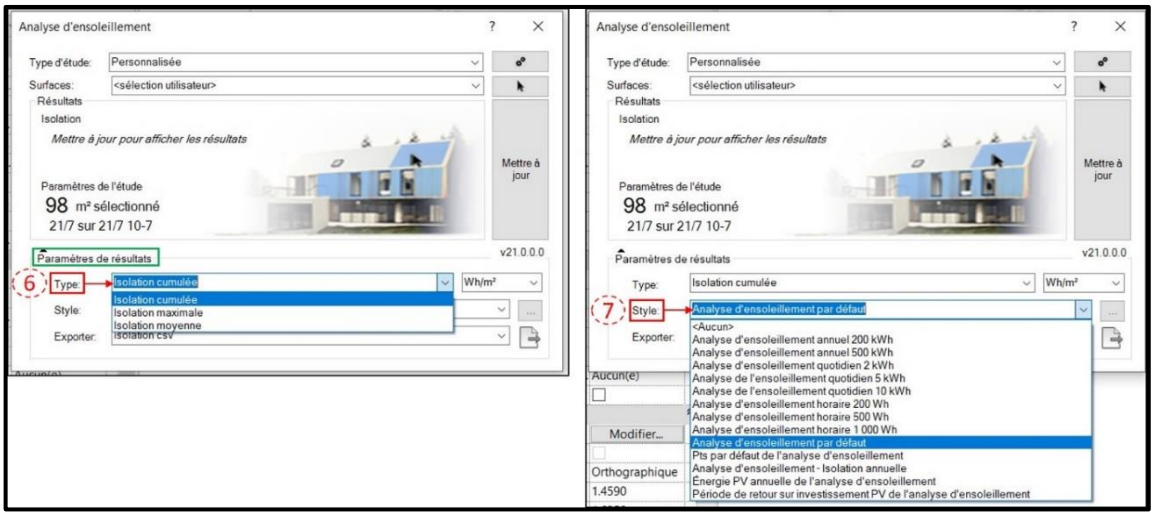


Figure 5.12 : Configuration relative aux paramètres de résultats.

4. Ouvrir la fenêtre des styles d'affichage de l'analyse (paramètres, couleur et légende) à partir des 3 points qui se trouvent à côté de « style ».

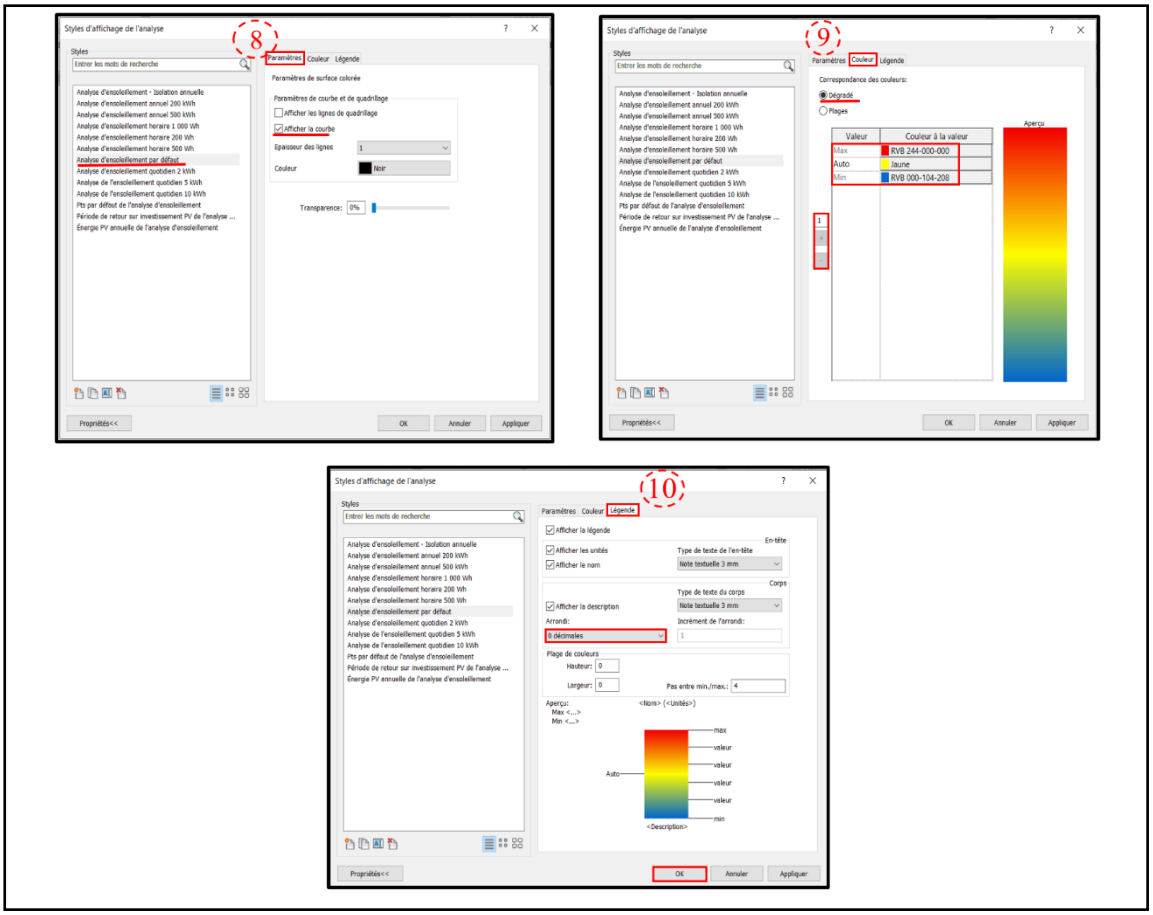


Figure 5.13 : Configuration relative aux styles d'affichage de l'analyse.

5. Mettre à jour les résultats de l'analyse.

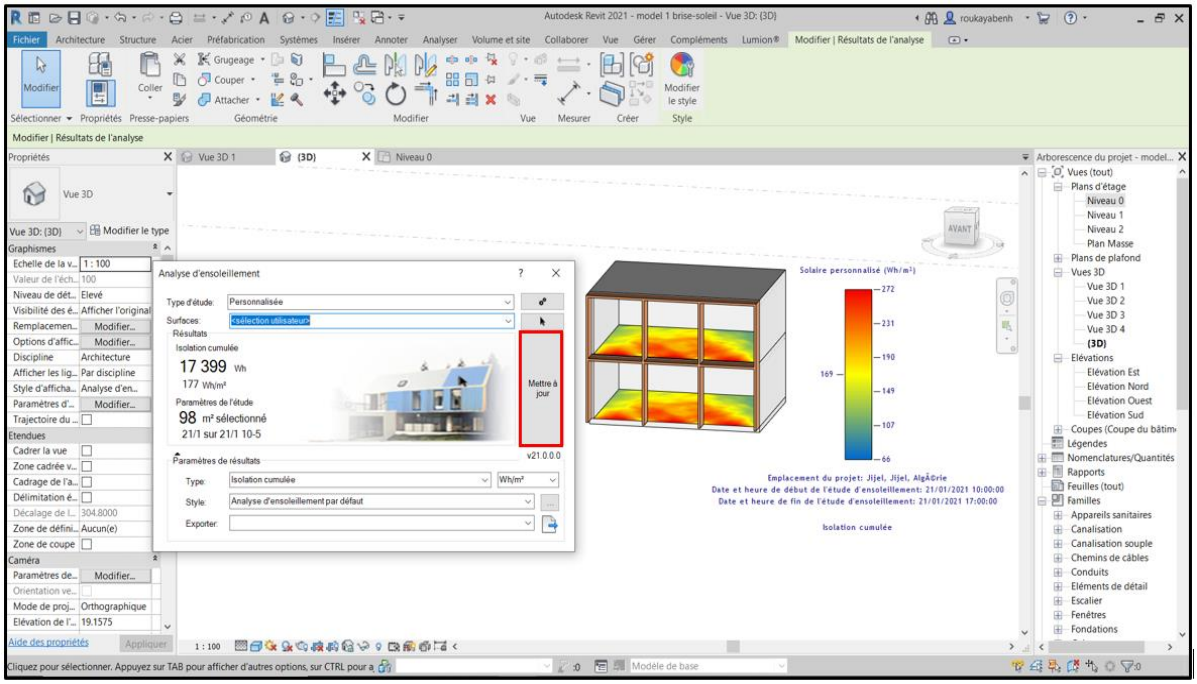


Figure 5.14 : Configuration relative au résultat final de l'analyse.

5- Les conditions de la simulation

La simulation est réalisée pour une boutique au niveau d'un centre multifonctionnel (notre projet de fin d'études) à l'entrée est de la ville de Jijel, orienté totalement vers le sud avec les coordonnées (36°80 N et 5°78E).

On a choisi deux différentes dates pour cette étude, on a d'abord le 21 juillet 2021 qui est la journée la plus chaude à Jijel durant l'année mentionnée, et puis on a le 21 janvier 2021 qui est la journée la plus froide selon les données climatiques de la ville. Le choix de ces deux dates est ou les conditions externes sont dans ses valeurs extrêmes.

6- Les divers scénarios

6-1- Scénario 1 ; brise-soleil fixe simple (horizontaux + verticaux) sous forme d'une loggia

Pour le 1er scénario, nous avons proposé un modèle des brise-soleil sous forme de loggia, qui est le résultat de rassemblement d'un dispositif horizontal perpendiculairement à deux autres dispositifs verticaux. On a choisi ce modèle afin de combiner les avantages de deux différents types des protections fixes, les brise-soleil horizontaux et les brise-soleil verticaux.

Ce modèle est présenté comme ce suit :

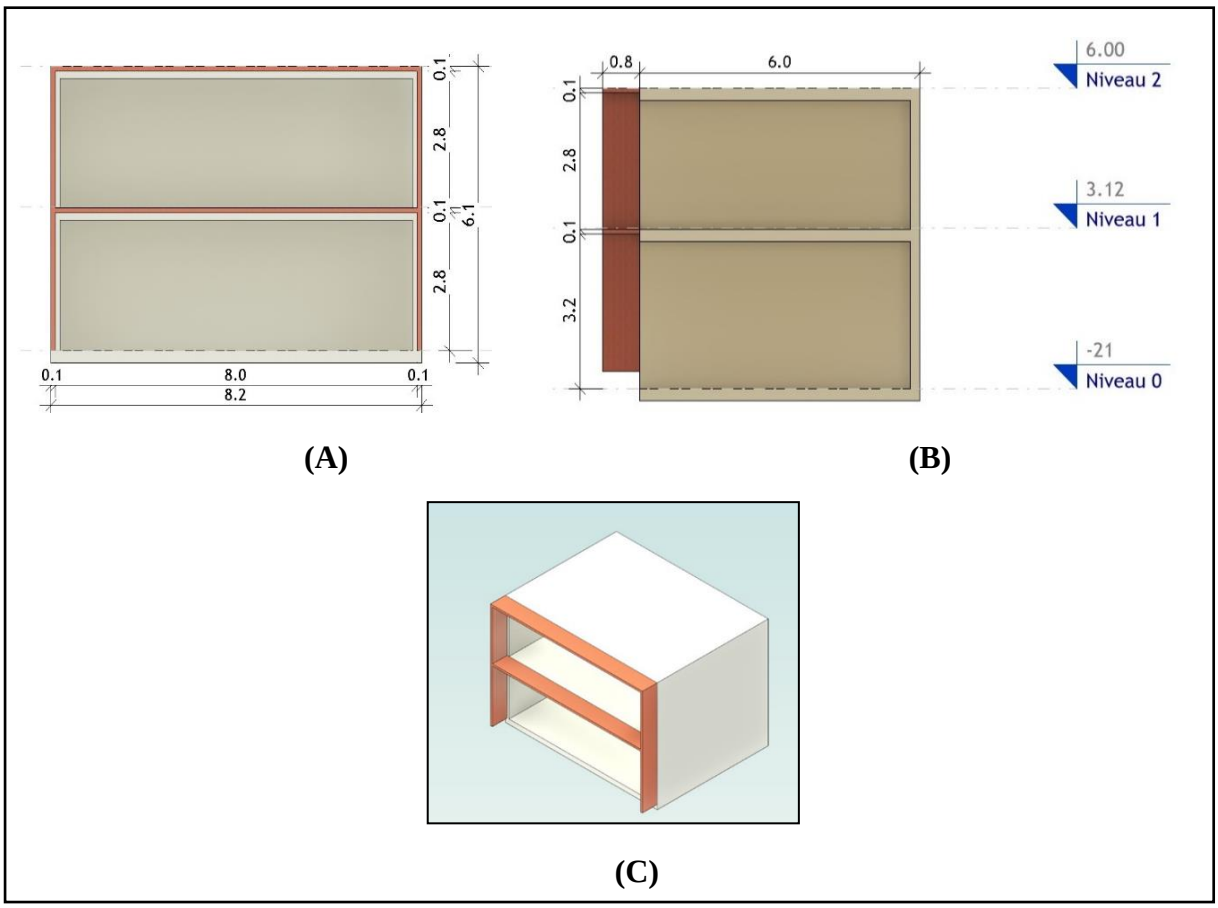


Figure 5.15 : Façade (A) et coupe (B) et vue perspective (C) du 1er modèle.

