

4-720-551-EX-1

République algérienne démocratique et populaire

*Université Saad Dahleb de Blida*

*Institut d'architecture et d'urbanisme*



*Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de master II en architecture*

*Option : Architecture bioclimatique*

Thème de recherche :

***Évaluation de l'impact des brise-soleil sur la réduction de la  
consommation énergétique***

Encadré par : Mme Maachi Ismahen

Co-encadré par : Mme Aliouche Sihem

Réalisé par : Tagmount Kahina

Année universitaire 2015-2016

## Préface :

### Présentation du Master :

#### Préambule :

Pour assurer la qualité de vie des générations futures, la maîtrise du développement durable et des ressources de la planète est devenue indispensable. Son application à l'architecture, à l'urbanisme et à l'aménagement du territoire concerne tout les intervenants : décideurs politiques, maîtres d'ouvrage, urbaniste, *architecte*, ingénieurs, paysagiste,...

La prise en compte des enjeux environnementaux ne peut se faire qu'à travers une démarche globale, ce qui implique la nécessité de sensibiliser chaque intervenant aux enjeux du développement durable et aux tendances de l'architecture écologique et bioclimatique.

Pour atteindre les objectifs de la qualité environnementale, la réalisation de bâtiments bioclimatique associe une bonne *intégration au site*, *économie d'énergie* et emploi de *matériaux sains et renouvelable* ceci passe par une bonne connaissance du site afin de faire ressortir les potentialités bioclimatiques liées au climat et au microclimat, sans perdre de vue l'aspect fonctionnel, et l'aspect constructif.

La spécialité proposée permet aux étudiants d'approfondir leurs Connaissances de l'environnement physique (chaleur, éclairage, ventilation, acoustique) et des échanges établis entre un environnement donnée et un site urbain ou un projet architectural afin d'obtenir une conception en harmonie avec le climat.

La formation est complétée par la maîtrise de logiciels permettant la prédétermination du comportement énergétique du bâtiment, ainsi que l'établissement de bilan énergétique permettant l'amélioration des performances énergétique d'un bâtiment existant.

#### Objectifs pédagogiques:

le master ARCHIBIO est un master académique visant la formation d'architectes, la formation vise à la fois une initiation à la recherche scientifique et la formation de professionnels du bâtiment, pour se faire les objectifs se scindent en deux parties complémentaire :

- la méthodologie de recherche : initiation à l'approche méthodologique de recherche problématique; hypothèse, objectifs, vérification, analyse et synthèse des résultats.

- la méthodologie de conception : concevoir un projet en suivant une démarche assurant une qualité environnementale, fonctionnelle et constructive .

### **Méthodologie :**

Après avoir construit l'objet de l'étude, formulé la problématique et les hypothèses , Le processus méthodologique peut être regroupé en cinq grandes phases:

1- *Elaboration d'un cadre de référence* dans cette étape il s'agit de recenser les écrits et autres travaux pertinents. expliquer et justifie les méthodes et les instruments utilisés pour appréhender et collecter les données

2- *Connaissance du milieu physique et des élément urbains et architecturaux d'interprétation appropriés*: connaissance de l'environnement dans toutes ses dimensions climatiques, urbaine, réglementaire;... pour une meilleur intégration projet.

3- *Dimension humaine, confort et pratiques sociale* : la dimension humaine est indissociable du concept de développement durable, la recherche de la qualité environnementale est une attitude ancestrale visant à établir un équilibre entre l'homme et sont environnement, privilégier les espaces de socialisation et de vie en communauté pour renforcer l'identité et la cohésion sociale .

4- *Conception appliquées" projet ponctuel "*: l'objectif est de rapprocher théorie et pratique, une approche centré sur le cheminement du projet, consolidé par un support théorique et scientifique, la finalité recherchée un projet bioclimatique viable d'un point de vue fonctionnel, constructif et énergétique.

5- *Evaluation environnementale et énergétique* : vérification de la conformité du projet aux objectifs environnementaux et énergétique a travers différents outils : référentiel HQE, bilan thermique , bilan thermodynamique, évaluation du confort, thermique, visuel,...

## **Remerciements :**

On dit souvent que le trajet est aussi important que la destination. Ces années m'ont permis de bien comprendre la signification de cette phrase toute simple. Ce parcours, en effet, ne s'est pas réalisé sans défis et sans soulever de nombreuses questions pour lesquelles les réponses nécessitent de longues heures de travail.

Au terme de ce travail, je tiens à remercier ALLAH le tout puissant de m'avoir donné la foi et de m'avoir permis d'en arriver là.

Je tiens précisément à exprimer ma reconnaissance et mes remerciements à Mme Maachi, ma promotrice ainsi qu'à ses Mme Aliouche, dont la disponibilité, le savoir faire et le soutien ne m'ont jamais fait défaut. Leurs conseils, leurs orientations ainsi que leur soutien moral et scientifique m'ont permis de mener à terme ce projet.

Mes remerciements vont également à mes parents ainsi qu'à toutes les personnes qui m'ont aidée de près ou de loin par le fruit de leur connaissance pendant toute la durée de mon parcours éducatif.

## **Dédicaces :**

Je dédie ce modeste travail à mes très Chers parents,

Tous les mots du monde ne sauraient exprimer l'immense amour que je vous porte, ni la profonde gratitude que je vous témoigne pour tous les efforts et les sacrifices que vous n'avez jamais cessé de consentir pour mon instruction et mon bien-être.

C'est à travers vos encouragements que j'ai opté pour cette noble profession, et c'est à travers vos critiques que je me suis forgée.

J'espère avoir répondu aux espoirs que vous avez fondés en moi..

Je vous rends hommage par ce modeste travail en guise de ma reconnaissance éternelle et de mon infini amour.

Que Dieu le tout puissant vous garde et vous procure santé, bonheur et longue vie pour que vous demeuriez le flambeau illuminant le chemin de vos enfants.

## Résumé :

Le confort thermique, dans les espaces de vie et de travail , constitue une demande connue et justifiée , à laquelle le concepteur doit apporter des solutions durables afin d'éviter toute opération de réhabilitation thermique prématurée .

Le besoin de construire beaucoup , vite et pas cher a engendré une rupture entre l'architecture, victime d'une technologie de chauffage et de climatisation, et son environnement le plus proche. Nous assistons aujourd'hui à la réalisation d'édifices transparents ,à travers l'utilisation excessive du modèle d'enveloppe mur-rideau. A cela s'ajoute le non respect d'une bonne **conception architecturale** soucieuse de la contrainte climatique et sans oublier la non maîtrise des paramètres thermiques de l'enveloppe de l'édifice.