6-2- Scénario 2 ; brise-soleil fixe combiné (horizontaux + verticaux)

Pour le 2e scénario, nous avons proposé un modèle des brise-soleil combinés, composé d'un ensemble des dispositifs horizontaux et d'autres, verticaux. On a choisi ce modèle afin d'avoir à quelle mesure l'efficacité des brise-soleil fixes s'augmente si on multiple le nombre des dispositifs.

Ce modèle est présenté comme ce suit :

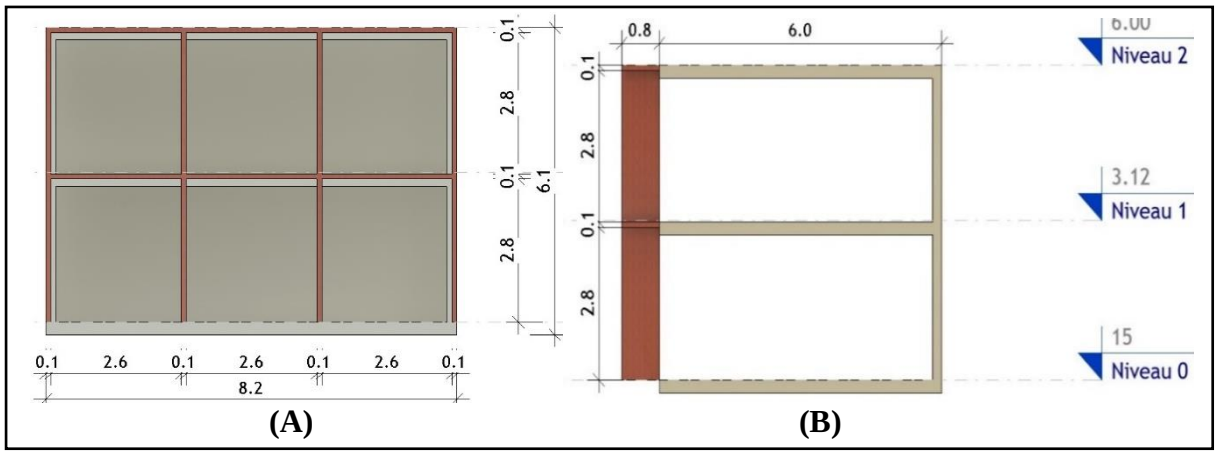


Figure 5.16 : Façade (A) et coupe (B) du 2e modèle.

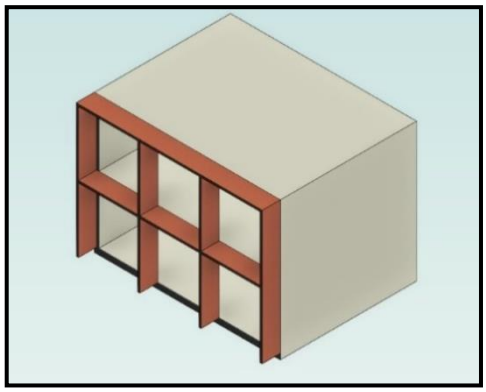


Figure 5.17 : vue perspective du 2e modèle.

6-3- Scénario 3 ; le modèle proposé

Grâce aux recherches qu'on a faites dans les chapitres théoriques, les brise-soleil fixes par ses diverses formes (horizontale, verticale, loggia, combiné…) sont efficaces pour protéger contre les rayons solaires, mais ce n'est efficace que jusqu'à un certain niveau, ils n'offrent pas la protection suffisante pour le bâtiment.

Afin d'obtenir une performance énergétique optimale, nous avons proposé un nouveau modèle de brise-soleil de type dynamique, qui sera plus efficace et plus performant. Ce modèle va nous permet de contrôler la quantité d'énergie solaire pénétrante à l'intérieur du bâtiment.

Le modèle proposé est présenté comme ce suit :

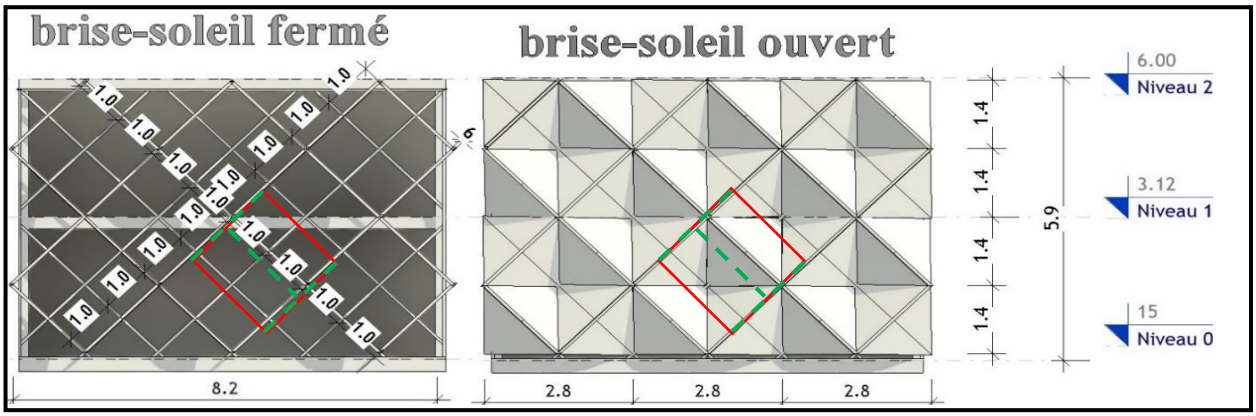
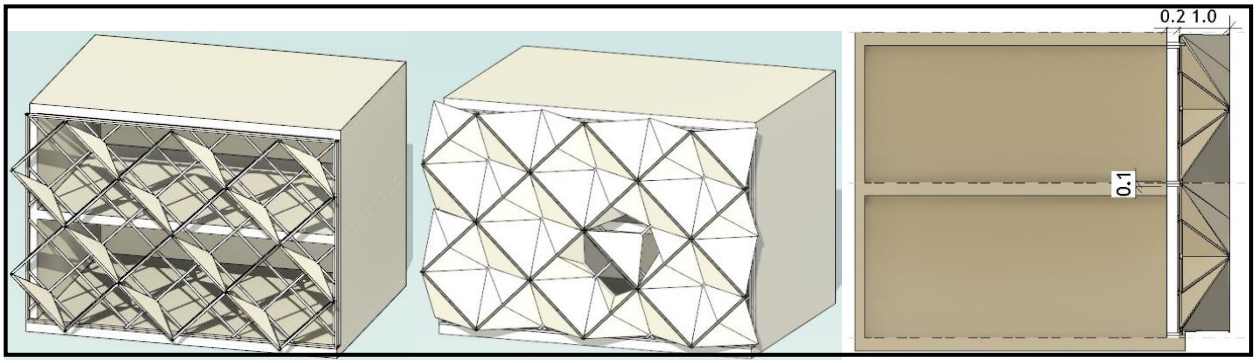


Figure 5.18 : Façade du modèle proposé (ouvert et fermé).

Notre modèle est basé essentiellement sur un système modulaire inspiré du moucharabieh, il est inscrit dans un carré de deux mètres pour chaque côté orienté de 45 °. Il est composé de 6 parties, une partie principale représente 50 % de la surface totale du modèle et 4 parties secondaires chacune d'elle représentent 12,5 %. Elles peuvent se déployer à l'enveloppe en pliant sur deux axes représentés dans la figure ci-dessus en vert.

Ces dispositifs ont un rôle efficace pour réfléchir et contrôler le rayonnement solaire avec le pourcentage désiré. À cause de l'attachement de tous ces points à l'enveloppe, il assure une grande rigidité face au vent, et consomme moins d'espace quand ils sont ouverts.

En plus de ça, ces brise-soleil dynamiques donnent une valeur esthétique et une vitalité à la façade.

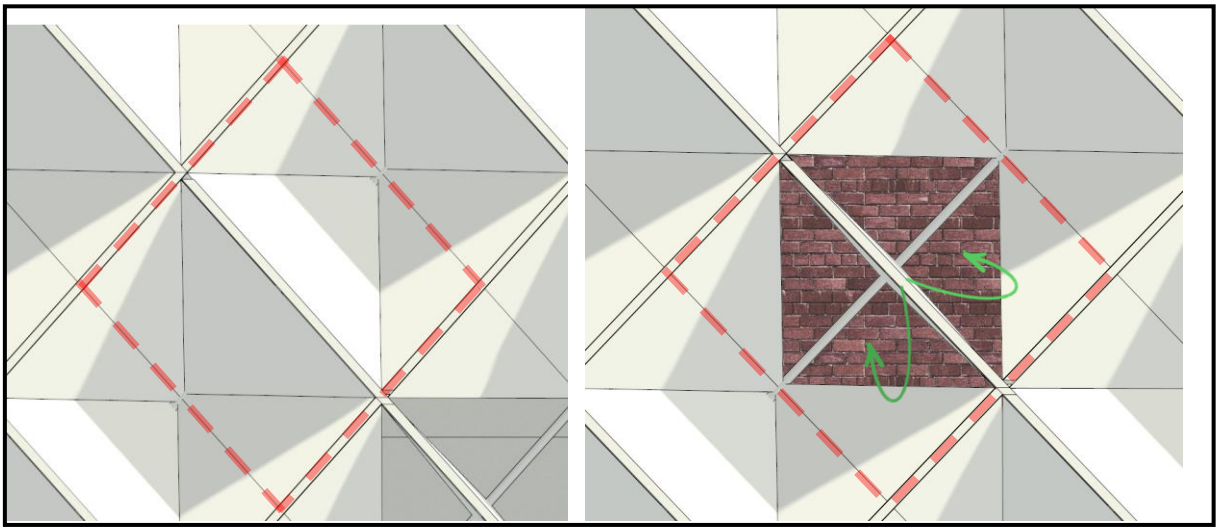


(A) **(B)**

Figure 5.19 : Vues perspectives (A) et coupe (B) du modèle proposé.

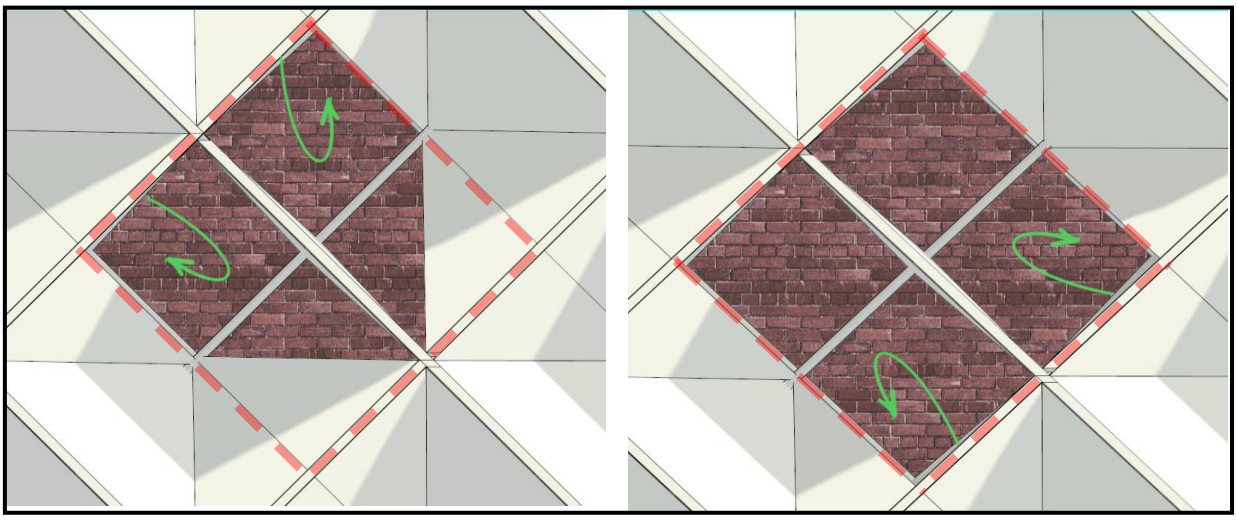
Le modèle proposé de brise-soleil dynamique s'ouvre et se ferme comme suit :

- Fermeture totale des brise-soleil quand ils sont totalement exposés au soleil, 0% de rayonnement pénétrant à l'intérieur de bâtiment, figure (5.19.A).
- L'ouverture partielle des brise-soleil, 12.5% jusqu'à 75% de rayonnement pénétrant à l'intérieur de bâtiment, figures (5.19.B) et (5.19.C).
- L'ouverture maximale des brise-soleil, presque 100 % de rayonnement solaire pénétrant à l'intérieur de bâtiment, figure (6.20.D).



(A) **(B)**

Figure 5.20 : brise-soleil proposé à ses différents états d'ouverture et de fermeture ; 100% fermé (A), 50% ouvert (B).



(C) **(D)**

Figure 5.21: brise-soleil proposé à ses différents états d'ouverture et de fermeture ; 75% ouvert (C), 100% ouvert (D).

Conclusion

L'utilisation massive des outils numériques dans le processus de la construction d'un bâtiment depuis la conception jusqu'à la réalisation, est actuellement de plus en plus une réalité incontournable qui s'impose.

Dans ce chapitre, nous avons essayé de présenter une vision globale sur la simulation numérique en montrant les différentes étapes pour faire une étude d'ensoleillement, voir la trajectoire du soleil et l'ombre projetée du projet dans des dates, des périodes et emplacements précis à travers le logiciel « REVIT 2021 » et le plug-in de l'analyse énergétique « Insight Analysis ». Ces derniers nous permettent de tester plusieurs paramètres relatifs au travail de notre recherche, et nous permettent de voir des résultats fiables et exacts. Cela nous amène à admirer que ce logiciel puisse être un atout clair dans les premières phases de la conception d'un projet architecturale.

CHAPITRE 6 :

Résultats et interprétation

Chapitre 6 : Résultats et interprétation

Introduction

Dans ce chapitre, nous essayerons de présenter, d'analyser et d'interpréter les résultats de la simulation par le logiciel revit. Les scénarios précédemment présentés ont fait l'objet de cette étude. D'une part, nous vérifions la performance énergétique du modèle proposé, et d'autre part, nous faisons une comparaison de l'efficacité énergique entre les trois scénarios présentés.

Ce chapitre nous permet de confirmer ou infirmer les hypothèses de notre recherche et d'arriver aux objectifs visés auparavant, afin d'établir des réponses scientifiques claires, et des résultats logiques, fiables et de valeur à notre problème de recherche.

1- Présentation des résultats

1-1- Les résultats quantitatifs ; les rayonnements solaires globaux incidents

La simulation par le logiciel revit à travers le plug-in « insight analysis » nous permet d'obtenir la moyenne journalière cumulée du rayonnement solaire direct incident en Wh/m pour les divers scénarios.

1-1-1- Scénario 1 ; brise-soleil fixe simple (type loggia)

En été

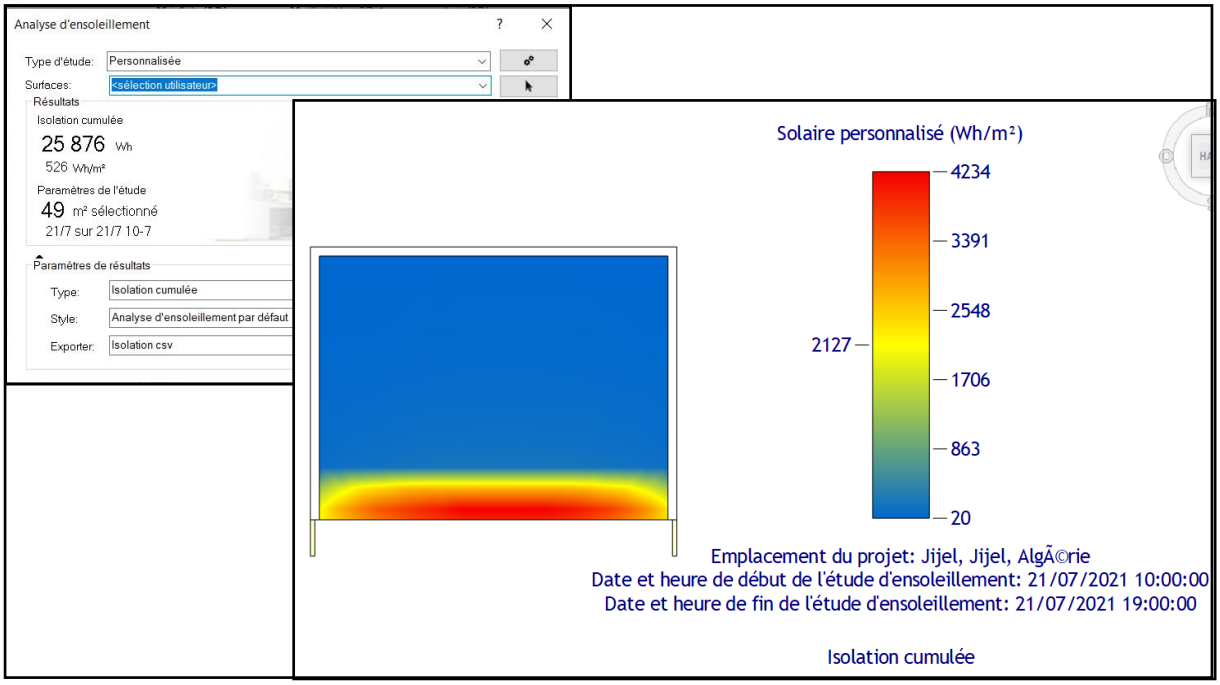


Figure 6.1 : Moyenne journalière cumulée de RSDI en été, scénario 1.

La figure 6.1 montre l'insolation cumulée en Wh/m² calculé d'après les paramètres de l'étude, et le graphique représentant la moyenne journalière cumulée du rayonnement solaire direct incident (RSDI) pour le 21 juillet de 10h à 19h, avec une échelle graphique.

D'après cette figure nous observons que les RSDI pénètrent à l'intérieur de l'espace étudié est varié entre 20 Wh/m^2 et 4234 Wh/m^2 en été. Il est à noter que la valeur maximum se trouve près de l'ouverture. Celle-ci diminue à chaque fois qu'on s'éloigne de l'ouverture. Ces rayons ne touchent qu'une petite partie de l'échantillon.

En hiver

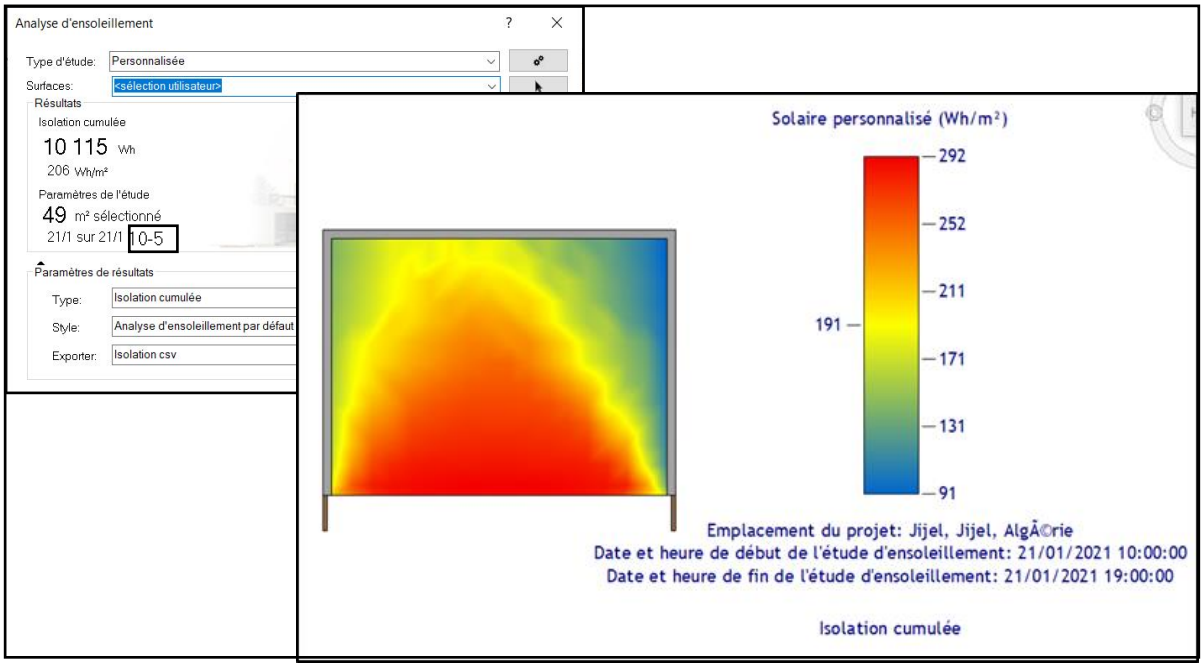


Figure 6.2 : Moyenne journalière cumulée de RSDI en hiver, scénario 1.

En hiver, et pour le 21 janvier de 10h à 17h, nous remarquons d'après la figure 6.2 que le niveau d'insolation est plus bas et la valeur de RSDI varie entre 91 Wh/m^2 et 292 Wh/m². La valeur maximale se trouve près de l'ouverture de se diminue à chaque fois qu'on est loin de l'ouverture. Nous voyons que les rayons solaires touchent une grande partie de l'échantillon.