La maîtrise des éléments passifs, contribuant au confort thermique , telles que l'isolation thermique, l'orientation des façades, les ouvertures, **les protections solaires**, la compacité de l'édifice et l'utilisation d'un vitrage à haute performance thermique minimisera sans doute les déperditions et gains thermiques dont souffrent les édifices .

C'est dans cette optique que vient s'inscrire ce travail en mettant en relief l'impact de l'intégration des **brise-soleil** sur la réduction de la **consommation énergétique**.

A cet effet, un des aspects de la méthodologie de travail adoptée sera la réalisation de **simulations** numériques pour évaluer l'impact réel de ce dispositif architectural.

**Mots clés :** confort thermique, conception architecturale, protection solaire, brise-soleil , Consommation énergétique, simulation

## Abstract

The thermal comfort, in the living and working spaces , constitutes an known application and justified , to which the designer must provide durable solutions in order to avoid any operation of rehabilitation of premature thermal .

The need to build much ,quickly and not expensive has led to a rupture between the architecture, the victim of a technology for heating and air conditioning, and its closest environment .

We are witnessing today in the achievement of transparent buildings ,through the excessive use of the envelope model , curtain wall system. Added to this is the non-compliance of a good architectural design concerned of the climate constraint and without forgetting the non mastery of thermal parameters of the building envelope.

The mastery of the passive elements, contributing to the thermal comfort , such as the thermal insulation, the orientation of the façades, the openings, solar protection, the

compactness of the building and the use of a glazing with high thermal performance will minimize without doubt the wastage and thermal gains which buildings are suffering. It is in this perspective that comes to register this work by highlighting the impact of the integration of breakwater sun on the reduction of energy consumption. For this purpose , one of the aspects of the methodology of work adopted will be the achievement of numerical simulations to assess the real impact of this architectural device.



### Liste des figures :

Figure 01: L'étiquette énergie (EDF/ADEME)<sup>1</sup>. Consommation énergétique en KWH /m<sup>2</sup> par an en énergie primaire

Figure 02 : prospective de la demande en énergie finale du secteur des bâtiments dans le monde.

Figure 03 : illustration de la consommation énergétique en Algérie par secteur

Figure 04 : illustration de la consommation du gaz et de l'électricité en Algérie

Figure 05: schéma représentant les principes de base d'une conception bioclimatique

Figure 06 ; maitrise des apports solaires en architecture bioclimatique

Figure 07: Rotation de la terre autour de son axe.

Figure 08: mouvement de la terre autour du soleil.

Figure 09 :composantes du rayonnement solaire global

Figure 10; Projection angulaire de la course solaire.

Figure 11 : Projection sphérique Position de l'horizon et du zénith .

Figure 12 :Trajectoires apparentes du soleil au cours de l'année.

Figure 13::Puissance solaire reçue en hiver et en été sur les surfaces horizontales et verticales orientées sud et à l'ouest .

Figure 14: Diagramme solaire pour une latitude de 47° nord (Nantes, Dijon)

Figure 15 : Concepts de la stratégie de froid

Figure 16 : Concepts de la stratégie de chaud

Figure 17 : Solgain : contribution des gains solaires passifs (%)

Figure 18: Le système à gains directs par les vitrages

Figure 19: Le système à mur Trombe

Figure 20: Le système couplant les deux précédents : serre accolée à une maçonnerie

Figure 21 : Position du soleil dans le ciel

Figure 22: Rayonnement solaire traversant un double vitrage par ciel serein (pourcentage)<sup>1</sup>

Figure 23: Rayonnement solaire traversant un double vitrage clair orienté sud et est , par ciel serein, pour différentes inclinaisons.

Figure 24 : La protection solaire en fonction de la hauteur du soleil .

Figure 25 : Casbah d'Alger

Figure 26 : Pergola

Figure 27 ; Avancée de toiture

Figure 28 : Balcons

Figure 29 : Auvent

Figure 30: Light-shelf

Figure 31: Redents

Figure 32: Protection solaire verticale fixe (ouest)

Figure 33: Loggia

Figure 34 : Stores enroulables (logements à Barcelone Arch. Pich y Aguilera

Figure 35: Stores vénitiens dans un bureau.

Figure 36: volet extérieur d'une maison individuelle.

Figure 37 : Les diaphragmes

Figure 38 : Panneaux coulissants souvent placés en façade, devant le balcon ( bâtiment d'habitation collectif )

Figure 39 : stores extérieurs. Cas d'une maison individuelle

Figure 40 : Toiles tendues Cas d'une maison individuelle

Figure 41 : Brise-soleil

Figure 42: double Vitrage absorbant

Figure 43: Vitrages réfléchissants d'un bâtiment .

Figure 44 : Les vitrages à stores intégrés. Exemple de bureau .

Figure 45 : Les vitrages électrochromes et gasochromes

Figure 46: Les vitrages à propriétés variables

Figure 47: Les vitrages solaires dits systèmes solaires actifs.

Figure 48 : Les modules photovoltaïques translucides

Figure 49 : type de protection solaire adaptée selon l'orientation <sup>2</sup>

Figure 50 : risque de surchauffes par orientation.

Figure 51 : Brise-soleil .

Figure 52 : Brise-soleil par film transparent.

Figure 53: Moucharabiehs

Figure 54: Stores et rideaux

Figure 55: exemple de brise-soleil à l'extérieur

Figure 56 : Brise Soleil horizontaux « Fixes »

Figure 57 : Brise-soleil horizontaux « mobiles »

Figures 58: Brise-soleil verticaux « fixes »

Figures 59 : Brise-soleil verticaux « mobiles »

Figures 60: exemples de brise-soleil horizontaux « mobiles »

Figures 61: exemples de brise-soleil sur La toiture « fixes et mobiles»

Figure 62: Vue sur le système de treillis composant la façade (état fermé)

Figure 63 : Vue sur le système de treillis composant la façade (état partiellement ouvert)

Figure 64 : Vue sur El Bahr towers

Figure 65: ouverture et fermeture des système à treillis en fonction de la course solaire

Figure 66: coupe sur le système à treillis.



Figure 67 : Vue sur une tour d'El Bahr towers

Figure 68: Vue de l'intérieur d'une tour d'El Bahr towers .

Figure 69 : Vue sur les deux façades d'El Bahr towers ( systèmes à treillis ouverts )

Figure 70 : exemple de brise-soleil à lames.

Figure 71: calcul des caractéristiques géométriques d'un auvent dans la cas d'une façade verticale

Figure 72 : dimensionnement d'une casquette

Figure 74 :photographie

Figure 75: Carte de situation d'Alger/

Figure 76: Carte de situation de Bouchaoui /Alger

Figure 77 : Carte de situation de l'institut

Figure 78: Carte de situation de l'institut /Bouchaoui .

Figure 79: Températures moyennes journalières

Figure 80: durée d'insolation en heures

Figure 81 : Orientation optimale pour le climat d'Alger

( simulation obtenue après introduction de la station météorologique d'Alger à l'aide du logiciel ECOTECT)

Figure 82 :photographie de l'INCC

Figure 83: Plan masse de l'INCC\_site objet de l'étude

Figure 84: Vue d'intérieur sur un laboratoire

Figure 85 : Vue sur la façade ouest

Figure 86 :Vue sur la passerelle menant à l'entrée principale du bâtiment ( côté est)

Figure 87 : Vue en perspective sur les façades est et sud

Figure 88 : Vue en perspective sur les façades ouest et nord

Figure 89: Vue en plan de l'espace d'étude

Figure 90 : Vue tridimensionnelle de l'espace d'étude

Figure 91: Façade ouest de l'espace d'étude

PV : photovoltaïque

INCC : institut National De Criminalistique Et De Criminologie

GES : gaz à effet de serre.

**Liste des annexes :**

Annexe n°01 : Les paramètres liés aux gains thermiques internes

Annexe n°02 : L'indicateur de l'efficacité d'une protection solaire .

Annexe n°03 : Résultats de la simulation des besoins énergétiques pour le scénario des caractéristiques des lamelles ( distance entre les lames )

Annexe n°04 : Résultats de la simulation des besoins énergétiques pour le scénario des caractéristiques des lamelles ( inclinaison des lames )

Annexe n°05 : Résultats de la simulation des besoins énergétiques pour le scénario des caractéristiques des lamelles ( orientation des lames )

Annexe n°06 : Résultats de la simulation des besoins énergétiques pour le scénario des de la distance par rapport à la façade .

Annexe n°07 : Résultats de la simulation des besoins énergétiques pour le scénario des matériaux des brise-soleil :

## Sommaire :

Préface	
Remerciements	
Dédicaces	
Résumé	
Abstract	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Liste des annexes	
Introduction générale .....	01
<b>PREMIER CHAPITRE INTRODUCTIF</b>	
1.. Problématiques .....	03
1.2. Hypothèses.....	03
1.3. Objectifs.....	04
1.4. Méthodologie de travail.....	04
1.5. Structure du mémoire .....	05
1.6. Organigramme de la structure du mémoire .....	07
<b><u>CHAPITRE 2 : ÉTAT DES CONNAISSANCES</u></b>	
Introduction : .....	08
<b>2.1.Energie et performance énergétique</b>	
2.1.1 L'énergie : définition et concept .....	09
2.1.2. Consommation énergétique des bâtiments.....	09
2.1.3. Performance énergétique des bâtiments.....	09
2.1.4.Les enjeux énergétiques dans la construction.....	10

2.1-5- La consommation énergétique en Algérie.....	10
2.1.6. <i>La construction durable, un enjeu incontournable</i> .....	11
<b>2.2. L'architecture bioclimatique :</b>	
2.2.1. Définition de l'architecture bioclimatique .....	12
2.2.2. Principes de base de l'architecture bioclimatique .....	12
<b>2.3. Notions fondamentales sur le solaire</b>	
2.3.1. Mouvement annuel de la terre autour du soleil .....	13
2.3.2. Composition du rayonnement solaire .....	14
2.3.3. La course solaire et ensoleillement .....	15
2.3.4. Trajectoire apparente du soleil sur la voûte céleste .....	15
2.3.5. Les radiations solaires .....	15
2.3.6. Diagramme solaire.....	16
<b>2.4. Le confort thermique</b>	
2.4.1. <i>la notion de confort thermique</i> .....	17
2.4.2. <i>Évaluation du confort thermique</i> .....	17
2.4.2.1. Les paramètres affectant le confort thermique .....	17
2.4.2.2. Les paramètres liés aux gains thermiques internes.....	17
2.4.3. Les stratégies bioclimatiques pour améliorer le confort thermique.....	18
<b>2.5 . Les apports solaires dans le bâtiment</b>	
2.5.1 . Présentation des apports solaires.....	19
2.5.2 . Les systèmes passifs d'apport solaire ( bénéfiques en hiver.....	19
2.5.3. Maitrise des apports solaires ( protection en été) .....	20
<b>2.6 . Les protections solaires</b>	
<b>2.6.1-Généralités</b> .....	22
2.6.1.1 Définition de la protection solaire .....	22
2.6.1.2. Objectifs de la protection solaire.....	22
2.6.1.3. Types de protections solaires .....	23

2.6.1.3.1 Les protections liées à l'environnement .....	23
2.6.1.3.2 Les masques architecturaux fixes .....	24
2.6.1.3.3. Les protections mobiles .....	25
2.6.1.3.4. Les vitrages protecteurs permettant le contrôle solaire .....	26
2.6.1.4. Types de protections solaires adaptées selon les orientations.....	27
<b>2.6.2. Les brise-soleil .....</b>	<b>28</b>
2.6.2.1. Définition .....	28
2.6.2.2- Fonctions .....	28
2.6.2.3. Typologie.....	28
2.6.2.3.1 . Brise-soleil à l'intérieur .....	29
2.6.2.3.2- Brise-soleil à l'extérieur.....	29
2.6.2.4. Présentation d'un exemple.....	32
2.6.2.5. Avantages du brise-soleil pourvu de systèmes à lames .....	33
2.6.2.6. Dimensionnement des brise-soleil .....	34
<b>Conclusion.....</b>	<b>35</b>
 <b><u>CHAPITRE 3 : CAS D'ÉTUDE</u></b>	
<b>Introduction .....</b>	<b>36</b>
 <b>3.1. Présentation du cas d'étude</b>	
3.1.1 -Situation de l'INCC.....	38
3.1.2 . <i>Données climatiques</i> .....	39
3.1.3. Critères de choix du bâtiment d'étude.....	40
3.1.4- Présentation du bâtiment d'étude.....	41
3.1.5. Présentation des principales fonctions que le bâtiment abrite.....	41
3.1.6 -Présentation de l'espace objet de l'étude.....	42
 <b>3.2- L'enquête :</b>	
-Synthèse de l'enquête .....	46