1-1-2- Scénario 2 ; brise-soleil fixe combiné

En été

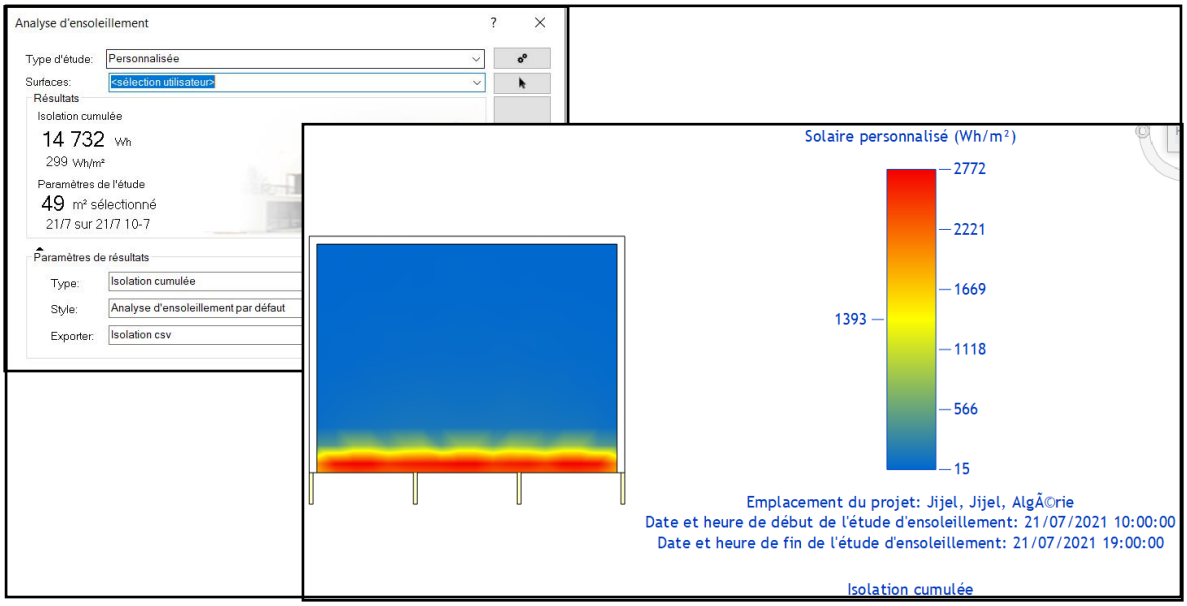


Figure 6.3 : Moyenne journalière cumulée de RSDI en été, scénario 2.

La figure 6.3 montre l'insolation cumulée en Wh/m^2 d'après les paramètres de l'étude pour le 21 juillet 2021 du 10h à 19h, et le graphique représentant la moyenne journalière cumulée du RSDI avec une échelle graphique.

D'après cette figure nous remarquons que les RSDI entrant à l'intérieur de l'échantillon est varié entre 15 Wh/m et 2772 Wh/m en été. Il convient de rappeler que la valeur maximum se trouve près de l'ouverture. Celle-ci diminue à chaque fois qu'on est loin de l'ouverture. Ces rayons touchent juste une petite partie de l'échantillon.

En hiver

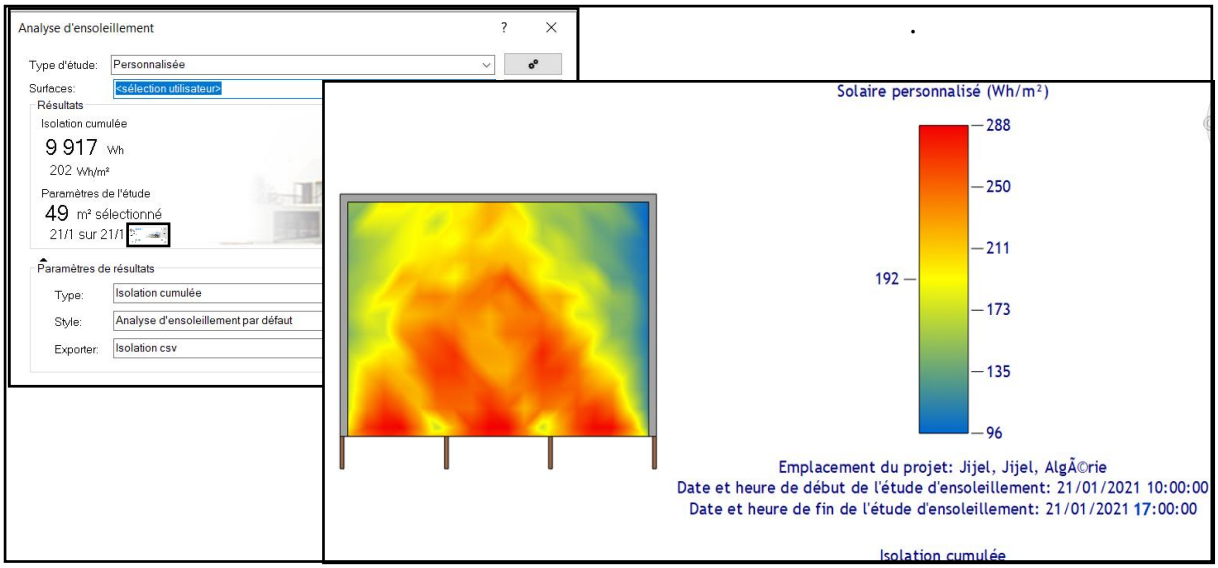


Figure 6.4 : Moyenne journalière cumulée de RSDI en hiver, scénario 2.

En hiver, et pour le 21 janvier 2021 de 10h à 17h, nous constatons d'après la figure 6.4 que le niveau de l'insolation est plus bas et la valeur de RSDI varie entre de 96 Wh/m et 288 Wh/m². Il est à noter que la valeur maximale se trouve près de l'ouverture de se diminue à chaque fois qu'on est loin de l'ouverture. Nous voyons que les rayons solaires touchent une grande partie de l'échantillon avec un niveau d'insolation agréable.

1-1-3- **Scénario 3 ; le modèle proposé**

En été

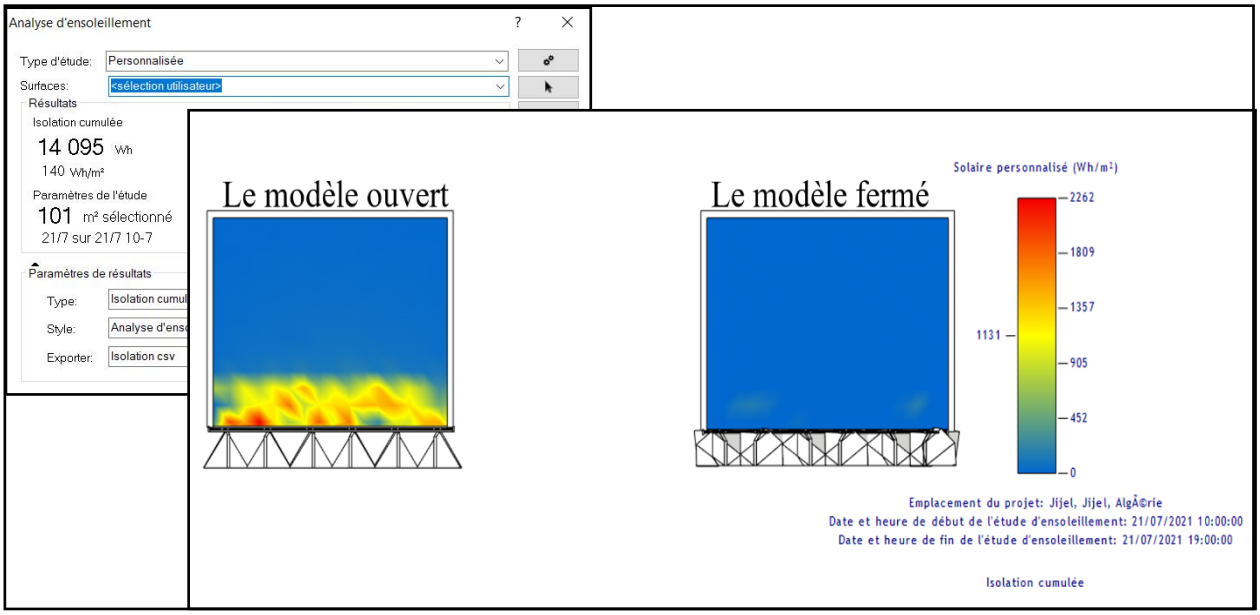


Figure 6.5 : Moyenne journalière cumulée de RSDI en été, scénario 3.

La figure 6.5 montre l'insolation cumulée en Wh/m^2 sur la base des paramètres de l'étude en été le 21 juillet 2021 de 10h à 19h pour le modèle proposé dans ses deux cas ouvert et fermé, et le graphique représentant la moyenne journalière cumulée du rayonnement solaire direct incident avec une échelle graphique. D'après cette figure, nous observons que les RSDI entrent à l'intérieur de l'échantillon lorsque le modèle est ouvert, et ses valeurs varient entre 0 Wh/m et 2262 Wh/m en été. Il est à noter que la valeur maximum se trouve près de l'ouverture dans le cas où le modèle de brise-soleil est ouvert. Celle-ci touche juste une petite partie de l'échantillon et répartie d'une manière hétérogène. Alors que, lorsque le modèle est fermé nous constatons les RSDI atteint sa valeur minimale 0 Wh/m dans le cas où le modèle est ouvert.

En hiver

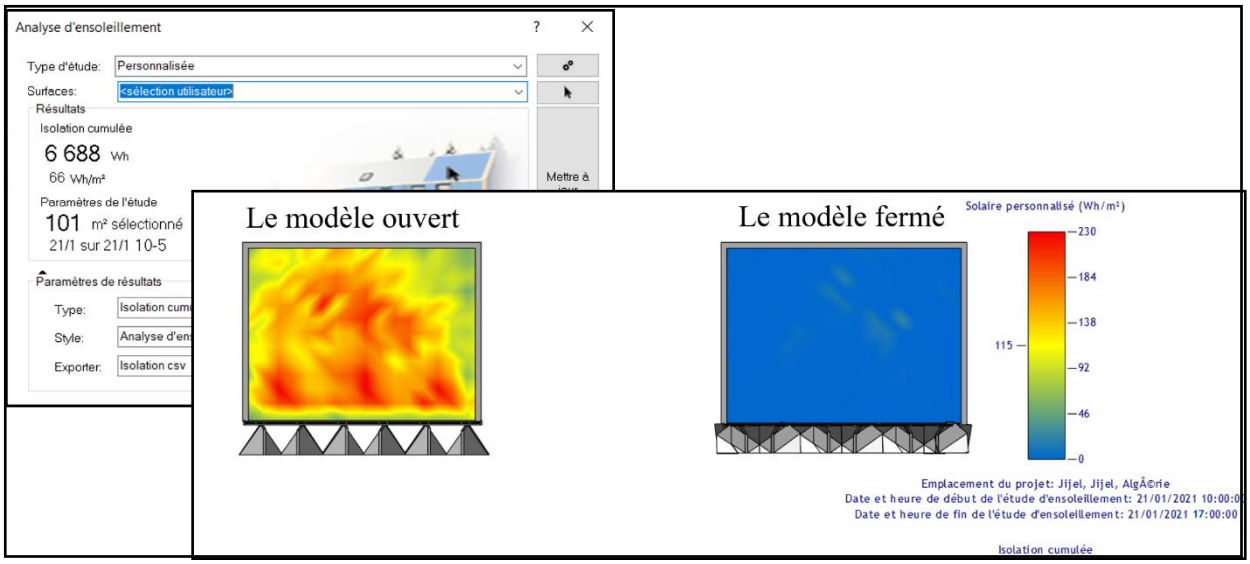


Figure 6.6 : Moyenne journalière cumulée de RSDI en hiver, scénario 3.