### **3.3. Simulation numérique de l'espace d'étude**

3.3.1. Les outils numériques de simulation.....	46
3.3.2. Choix et présentation du logiciel ECOTECT.....	47
3.3.3. Fonctions principales offertes par le logiciel ECOTECT.....	47
3.3.4. Simulation numérique des besoins énergétiques et des apports solaires directs.....	48
3.3.4.1- Présentation des paramètres de la simulation.....	48
3.3.4.2.Méthodologie de la simulation.....	49
3.3.4.3. Les simulations : résultats, interprétation et conclusions.....	50
Scénario 01: baie vitrée pourvue et dépourvue de brise-soleil (cas d'étude) : .....	50
Scénario 02 : caractéristiques des lamelles des brise-soleil : .....	53
Scénario 03: distance par rapport à la façade : .....	56
Scénario 04: matériaux des brise-soleil : .....	57
*Approche comparative entre les différents résultats : .....	58
Scénario 05: l'orientation : .....	59
Scénario 06: le pourcentage de couverture de la surface vitrée par les brise-soleil .....	62
Scénario 07 : le type de brise-soleil : la façade sud fera l'objet des simulations suivantes: ...	63
Scénario 08 :Type de vitrage de le fenêtre ; .....	64
*Approche comparative entre les différents résultats : .....	65
3.3.5. Conclusion des simulations .....	66
3.3.6. Solutions proposées pour améliorer l'efficacité des brise-soleil utilisés dans le bâtiment d'étude .....	66
3.3.7. Recommandations .....	67
3.3.8. Conclusion .....	68
Conclusion générale .....	69

Bibliographie

Annexes

## Introduction générale:

Après la forte croissance qui a suivi la deuxième guerre mondiale, la fin du vingtième siècle fut marquée par des catastrophes environnementales (tels que l'aggravation de l'effet de serre, l'épuisement des ressources naturelles du à l'explosion démographique, l'impact grave des pollutions sur la santé humaine et les catastrophes industrielles ) qui altèrent l'opinion publique sur les nouveaux risques planétaires et contribuèrent à la naissance d'une certaine conscience écologique et humaniste. C'est dans ce contexte qu'est apparue pour la première fois en 1972 lors de la conférence de Stockholm sur l'environnement, la notion de **développement durable**.

Le secteur du bâtiment et de la construction est l'un des secteurs les plus concernés par les enjeux du développement durable. La priorité est pointée et le plus souvent accordée aux enjeux de maîtrise énergétique et de gestion des ressources naturelles ainsi qu'à la lutte contre les différentes pollutions qu'il peut générer (CO<sub>2</sub>, déchets de matériaux, etc.). Le développement durable est désormais un véritable enjeu de société, d'où la nécessité de réorientation du bâtiment vers l'écologie, surtout à cause de notre dépendance énergétique.

Le secteur du Bâtiment et des Travaux Publics (BTP) utilise beaucoup de matières premières et génère des tonnes de déchets annuellement. Le secteur résidentiel et tertiaire sont responsables de la consommation globale d'énergie et des émissions de gaz à effet de serre. Les économies d'énergie et la réduction des émissions de gaz à effet de serre, responsables du réchauffement climatique, sont un enjeu considérable pour le secteur du bâtiment : la construction de maisons passives, de bâtiments à énergie positive, les diagnostics de performance énergétique ou encore les bilans carbone sont à l'ordre du jour dans les nouvelles constructions et dans la réhabilitation des anciennes. Le secteur du bâtiment intègre progressivement dans ses constructions les critères de la Haute Qualité Environnementale, afin de minimiser son impact environnemental.

L'architecture bioclimatique s'inscrit dans cette démarche et vise par des outils de conception, à optimiser les ressources du milieu pour en profiter de façon **passive**. Cela permet de limiter les équipements « actifs », consommateurs d'énergie primaire : les systèmes de chauffage, de climatisation, de transformation de l'énergie solaire en électricité, etc.

Les réponses architecturales diffèrent en fonction du climat, de la latitude, des savoir-faire locaux, des besoins, voire des cultures.

Les principes de base de l'architecture bioclimatique reposent sur le soin mis à capter les rayons solaires en hiver et à s'en protéger en été. La protection solaire recouvre de nombreux intérêts pour le confort thermique des usagers, mais aussi l'économie d'énergie. Plusieurs dispositifs peuvent être mis en œuvre, tels que **les brise-soleil**

Le sujet de cette étude s'articulera autour de l'utilisation des brise-soleil, le rôle qu'ils jouent dans l'amélioration du confort qu'un espace bâti peut induire de manière « naturelle » c'est à dire en minimisant le recours aux énergies non renouvelables.



# 1. Chapitre introdudctif

## **1.1. Problématiques :**

L'occupant est au centre de l'architecture bioclimatique et le soleil occupe une place de choix dans la conception et l'élaboration de projets ayant pour but la satisfaction aux différentes exigences du confort thermique. Beaucoup de travaux et de recherches ont pu élaborer des techniques et des méthodes qui permettent de contrôler l'ensoleillement et ainsi profiter de ses avantages en hiver, tout en atténuant ou en évitant ses effets nuisibles en été.

En Algérie, on voit beaucoup de bâtiments avec des façades entièrement transparentes voir le jour. Cela est issu principalement de la volonté de s'inscrire dans la tendance contemporaine de l'architecture. Cependant ces façades sont le plus souvent dépourvues de système de protection solaire d'où le recours aux techniques de chauffage et de climatisation artificiels, connus pour être considérablement énergivores.

Alger baigne dans un climat typiquement méditerranéen avec des étés chauds et secs et des hivers doux et pluvieux. L'institut national de criminalistique et de criminologie de Bouchaoui, qui fera l'objet d'étude de ce mémoire, présente de grandes façades vitrées dotées de brise-soleil.

- 1. Quel impact ont les brise-soleil sur la performance énergétique d'un bâtiment ? Comment contribuent ces systèmes passifs à la réduction des besoins en climatisation en été et ne contraignent pas le bâtiment à bénéficier des apports solaires directs en hiver ?**
- 2. Peut-on démontrer que l'intégration des brise-soleil de n'est pas issue d'une volonté architecturale et esthétique uniquement ?**

## **1.2. Hypothèses :**

**\* En été**, lorsqu'ils sont bien dimensionnés, positionnés et orientés, les brise soleil atténuent l'impact des rayons solaires frappant les façades en été et donc contribuent à la garantie du confort thermique et à la réduction du recours aux systèmes de climatisation artificielle.

**\* En hiver**, les brise-soleil laissent pénétrer les rayons solaires à l'intérieur des espaces lorsqu'ils sont bien dimensionnés, orientés et disposés. Cela permet de bénéficier d'apports solaires contribuant au chauffage passif et donc une atténuation de la dépendance aux systèmes énergivores.

Un brise-soleil fixe pourrait être responsable de la non garantie du système de chauffage solaire passif s'il est mal dimensionné et disposé .

\*L'aspect esthétique d'une façade pourrait devenir secondaire lorsqu'il s'agit de se protéger des rayons solaires directs, cause d'inconfort . Les brise-soleil peuvent constituer des éléments de conception et d'ornementation de la façade sans pour autant nuire au confort des usagers.

### **1.3. Objectifs :**

Les objectifs de cette recherche sont les suivants:

- Démontrer l'efficacité des brise-soleil sur la réduction des besoins énergétiques ( et donc les dépenses et dépendances énergétiques) et la contribution de ce dispositif architectural à la satisfaction des exigences de confort thermique , en se basant sur une démarche bioclimatique .
- Identifier les paramètres utilisés pour un choix judicieux des protections solaires.
- À travers les simulations, illustrer comment ces outils participent à la décision lors de la conception.
- Mettre en évidence les points forts et les carences des brise-soleil du bâtiment faisant l'objet d'étude.
- -En fonction des résultats obtenus, élaborer des recommandations susceptibles d'améliorer les conditions de confort de l'espace.

### **1.4. Méthodologie de travail :**

La méthodologie suivie pour vérifier les hypothèses émises, et atteindre les objectifs tracés repose sur deux outils de recherche : « la simulation » par un programme informatique et « une interview » à travers un questionnaire émis aux occupants de l'espace d'étude , s'inspirant de la méthode P.O.E « l'évaluation post-occupationnelle », visant à savoir si l'espace répond correctement aux exigences de son fonctionnement et de ses usagers.

L'étude va se tenir sur deux périodes représentatives de la saison froide et chaude , afin de vérifier l'impact des brise-soleil sur le confort thermique. La simulation aura pour rôle de choisir les solutions permettant d'obtenir le confort pendant toute l'année.

Et pour valider les hypothèses évoquées, l'analyse des différentes situations s'est faite en suivant les étapes suivantes :

**A- Un volet théorique** : état des connaissances, qui s'est basé sur :

\* **La recherche bibliographique** : afin de mieux comprendre les définitions et les concepts et une bonne familiarisation avec le thème. Elle consiste à la recherche de documents ,

ouvrages, revues, thèses de magister et de doctorat, sites internet, articles divers, etc) qui traitent l'architecture bioclimatique , les protections solaires , le confort thermique et l'efficacité énergétique .

\***La collecte des données** qui consiste à la recherche de documents graphiques ( plans, coupes, façades, photographies) du bâtiment étudié .

**B- Un volet pratique :** à travers :

\***L'enquête :** à travers des entretiens avec les usagers et des visites qui ont eu lieu pour évaluer le confort thermique dans l'espace étudié.

\* **La simulation numérique :** en adoptant un logiciel considéré comme crédible et authentique pour la recherche scientifique (ECOTECT ANALYSIS 2011 ) .

### **1.5. Structure du mémoire :**

Afin de répondre aux objectifs cités précédemment, il est important d'avoir une approche méthodique et structurée du sujet traité, ainsi l'étude sera attelée à confirmer ou à infirmer ces hypothèses à travers une structuration de la recherche qui va s'articuler autour de trois chapitres , précédés par une introduction et suivies par une conclusion :

➤ **01. Chapitre introductif :**

il comportera une présentation du Master Architecture Bioclimatique, la problématique de la présente recherche, les hypothèses, les objectifs, la méthodologie de travail, la structure et le plan du mémoire.

➤ **02. Chapitre : Etat de connaissances:**

il comportera la partie théorique de la recherche , pour une familiarisation avec le sujet. Ce chapitre sera scindé en plusieurs points ayant pour objectif de cerner et de comprendre tous les éléments théoriques de base en rapport avec le sujet de recherche contribuant à la canalisation de la présente étude vers les objectifs ciblés. les points qui seront traités sont les suivants:

- -Energie et efficacité énergétique : définitions, consommation, performance et efficacité énergétique.
- Architecture bioclimatique : définition, principes de base, méthodologie de conception.
- Notions fondamentales sur le solaire.

- Notions sur le confort thermique dans le bâtiment: définition, évaluation et stratégies bioclimatiques.
- Les apports solaires dans le bâtiment : maîtrise des apports solaires.
- -Protections solaires : définitions, objectifs, typologie.
- Brise-soleil : définitions, fonctions, typologie, exemple avantages et dimensionnement du brise-soleil.

➤ **03. Chapitre 3: étude de cas**

il concerne le volet pratique, basé sur les simulations à travers l'association de scénarios aux brise-soleil . Dans ce chapitre ,les points suivants seront abordés :

Présentation du cas d'étude: : l'environnement de l'étude à savoir le site et le climat , qui servira de base pour les interprétations. L'étude du bâtiment cas d'étude, de l'espace d'étude et de ses différentes composantes seront également développés

--L'enquête : présentation d'un questionnaire et de l'ensemble des réponses récoltées.