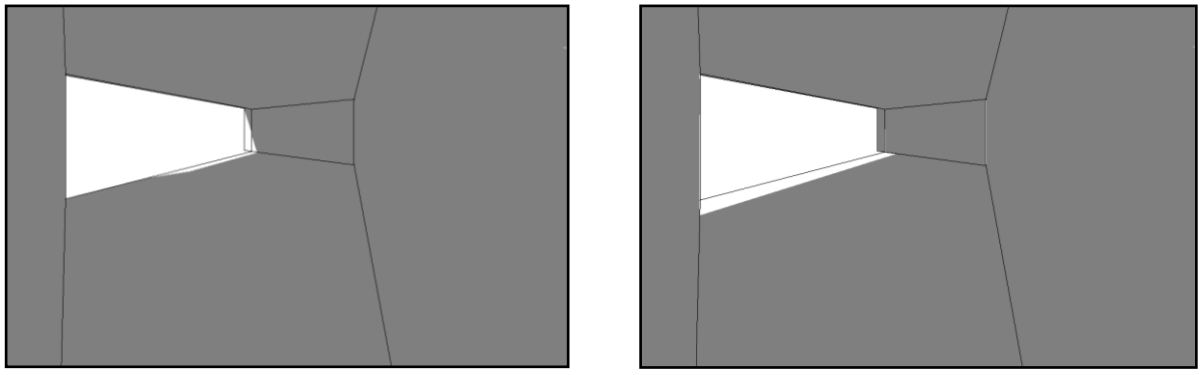
En hiver, pour le 21 janvier 2021 du 10h à 17h, le niveau d'insolation est plus bas et la valeur de RSDI varie entre de 0 Wh/m et 230 Wh/m². Il convient de rappeler que les rayons solaires couvrent une grande partie de l'échantillon avec un niveau d'insolation agréable. Cependant, les valeurs de RSDI sont nulles lorsque le modèle de brise-soleil est fermé.

1-2- Les résultats qualitatifs ; pénétration de rayonnement solaire et projection d'ombre

Cette simulation nous permet de prévisualiser l'étude d'ensoleillement à travers la visualisation des ombres projetées et la pénétration de rayons solaires dans les périodes, les dates et l'emplacement précis du projet.

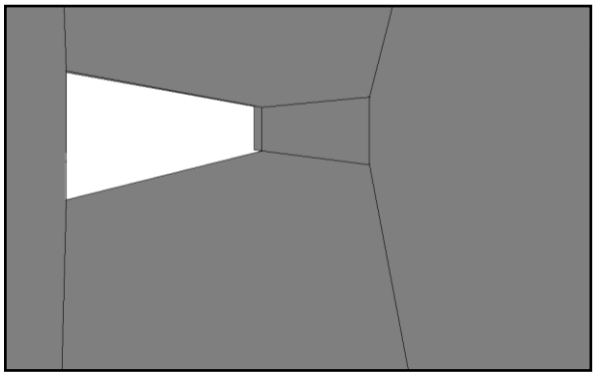
1-2-1- Scénario 1 ; brise-soleil fixe simple (type loggia)

En été



(A) à 10h **(B) à 13h**

Figure 6.7 : Le rayonnement solaire et l'ombre portée à l'intérieur en été à 10h, 13h, scénario1.



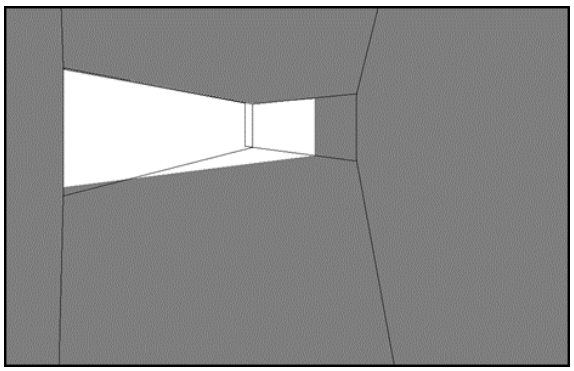
(C) à 19h

Figure 6.8: Le rayonnement solaire et l'ombre portée à l'intérieur en été à 19h, scénario 1.

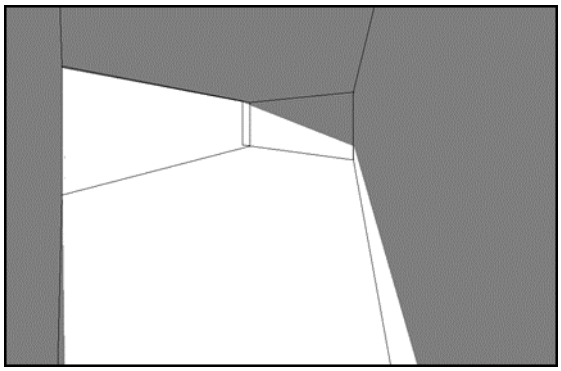
Ces figures montrent une vue perspective qui visionnent l'accès des rayons solaires incidents et l'ombre projetée à l'intérieur de l'échantillon à 10h, 13h,19h pour le 21 juillet 2021.

D'après ces figures nous constatons que les RSDI accèdent à l'intérieur de l'échantillon presque toute la journée, mais ils touchent qu'une petite partie près de l'ouverture ce qui renforce obtenues les résultats quantitatifs obtenus.

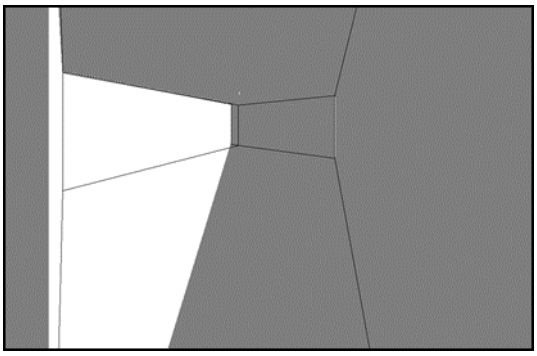
En hiver



(A) à 8h



(B) à 13h



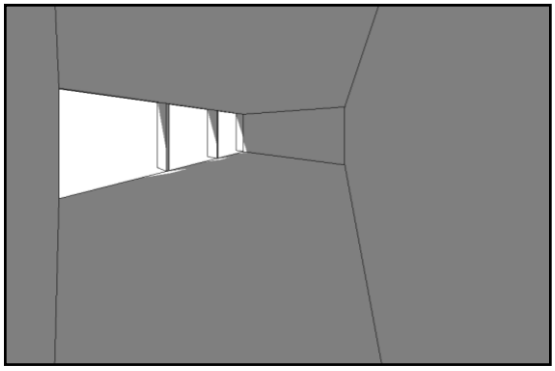
(C) à 17h

Figure 6.9 : Les rayonnements solaires et l'ombre portée à l'intérieur en hiver, scénario 1.

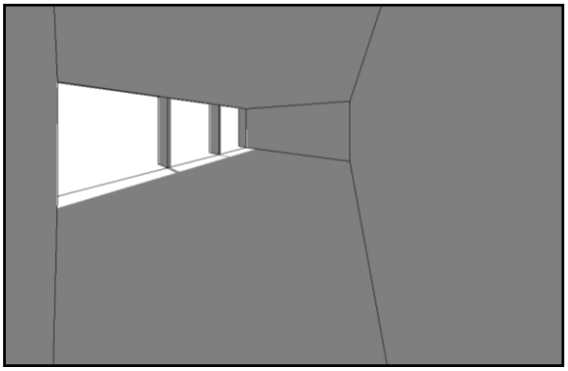
En hiver, pour le 21 janvier 2021, en remarquant d'après la figure 6.9 que les RSDI peuvent pénétrer à l'intérieur de l'unité tout au long de la journée depuis le lever jusqu'au coucher du soleil, en touchant une grande surface du local.

1-2-2- Scénario 2 ; brise-soleil fixe combiné

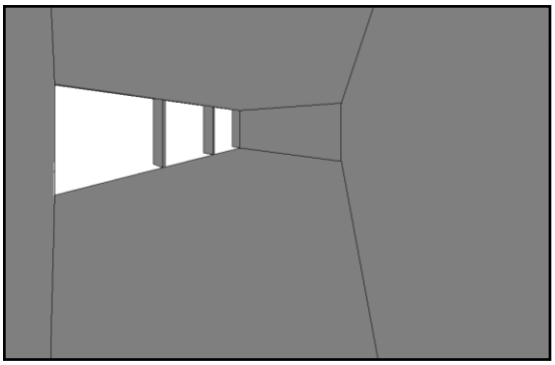
En été



(A) à 10h



(B) à 13h



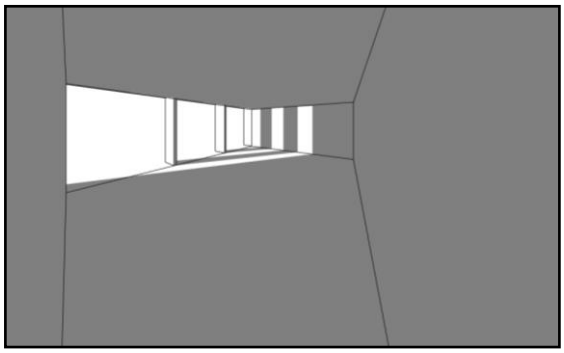
(C) à 19h

Figure 6.10 : Les rayonnements solaires et l'ombre portée à l'intérieur en été, scénario 2.

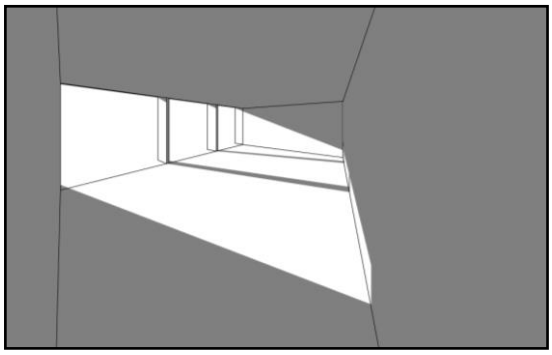
La figure 6.10 montre l'accès des rayons solaires incidents et l'ombre projetée à l'intérieur de l'échantillon à 10:00, à 13:00 et à 19:00 pour le 21 juillet 2021.

D'après cette figure nous voyons que les RSDI accèdent à l'intérieur de l'échantillon presque toute la journée, mais elle touche qu'une petite partie près de l'ouverture la raison qui explique les valeurs obtenues dans les résultats quantitatives.

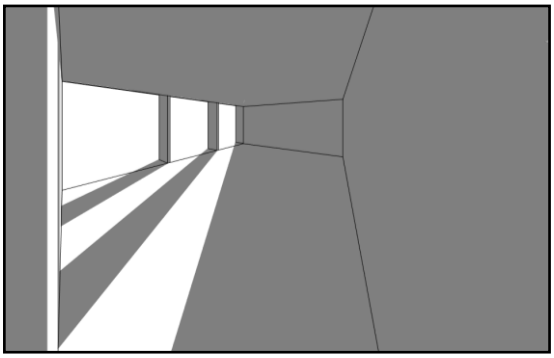
En hiver



(A) à 8h



(B) à 13h



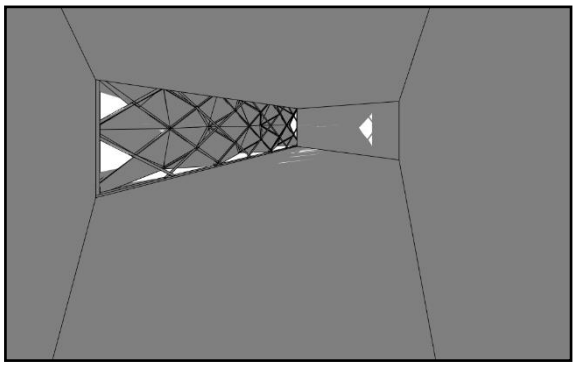
(C) à 17h

Figure 6.11 : Les rayonnements solaires et l'ombre portée à l'intérieur en hiver, scénario 2.