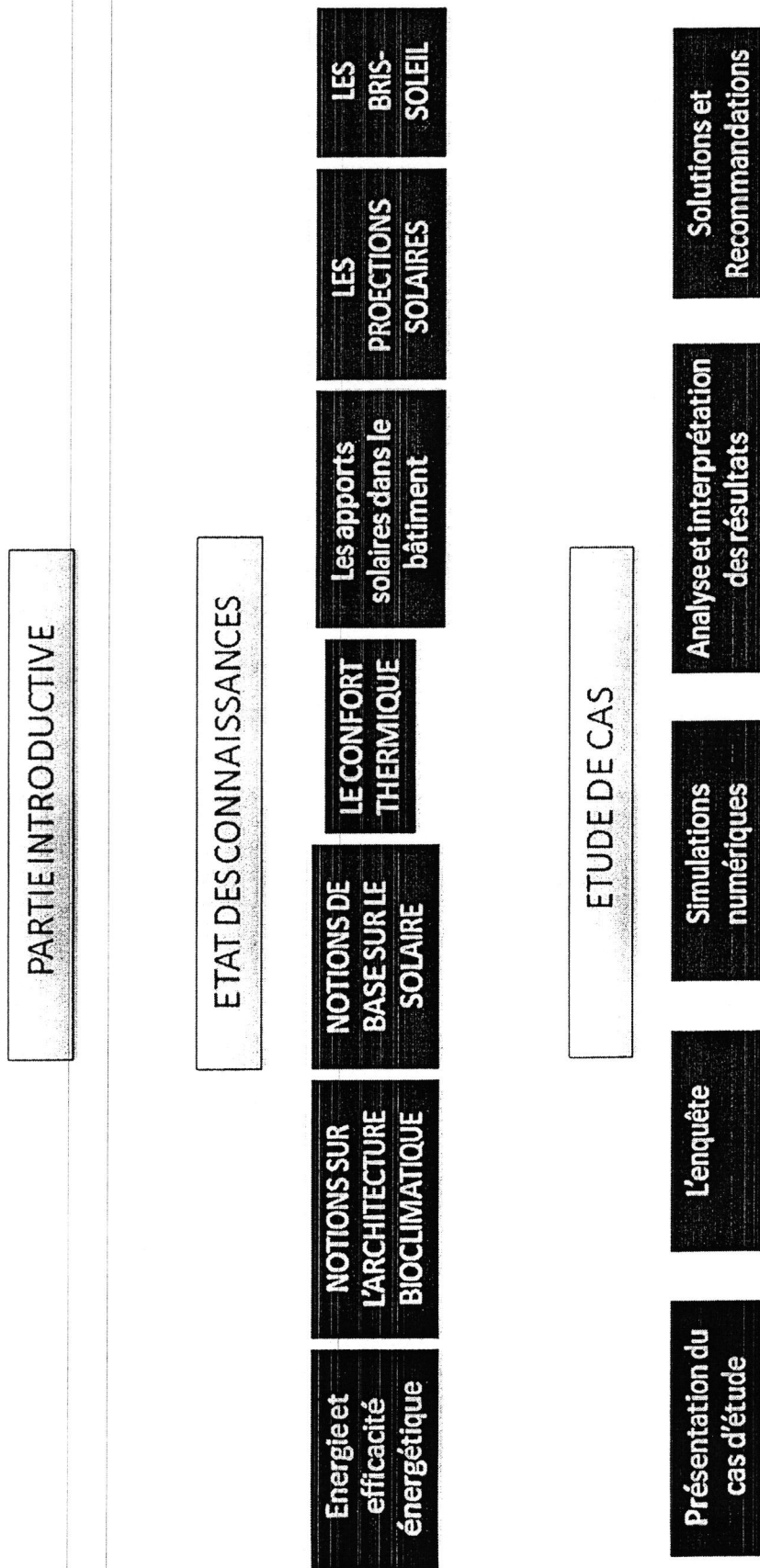
-Les simulations numériques : présentation du logiciel ECOTECH , des paramètres de la simulation, de la méthodologie de la simulation .

- Simulation numérique: présentation des résultats des scénarios, Analyse et interprétation .

- Solutions et recommandations.

## 1.6. Organigramme de la structure du mémoire :

Introduction générale



Conclusion générale

## CHAPITRE 2 :

# ÉTAT DES CONNAISSANCES

## Introduction :

La maîtrise de l'énergie est un des problèmes majeurs auxquels notre société va devoir faire face dans les décennies à venir, à la fois en termes d'épuisement des ressources et d'impact sur le réchauffement de la planète. Les tentations des concepteurs pour créer des ambiances intérieures confortables dans une optique de développement durable se matérialisent par l'apparition de nouveaux vocabulaires et concepts.

Ces nouveaux concepts qui, aujourd'hui, prennent une nouvelle dimension d'économie d'énergie et de rentabilité, tentent de s'intégrer dans une démarche plus généreuse liée à la notion globale d'éco-bâtiment ou éco-construction. Le pari est de maîtriser naturellement les confort d'été et d'hiver, en privilégiant des solutions simples et de bon sens telles que : la bonne orientation, le choix judicieux des matériaux, la prise en compte de l'environnement, la végétation, etc.

Le soleil, cet élément vital pour la plupart des êtres vivants sur terre fut l'objet de vénération par les peuples et les civilisations anciennes avant d'être l'un des plus importants domaines de recherche de notre époque et ce depuis l'apparition des sciences telles que l'astronomie. Actuellement, le soleil fait partie des sujets les plus importants de la recherche scientifique dans diverses disciplines notamment l'architecture, et plus précisément l'architecture dite bioclimatique.

Le soleil est une source d'énergie gratuite en hiver mais il peut également être une source d'énergie cause d'inconfort thermique en été. Dans tout bâtiment, il conviendrait de maîtriser les apports solaires en toute saison.

Le choix de façades entièrement transparentes sur de grandes surfaces est un défi considérable. L'intensité solaire, les températures extérieures et le climat interne sont des critères variables qu'un concept de protection solaire performant prend en compte, et ceci en toute saison.

L'architecture a connu une évolution spectaculaire au cours des dernières décennies grâce aux développements innovateurs dans le domaine des matériaux de construction et dans la technique de la climatisation. Les bâtiments sont devenus des structures transparentes pourvues de grandes surfaces de verre claires. Ceci a pour avantage d'utiliser de façon optimale la chaleur solaire passive et la lumière du jour. Les inconvénients sont des excès de chaleur, des éblouissements et des réverbérations gênants.

La protection solaire est un élément clé pour améliorer l'efficacité énergétique et la gestion des apports solaires dans les bâtiments existants et optimiser la conception des Bâtiments Basse Consommation. Cette technologie est encore sous-utilisée bien qu'elle ait un impact majeur sur la réduction de la consommation d'énergie des constructions et qu'elle améliore le confort thermique et visuel des occupants.

En effet, les dispositifs de protection solaire permettent d'ajuster les propriétés des fenêtres et des façades aux conditions climatiques et aux besoins des occupants. Une bonne gestion de ces systèmes peut alors maximiser les apports solaires en hiver – réduisant ainsi les besoins de chauffage – et minimiser ces apports en été – réduisant ainsi les besoins de refroidissement – tout en apportant en même temps un bon confort visuel pour les occupants.

Afin de faire un choix pertinent en termes de produits et de gestion de la façade lors de la conception d'un nouveau bâtiment ou de travaux sur un bâtiment existant, il est nécessaire de prendre en considération les caractéristiques des dispositifs de protection solaire. En effet, ces produits ont un impact sur le niveau d'isolation de la façade et son facteur de transmission solaire. En conséquence, il est nécessaire de trouver le meilleur équilibre entre toutes ces caractéristiques en fonction des propriétés du bâtiment, son emplacement et son orientation.



## 2.1. Energie et performance énergétique :

### 2.1.1 L'énergie : définition et concept :

Capacité d'un système à produire un travail. L'énergie est l'un des quatre concepts prédéfinis de la physique, avec la matière, l'espace et le temps. Selon Depecker, le concept de l'énergie peut s'introduire dans l'architecture à travers deux thèmes principaux :

\* le coût énergétique « initial » de l'ouvrage se forme à partir du coût énergétique des matériaux utilisés, et du coût de la construction .

• le coût énergétique « vécu » de l'ouvrage qui correspond à la consommation en chauffage ou climatisation, éclairage et alimentation.

*Le besoin de l'énergie en chaleur ou climatisation dans les bâtiments se traduit par une demande d'électricité, du fuel-oil ou de gaz. <sup>1</sup>*

### 2.1.2. Consommation énergétique des bâtiments :

On appelle consommation énergétique du bâtiment ou *indice énergétique* la consommation annuelle d'énergie du bâtiment nécessaire au chauffage divisée par la surface chauffée.

$$\text{Indice énergétique} = \frac{\text{Consommation d'énergie}}{\text{Surface de référence énergétique}}$$

• la consommation d'énergie est exprimée en kilowattheures par an (kWh/an), elle comptabilise les besoins de chauffage du bâtiment, et les besoins pour la production d'eau chaude sanitaire .

• la surface de référence énergétique est exprimée en mètres carrés (m<sup>2</sup>).

La consommation énergétique, ou indice énergétique, est donc une puissance par unité de surface, exprimée en kilowattheures par mètre-carré et par an (kWh/(m<sup>2</sup>.an)).

La consommation énergétique d'un bâtiment dépend non seulement des performances thermiques du bâtiment (isolation, compacité, apports solaires passifs, etc.) mais aussi de la consigne de température souhaitée par les habitants. En effet, une hausse de température de consigne de 1 °C peut engendrer, selon les bâtiments, une augmentation de la consommation d'énergie de 6 % à 20 %..

Cette définition n'est pas unique. Selon les pays, les usages peuvent varier. En particulier, la surface de référence retenue au dénominateur qui peut tenir compte ou non de l'épaisseur des murs, exclure ou non les pièces techniques (cages d'ascenseur, chaufferie), exclure une partie de l'espace au sol selon la hauteur du plafond, etc. D'autre part, le numérateur peut inclure, outre les consommations de chauffage, les consommations de climatisation, les consommations électriques etc. Il peut aussi ne représenter que les *besoins* de chauffage, c'est-à-dire sans tenir compte de la performance de l'équipement de chauffage effectivement mis en œuvre.

### 2.1.3. Performance énergétique des bâtiments :

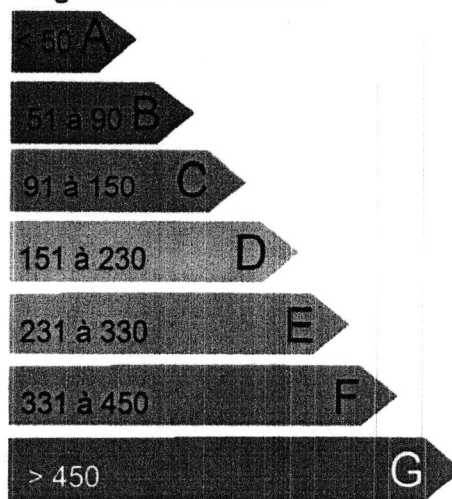
La performance énergétique des bâtiments est la quantité d'énergie effectivement consommée ou estimée pour répondre aux différents besoins liés à une utilisation standardisée du bâtiment, ce qui peut inclure entre autres le chauffage, l'eau chaude, le système de refroidissement, la ventilation et l'éclairage.

1 SALR. C, Conception des formes urbaines et contrôle énergétiques, Actes du colloque Nantes 25/26 Avril 1986, p112. 5 Les cahiers techniques du bâtiment N° 240 Février 2004, p43. 6 D'après la Résolution 974 année 1991 relative aux sources d'énergies renouvelables et à l'hydrogène solaire.

Cette quantité est exprimée par un ou plusieurs indicateurs numériques résultant d'un calcul prenant en compte l'isolation, les caractéristiques techniques et les caractéristiques des installations, de la conception et de l'emplacement eu égard aux paramètres climatiques, à l'exposition solaire et à l'incidence des structures avoisinantes, de l'auto-production d'énergie et d'autres facteurs, y compris le climat intérieur, qui influencent la demande d'énergie;

Les travaux et stratégies d'amélioration de la performance énergétique peuvent prendre place au moment de la construction, ou lors d'opération de réhabilitation/transformation/ réaffectation, ou encore de reconstruction. Ils concernent l'échelle d'un bâtiment, de quartier voire de l'urbanisme.