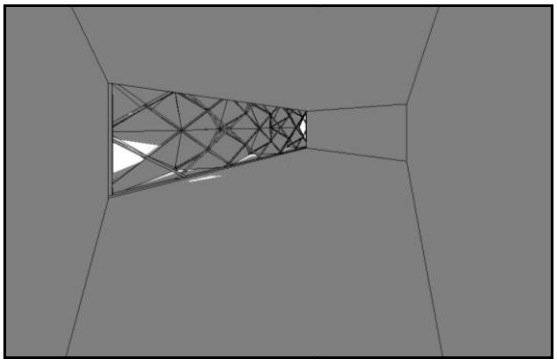
En hiver, pour le 21 janvier 2021, en observant que les RSDI peuvent pénétrer à l'intérieur de la pièce pendant toute la journée, en touchant une grande surface de local avec la présence de l'ombre portée des brise-soleil verticaux.

1-2-3- Scénario 3 ; le modèle proposé

- ✓ **Lorsque le modèle est fermé en hiver et en été**

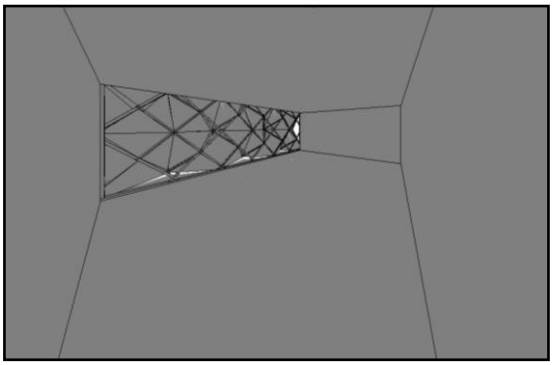


(A) à 8h pour le 21 janvier

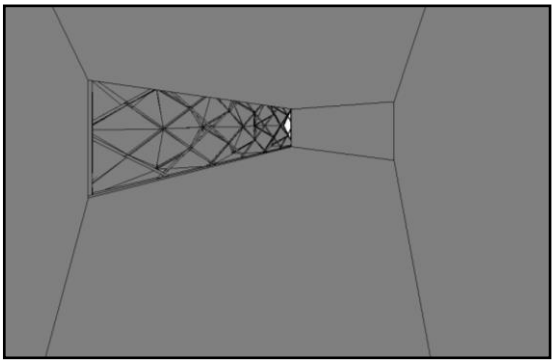


(B) à 10h pour le 21 juillet*

Figure 6.12 : Le rayonnement solaire et l'ombre portée lorsque le modèle est fermé en hiver et en été, scénario 3.



(C) à 13h pour le 21 juillet



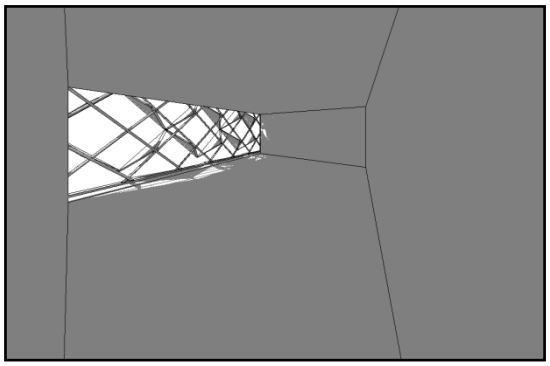
(D) à 19h pour le 21 juillet

Figure 6.13 : Le rayonnement solaire et l'ombre portée lorsque le modèle est fermé en été, scénario 3.

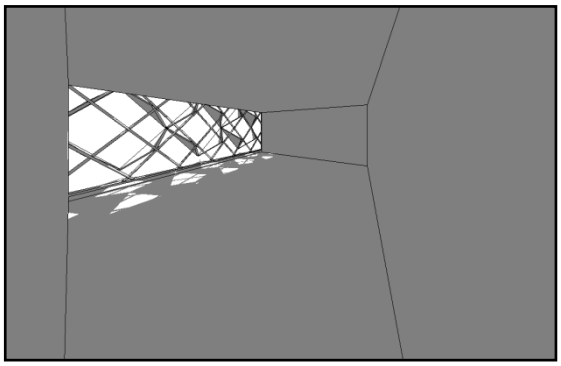
Ces figures montrent une vue perspective à l'intérieur de la pièce en utilisant le modèle de brise-soleil dynamique conçu lorsqu'il est fermé pour le 21 juillet 2021 et le 21 janvier 2021.

Nous remarquant l'absence presque totale de la pénétration des rayons solaires à l'intérieur de l'échantillon, ce qui justifie les résultats nuls de l'analyse quantitative.

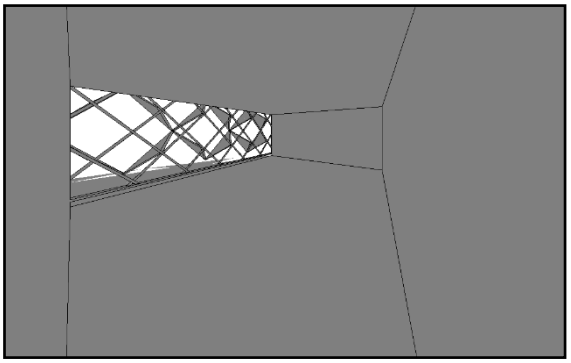
- ✓ **Lorsque le modèle est ouvert en été**



(A) à 10h



(B) à 13h

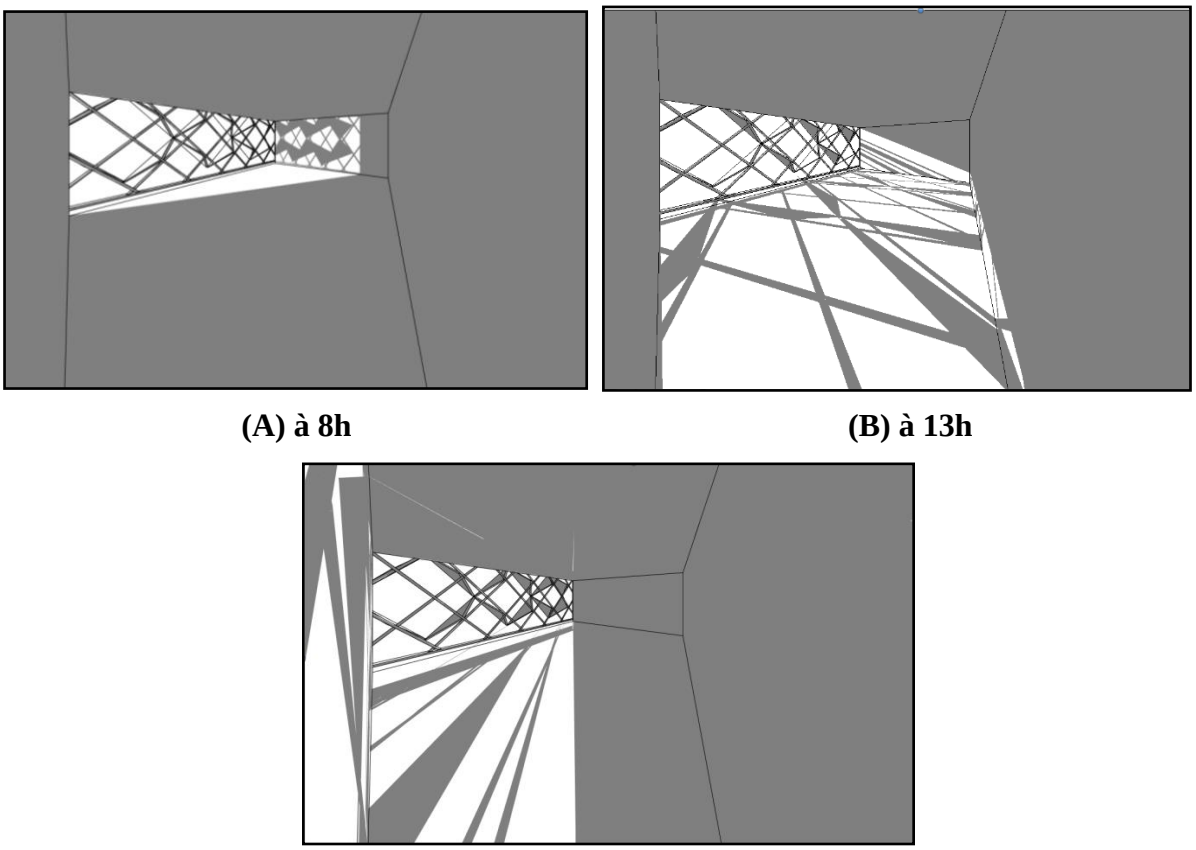


(C) à 19h

Figure 6.14 : Les rayonnements solaires et l'ombre portée lorsque le modèle est ouvert en été.

En été, lorsque le modèle est ouvert, nous voyons dans la figure 6.14 que les RSDI accèdent à l'intérieur du local pour le 21 juillet 2021, mais ils touchent juste une petite partie qui est entrecoupée de l'ombre projetée de celle-ci.

- ✓ **Lorsque le modèle est ouvert en hiver**



(A) à 8h **(B) à 13h**

(C) à 17h

Figure 6.15 : Les rayonnements solaires et l'ombre portée lorsque le modèle est ouvert en hiver.

En hiver, pour le 21 janvier 2021, nous observons dans la figure 6.15 que les RSDI accèdent à l'intérieur de l'échantillon et couvrent une grande partie de la pièce tout au long de la journée.

2- Discussion et interprétation des résultats

Une bonne conception des constructions et une bonne mise en œuvre de ses composants, nous permettent de profiter le maximum des apports solaires en hiver, sans tomber dans le risque de surchauffe qui peut avoir un effet gênant surtout dans les saisons estivales, la chose qui augmente la consommation de l'énergie.

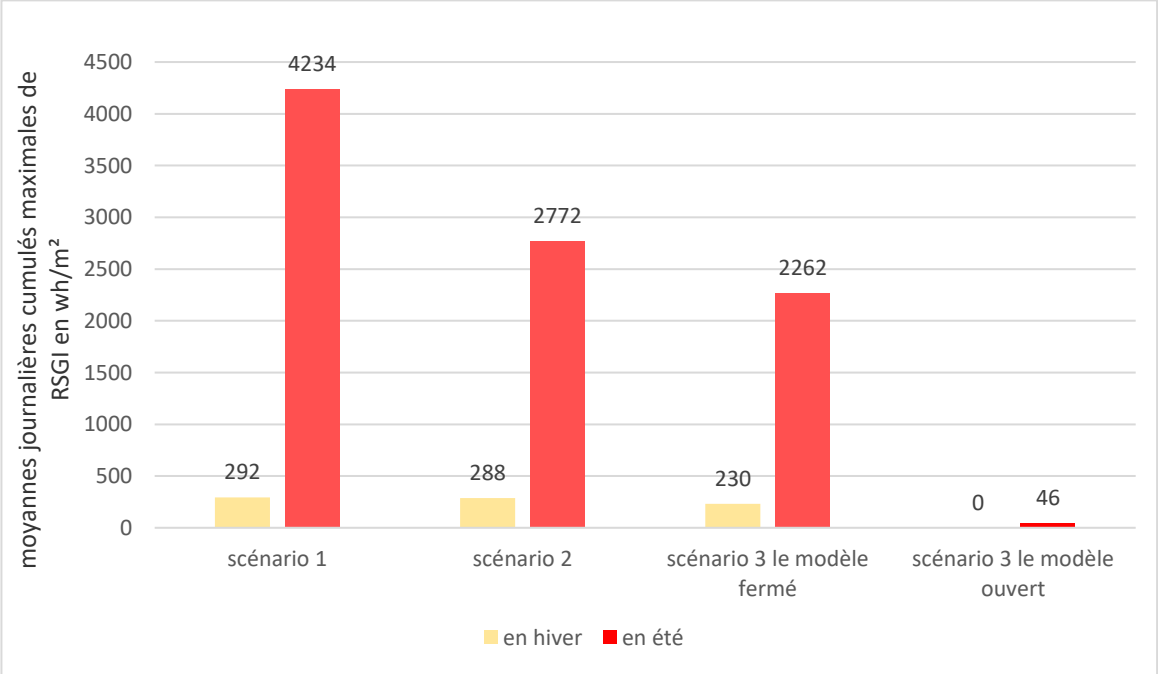


Figure 6.16 : Les moyennes journalières cumulées maximales de RSDI en hiver et en été pour les 3 scénarios.

La figure 6.16 montre que les moyennes de l'énergie solaire en été sont plus élevées par rapport en hiver.

En été, on remarque que les valeurs des résultats obtenus dans le 1er scénario sont très élevées, ils atteignent jusqu'à 4234 Wh/m et représentent les plus mauvais résultats parmi les trois scénarios. Dans le 2e scénario, nous observons que la valeur maximale des moyennes est égale à 2772 Wh/m², ce qui désigne une diminution de 35 % par rapport au 1er scénario. Donc, les brise-soleil combinés sont plus performants énergétiquement que les brise-soleil simples. Dans le 3e scénario, nous remarquons que les valeurs maximales des moyennes atteignent 2262 Wh/m lorsque les brises sont ouvertes et 46 Wh/m lorsqu'ils sont fermés, ce qui indique une réduction de 46.6 % de l'énergie cumulée lorsqu'ils sont ouverts par rapport aux brises simples, et de 98,9 % lorsqu'ils sont fermés. Pour cette raison, on peut dire que le modèle que nous avons conçu représente la meilleure performance énergétique par rapport aux autres modèles.

En hiver, on remarque que les valeurs des résultats obtenus dans le 1er et le 2e scénario sont agréables avec une valeur maximale de 292 Wh/m et 288 Wh/m². Par contre, dans le 3e scénario nous voyons qu'ils atteignent 230 Wh/m dont elle est une valeur souhaitable en hiver. Cela indique que notre modèle dynamique est performent énergiquement même en hiver.

On outre, nous remarquons que la pénétration des RSDI à l'intérieur du local est moins observée en été dans le modèle proposé, tandis que dans les autres scénarios la pénétration est considérable. Alors qu'en hiver, on constate le contraire, la pénétration des RSDI est comme elle est souhaitable et elle rapproche à celles des deux premiers scénarios. La chose qui renforce et justifie les résultats précédents.

Donc, on peut dire que le modèle que nous avons conçu est le plus performant parmi les trois scénarios, il prouve son efficacité énergétique durant toutes les périodes de l'année.

3- Les limites de l'étude

Il est à noter qu'il existe des points que nous n'avons pas pu cerner dans ce travail de recherche à cause de plusieurs circonstances.il s'agit de quelques limitations de la méthode, néanmoins, ont été perçues :

Au premier lieu, pour la détermination des comportements des brise-soleil dynamiques, il est nécessaire de faire un grand nombre de simulations et ce nombre grandit au fur et à mesure que le nombre de paramètres est considéré.

Au second lieu, dans l'analyse solaire du logiciel REVIT il est y a des types d'éléments géométriques détaillés ne sont pas pris en charge comme quelques types de famille, les objets groupés... etc. Les résultats pour ces types de géométrie donneront fréquemment des résultats inexacts proches de zéro.

En outre, les propriétés des matériaux ne sont pas supposées dans l'analyse solaire. Les surfaces sont considérées soit complètement opaques ou complètement transparentes, telles que les murs rideaux ou les vitrages par exemple. Il s'agit également d'une considération importante lors de l'étude des valeurs d'insolation solaire à l'intérieur de projets.

4- Perspectives de recherche

Dans ce travail, notre objectif est de contribuer à la production d'un savoir scientifique en vue d'éclairer des nouvelles réflexions sur le thème choisi et d'ouvrir de nouvelles perspectives de recherche. Plusieurs questions restent en suspens, et dans les réponses constitueront sans doute de nouveaux axes de recherche :

- Optimisation des caractéristiques techniques de ces dispositifs tels que le choix de matériaux, le choix d'un type de gestion de mouvement de brise-soleil (automatisation de mouvement à travers l'utilisation des capteurs des rayons solaires incidents), et le choix d'un système mécanique… etc.

- Évaluation de l'impact de l'orientation sur le comportement des brise-soleil dynamiques et leur effet sur la performance énergétique de bâtiment.

Ces études n'ont pas été réalisées dans le cadre de cette recherche, et ces améliorations offrent des perspectives de travaux futurs.

Conclusion

Nous sommes arrivés grâce aux résultats de simulation traités dans ce chapitre à démontrer que les brise-soleil dynamiques peuvent améliorer la performance énergétique et permettent de contrôler de rayonnement solaire à l'intérieur des bâtiments situés dans les zones côtières. En effet, l'utilisation des dispositifs d'ombrages dynamiques à un bâtiment situé à Jijel a pu diminuer les radiations solaires directes de 99 % par rapport aux dispositifs traditionnels fixes dans les saisons estivales.

D'autre part, l'utilisation de ces derniers a résulté une réduction de la zone de surchauffe à cause de la diminution de la pénétration de rayonnements solaires à l'intérieur de bâtiment. Cela permet d'un bon contrôle des rayons solaires.

Nous pouvons alors conclure que nos hypothèses de recherche sont confirmées et on peut dire que les brise-soleil dynamiques peuvent améliorer la performance énergétique dans le bâtiment et sa forme géométrique et son mécanisme de gestion des brise-soleil dynamique peuvent être des paramètres favorisants par rapport aux brise-soleil fixes en matière d'efficacité énergétique.

CONCLUSION GÉNÉRALE

CONCLUSION GÉNÉRALE

Les besoins énergétiques ne cessent pas de croître jour après jour dans le monde. Le secteur de bâtiment est considéré comme le responsable de la plus grande consommation énergétique. Cela amène à l'émergence de la prise en conscience de la nécessité du réduire cette consommation. Parmi les solutions proposées par les concepteurs, l'exploitation des conditions climatiques à travers une conception architecturale bioclimatique des bâtiments, ou par l'intégration des éléments architecturaux innovants pour optimiser la performance énergétique des constructions.

Le climat méditerranéen se caractérise par un ensoleillement important surtout dans les saisons estivales. Ce qui impose l'utilisation des brise-soleil fixes pour éviter le risque de surchauffe en été, mais malheureusement ces protections traditionnelles ne sont pas assez efficaces. Dans ce travail de recherche, nous avons conçu un nouveau modèle de brise-soleil dynamique qui permet de bien contrôler la quantité de rayonnement solaire direct, d'optimiser la performance énergétique dans le bâtiment et de répondre aux besoins des occupants durant toute l'année.

En premier lieu, nous avons traité des apports théoriques qui sont la base pour comprendre la thématique et qui nous aident à concevoir le modèle proposé à partir de différentes notions relatives à l'ensoleillement et la géométrie solaire, passant par les principes et les notions de modélisation solaire, jusqu'aux types et performances des brise-soleil. Par ailleurs, pour atteindre notre objectif principal qui est de connaître quel apport peut fournir les brise-soleil dynamiques pour le contrôle solaire dans le bâtiment méditerranéen par rapport aux autres protections solaires et pour évaluer ses performances, nous avons vérifié qu'une méthode basée sur la comparaison des 3 scénarios (brise-soleil fixe simple, fixes combinés, et le modèle dynamique proposé) est la plus adéquate. C'est pourquoi, nous adoptons la simulation numérique comme un outil investigation représenté par le logiciel « REVIT » et le plug-in « Insight Solar Analysis » pour prédire le comportement énergétique de bâtiment vis-à-vis la pénétration des rayons solaires à l'intérieur de la pièce.

Cette simulation développée fournit des résultats quantitatifs et qualitatifs pour les 3 scénarios. D'une part les résultats obtenus ont montré que l'utilisation des brise-soleil dynamiques à un bâtiment situé à Jijel ou dans la zone côtière algérienne a pu diminuer les radiations solaires directes de 99% par rapport aux dispositifs d'ombrage traditionnels fixes dans les saisons estivales. D'autre part, ces derniers permettent de contrôler les rayons solaires, ce qui résulte la réduction de la zone de surchauffe à travers la diminution de l'accès de rayons solaires à l'intérieur du bâtiment.

En outre, ces dispositifs mobiles permettent de l'accès des rayonnements solaires à l'intérieur de l'édifice dans les saisons hivernales lorsqu'ils sont souhaitables.

En fin, nous constatons que les brise-soleil dynamiques améliorent la performance énergétique dans les bâtiments à travers le contrôle des rayons solaires, et on peut dire qu'elles sont les plus efficaces et les plus performantes par rapport aux dispositifs d'ombrage fixes.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques

- ADEME 2003. Mise en place de protections solaires fixes ou mobiles sur les façades exposées.
- AMRAOUI, K. 2021. Pour une optimisation des potentialités environnementales de l'enveloppe architecturale dans le contexte des zones chaudes et arides : Cas des bâtiments résidentiels. thèse de doctorat en architecture Université Mohamed Khider – Biskra.
- BELGAID, B. 2020. L'ensoleillement en architecture. cours Université Batna 1.
- BENHARKAT, S. 2006. Impact de l'éclairage naturel zénithal sur le confort visuel dans les salles de classe. Cas du bloc des lettres de l'université Menturi de Constantine. MEMOIRE DE MAGISTER, l'université Menturi de Constantine.
- BENNADJI, A. 1999. Adaptation climatique ou culturelle en zones arides. Cas du sud-est algérien. Thèse de doctorat Université de Provence-Aix-Marseille I.
- BOUCHAIR, A. 2015. Vernacular Architecture : Hot Arid Climate Control. Encyclopedia of Energy Engineering and Technology. 2nd Edition ed. New York : Taylor and Francis.
- BOUHIDEL, N. E. H. 2015. La conception de la baie et la gestion des paramètres conflictuels. mémoire de magister, Université Mohamed Khider-Biskra.
- BOUVIER, F. 1981. Soleil et architecture. Techniques de l'ingénieur. Construction, C3310. 1-C3310. 21.
- CHATELET, A., FERNANDEZ, P. & LAVIGNE, P. 1998a. Architecture climatique : une contribution au développement durable. Tome 2, Concepts et dispositifs / Alain Chatelet, Pierre Fernandez, Pierre Lavigne, Edisud. Aix-en-Provence.
- CONSEIL D'ARCHITECTURE D'URBANISME, E. D. L. E. D. L. H.-G. 2010. les protections solaires protéger les ouvertures du rayonnement solaire d'été. carnet pratique
- CONSEIL EN ÉNERGIE PARTAGÉ, C. D. A. D. U. E. D. & GUADELOUP, L. E. D. L. 2018. ENJEU ÉNERGÉTIQUE.PROTECTIONS SOLAIRES DANS LE BÂTI.
- DABAT, R., IZARD, J.-L., CAMIA, F. & SAUREL, G. 1978. Architecture et données de l'environnement. Laboratoire architecture bioclimatique et constructions exposées aux risques ….
- DE HERDE, A. & LIÉBARD, A. 2005. Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques : concevoir, édifier et aménager avec le développement durable.

- EUROMÉDITERRANÉE. 2010. Veille documentaire - Fiches « Qualité Environnementale »développer une architecture biomimétique méditerranéenne ; les protections solaires. Available: https://docplayer.fr/34619897-Developper-une-architecture-%20bioclimatique-mediterraneenne-les-protections-solaires.html.
- GHABRA, N. 2017. Energy efficient strategies for the building envelope of residential tall buildings in Saudi Arabia. the degree of Doctor of Philosoph, the University of Nottingham.
- GIVONI, B. 1969. Man, climate, and architecture, Amsterdam ; London ; New York : Elsevier Publishing Company Limited.
- HOUPERT, S. 2003. Approche inverse pour la résolution des contraintes solaires et visuelles dans le projet architectural et urbain, développement et application du logiciel SVR. Université de Nantes.
- KELTOUM, T. 2016. FORME ARCHITECTURALE ET PERFOMENCE ÉNERGÉTIQUE. VERS UN MODELE CONCEPTUEL. Mémoire soumis en vue de l'obtention d'un Magister en Architecture., Université Mohamed kheider. Biskra.
- LEHTIHET, M. C. 2018. Amélioration des microclimats des villes par la prolifération des terrasses et toitures végétalisées en zones aride et méditerranéenne. doctorat université de Jijel.
- LITIM, I. 2017. L'EFFET DES STORES INTERIEURS ET BRISES SOLEIL SUR LA CONSOMMATION D'ENERGIE DANS LES BÂTIMENTS A MURS RIDEAUX. CAS DES ZONES CHAUDES ET ARIDES. Université Mohamed Khider–Biskra.
- MAHAYA, C. 2014. optimisation de la forme urbaine par l'évaluation du potentiel solaire. magistère université Mohamed Khider Biskra. .
- MAZARI, M. 2012. Etude et évaluation du confort thermique des bâtiments à caractère public: cas du département d'architecture de Tamda (Tizi-Ouzou).
- MAZRIA, E. 1979. The passive solar energy book : a complete guide to passive solar home, greenhouse, and building design. Emmaus, Pa.: Rodale Press.
- MESLI, H. 2017. CONSTRUIRE UNE ARCHITECTURE BIOCLIMATIQUE PAR LE RETOUR AUX ORIGINES TRADITIONNELLES (CAS DU TAGHIT). Université Mohamed Khider–Biskra.
- MIGUET, F. & PAULE, B. 2010. Soleil et architecture-Potentiel climatique.

- MINISTÈRE FRANÇAISE, D. L. É. N. D. L. E. S. E. D. L. R. 2016. Les mouvements de la Terre sur elle-même et autour du Soleil [Online]. Available : eduscol.education.fr/ressources-2016.
- MOHAMMED, M. 2012. Etude et évaluation du confort thermique des bâtiments à caractère public : Cas du département d'Architecture de Tamda (Tizi-Ouzou). MÉMOIRE DE MAGISTER EN ARCHITECTURE, Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou.
- MOLONEY, J. 2011. Designing kinetics for architectural façades : state change, Routledge.
- SAFWAT, A. 2004. Chapter II: Solar Radiation as External Thermal Force Acting on the
- Building The degree of Master of Science in Architecture, Department of Architecture, Faculty of Engineering, Ain Shams University
- SCHITTICH, C. 2001. Construire en verre, PPUR presses polytechniques.
- SCHUMACHER, M., SCHAEFFER, O. & VOGT, M.-M. 2012. Move: architecture in motion-dynamic components and elements, Walter de Gruyter.
- SIRET, D. 1997a. Propositions pour une approche déclarative des ambiances dans le projet architectural : application à l'ensoleillement. thèse de doctorat en architecture École Nationale Supérieure d'Architecture Nantes.
- SUPIC, P. 1994. L'aspect bioclimatique de l'habitat vernaculaire. Trimestriel scientifique Architecture & Behaviour, 10, 27-47.
- SZOKOLAY, S. 2007. Solar geometry, passive and low energy architecture international. Passive and low energy architecture notes. Brisbane : Association With the University of Queensland.
- SZOKOLAY, S. K. & BRISBIN, C. 2004. Introduction to architectural science : the basis of sustainable design, Oxford, Architectural.
- SZOKOLAY, S. V. Solar geometry. In : INTERNATIONAL, P. P. A. L. E. A., ed, 1996. PLEA, 47 p
- TAÏB, A. 2014. Cours de l'énergie solaire photovoltaïque.
- TAREB. 2004. INTEGRATION ARCHITECTURALE.ENVELOPPE du BATIMENT, chapitre 2. Available : https://www.new-learn.info/packages/tareb/docs/lea/lea_ch2_fr.pdf.

- TOUFIK, M. 2015. La transparence dans l'architecture tertiaire des milieux à climat chaud et sec. Cas de la ville de Biskra. Magistère, Université Mohamed Khider – Biskra.
- ZEROUAL, D. 2006. Impact des gains de chaleur sur la morphologie des bâtiments. Cas des climats chauds et arides. Magistère 2006, Université Constantine 1.

Sources internet

- https://energieplus-lesite.be/theories/climat8/ensoleillement-d8/
- https://www.lippi.fr/definition-claustra-jardin/
- https://www.archiexpo.fr/prod/bradstone/product-11509-347449.html
- https://www.allureetbois.com/moucharabieh-moderne-bois/
- https://www.leenbakker.be/fr/conseils-stores
- https://volet.ooreka.fr/comprendre/volets_battants_pliants_roulants_coulissants
- https://fr.123rf.com/photo_57445311_illustration-de-la-fen%C3%AAtre-et-les-rideaux-croquis-int%C3%A9rieur.html
- https://fr.graitec.com/archiwizard/
- http://www.mae.gov.dz/Tourisme.aspx
- https://jijel.mta.gov.dz/fr/
- https://www.me.gov.dz
- https://fr.weatherspark.com/y/51515/M%C3%A9t%C3%A9o-moyenne-%C3%A0-Jijel-Alg%C3%A9rie-tout-au-long-de-l'ann%C3%A9e [Accessed 20/05/2022 2022].

Résumé

L’optimisation de la performance énergétique dans le bâtiment est un sujet qui a reçu une attention toute particulière ces dernières décennies de la part des chercheurs, compte tenu de l’importance que revêt ce problème. Divers procédés de contrôle solaire ont été élaborés dans le but de minimiser les impacts négatifs sur le confort thermique des occupants. Entre autres les brise-soleil fixes ou mobiles. Malgré les diverses solutions préconisées, le problème d’ensoleillement reste insuffisamment étudié. La présente étude essai de proposer un modèle des brise-soleil dynamiques performantes dans le but de minimiser la pénétration des rayons solaires défavorables en été et les encourager en hiver dans la zone de Jijel et plus particulièrement à Jijel. Notre recherche s’inscrit dans une perspective d’étudier l’apport que peuvent fournir les brise-soleil dynamiques pour le contrôle solaire par rapport aux protections solaires existantes. Ce travail est élaboré par une simulation numérique basé sur le logiciel REVIT et son plug-in « Insight Solar Analysis » qui nous permet d’évaluer quantitativement et qualitativement les performances de trois scénarios : brise-soleil fixe simple, fixe combiné et enfin les brise-soleil mobiles. Les résultats obtenus montrent que le modèle dynamique proposé est plus performant par rapport aux autres dispositifs. Il a pu diminuer un taux maximum de 98.9% des radiations solaires estivales par rapport aux autres scénarios. Par ailleurs, il permet l’accès des rayons souhaitables en l’hiver. le brise-soleil dynamique semble être une solution prometteuse pour parvenir l’optimisation de la performance énergétique. Il répond aux besoins des occupants et donne un aspect esthétique au bâtiment.

Mots clés

Performance énergétique, optimisation, brise-soleil, dynamique, protection, rayons, solaire, simulation numérique, Revit, zone côtière.

Abstract

Optimisation of energy performance in buildings has received particular attention in recent decades by researchers, given the importance of this problem. Various solar control processes have been developed to minimise negative impacts on the thermal comfort of occupants. Among other things, fixed or mobile sun breakers. Despite the various solutions recommended, the problem of sunshine remains insufficiently studied. This study attempts to propose a model of efficient dynamic solar breakers in order to minimise the penetration of unfavourable solar rays in summer and encourage them in winter in the coastal areas of Algeria and more particularly in Jijel. Our research aims to study the contribution that dynamic solar control breakers can make to solar control compared to existing sun shading systems. This work is elaborated by a numerical simulation based on the REVIT software and its plug-in «Insight Solar Analysis» which allows us to evaluate quantitatively and qualitatively the performances of three scenarios: simple fixed sunshade, combined fixed and finally the proposed model. The results obtained show that the proposed dynamic model is more efficient than other devices. It was able to decrease a maximum rate of 98.9% of summer solar radiation compared to other scenarios. On the other hand, it allows access to desirable rays in the winter. These sunshades seem to be a promising solution to achieve the optimisation of energy performance, meet the needs of the occupants and give an aesthetic appearance to the building.

Keywords

Energy performance, optimisation, shading, dynamics, protection, rays, solar, digital simulation, Revit, coastal zone.

ملخـص

يعد تحسين أداء الطاقة في المباني موضوعًا حظي باهتمام خاص في العقود الأخيرة من الباحثين، نظرًا لأهمية هذه المشكلة. تم تطوير العديد من عمليات التحكم في الطاقة الشمسية بهدف تقليل التأثيرات السلبية على الراحة الحرارية للشاغلين. من بين أمور أخرى، كاسرات شمسية ثابتة أو متحركة. على الرغم من الحلول المختلفة الموصى بها، فإن مشكلة أشعة الشمس لا تزال غير مدروسة بشكل كافٍ. تحاول هذه الدراسة اقتراح نموذج للمظلات الديناميكية الفعالة من أجل تقليل تغلغل الأشعة الشمسية غير المواتية في الصيف وتشجيعها في الشتاء في المناطق الساحلية للجزائر وبشكل خاص في جيجل. يعد بحثنا جزءًا من منظور لدراسة المساهمة التي يمكن أن توفرها مظلات الشمس الديناميكية للتحكم في الطاقة الشمسية مقارنة بوسائل الحماية الشمسية الحالية. تم تطوير هذا العمل من خلال محاكاة عددية تعتمد على برنامج الريفيت والمكوّن الإضافي "تحليل البصيرة الشمسية" الذي يسمح لنا بتقييم أداء ثلاثة سيناريوهات كميًا ونوعيًا: واقي من الشمس ثابت واحد، ومظلة شمسية ثابتة مجمعة، وأخيراً النموذج المقترح. أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن النموذج الديناميكي المقترح أكثر كفاءة مقارنة بالأجهزة الأخرى. واستطاعت خفض معدل إشعاع الشمس الصيفي بنسبة 98.9٪ كحد أقصى مقارنة بالسيناريوهات الأخرى. من ناحية أخرى، فإنه يسمح بالوصول إلى الأشعة المرغوبة في الشتاء. تبدو واقيات الشمس هذه حلاً واعدًا لتحقيق أقصى استفادة من أداء الطاقة، وتلبية احتياجات الركاب وإضفاء مظهر جمالي على المبنى.

الكلمـات المفتاحيـة

أداء الطاقة، التحسين، التظليل، الديناميكي، الحماية، الأشعة، الطاقة الشمسية، المحاكاة الرقمية، الريفيت، المنطقة الساحلية