### Logement économe



### Logement énergivore

Figure 01: L'étiquette énergie (EDF/ADEME)<sup>1</sup>. Consommation énergétique en KWH /m<sup>2</sup> par an en énergie primaire  
Source: www.bilan-thermique.com

## 2.1.4. Les enjeux énergétiques dans la construction ;

Une consommation majeure à l'échelle mondiale :

Le tiers de la consommation mondiale en énergie finale : Le secteur des bâtiments (résidentiel et tertiaire) représente aujourd'hui un peu plus du tiers de la consommation mondiale en énergie finale. Dans l'ensemble des pays en développement, la part de sa consommation dépasse 40%. Selon le scénario de référence de l'Agence Internationale de l'Énergie, la consommation d'énergie finale des bâtiments dans le monde pourrait atteindre environ 3 800 millions de tonnes équivalent pétrole en 2030, dont environ la moitié (1800 Mtep) proviendrait des pays en développement.<sup>2</sup>

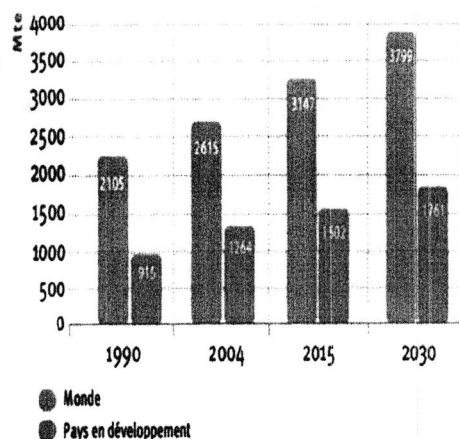


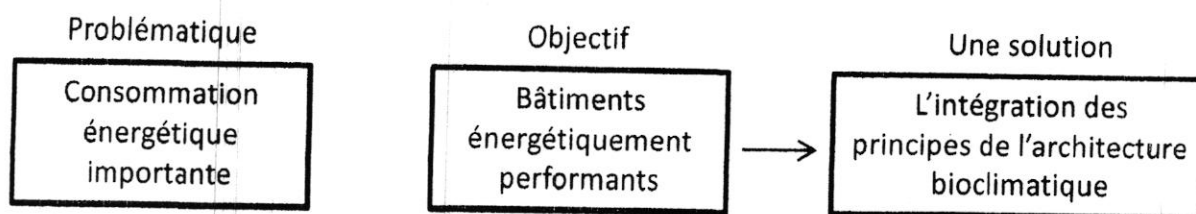
Figure 02 : prospective de la demande en énergie finale du secteur des bâtiments dans le monde. Source : voir <sup>1</sup>

## 2.1-5- La consommation énergétique en Algérie :

L'Algérie, riche en gaz et en pétrole ne s'est intéressée sérieusement à la rationalisation de l'utilisation de l'énergie qu'à la fin des années 80. Le 24 février 1971, date de la décision de nationalisation du secteur pétrolier, ainsi que la maîtrise et le contrôle des ressources pétrolières et gazières.

<sup>1</sup>Source : Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques- les protections solaires :p.199

<sup>2</sup> La mise en place de la réglementation thermique et énergétique en Tunisie .PDF en ligne Novembre 2010 [http://www.ffem.fr/webdav/site/ffem/shared/ELEMENTS\\_COMMUNS/U\\_ADMINISTRATEUR/5-PUBLICATIONS/Changement\\_climatique/Plaquette\\_Tunisie\\_ReglThermique\\_fr.pdf](http://www.ffem.fr/webdav/site/ffem/shared/ELEMENTS_COMMUNS/U_ADMINISTRATEUR/5-PUBLICATIONS/Changement_climatique/Plaquette_Tunisie_ReglThermique_fr.pdf)



## 2.2. L'architecture bioclimatique :

Avec les préoccupations grandissantes du développement durable, le secteur du bâtiment doit donc répondre à des exigences fondamentales : maîtriser à la fois les impacts sur l'environnement extérieur et assurer des ambiances intérieures saines et confortables .

De ce fait, le souci de l'architecture bioclimatique est de permettre au bâtiment de bénéficier d'ambiances intérieures proches du confort pour une plage de variations des conditions extérieures assez large, sans le recours au conditionnement d'air artificiel . L'architecture bioclimatique permet de dépenser une quantité d'énergie réduite (chauffage ou climatisation ) et de réaliser des économies.<sup>2</sup> Elle vise principalement l'amélioration du confort qu'un espace bâti peut induire de manière « naturelle » , c'est-à-dire en minimisant le recours aux énergies non renouvelables.

Etant donné que cette recherche va aborder l'un des principes majeurs de la démarche bioclimatique comme élément acteur dans le confort thermique des bâtiments, en l'occurrence la protection solaire il est donc impératif de présenter et de définir ces concepts.

### 2.2.1. Définition de l'architecture bioclimatique :

Principe de conception architecturale visant à utiliser au moyen de l'architecture elle-même , les éléments favorables du climat en vue de la satisfaction des exigences de confort

Redécouverte au début des années 70, l'architecture bioclimatique recherche une synthèse harmonieuse entre la destination du bâtiment, le confort de l'occupant et le respect de l'environnement, en faisant largement appel aux principes de l'architecture. L'architecture bioclimatique permet de réduire les besoins énergétiques et de créer un climat de bien être dans les locaux avec des températures agréables, une humidité contrôlée et un éclairage naturel abondant.

Le concept « bioclimatique » fait référence à la bioclimatologie qui est une partie de l'écologie. Elle étudie plus particulièrement les relations entre les êtres vivants et le climat.

En effet, une architecture bioclimatique tire le meilleur parti du rayonnement solaire et de la circulation naturelle de l'air. Il s'agit de trouver l'équilibre idéal entre l'habitat, le mode de vie des occupants et le climat local, en ajustant l'orientation de la maison, la disposition des ouvertures et la répartition des pièces. Même la végétation a son rôle à jouer : un simple écran végétal peut protéger efficacement contre le vent et le rayonnement solaire.

-L'intérêt :

Confort

+

Économie de la construction

### 2.2.2.Principes de base de l'architecture bioclimatique :

S'inscrivant dans une démarche de développement durable, l'architecture bioclimatique se base sur les principes suivants :

• **Minimisation des pertes énergétiques en s'adaptant au climat environnant:**

1. Compacité du volume.
2. Isolation performante pour conserver la chaleur.
3. Réduction des ouvrants et surfaces vitrées sur les façades exposées au froid ou aux intempéries.

• **Privilégier le rafraîchissement naturel en été:**

1. Protections solaires fixes, mobiles ou naturels (avancées de toiture, **végétation**,...)
2. Ventilation.
3. Inertie appropriée.

• **Privilégier les apports de lumière naturelle :**

1. Intégration d'éléments transparents bien positionnés
2. Choix des couleurs

• **Privilégier les apports thermiques naturels et gratuits en hiver:**

1. Ouvertures et vitrages sur les façades exposées au soleil
2. Stockage de la chaleur dans la maçonnerie lourde
3. Installations solaires pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire

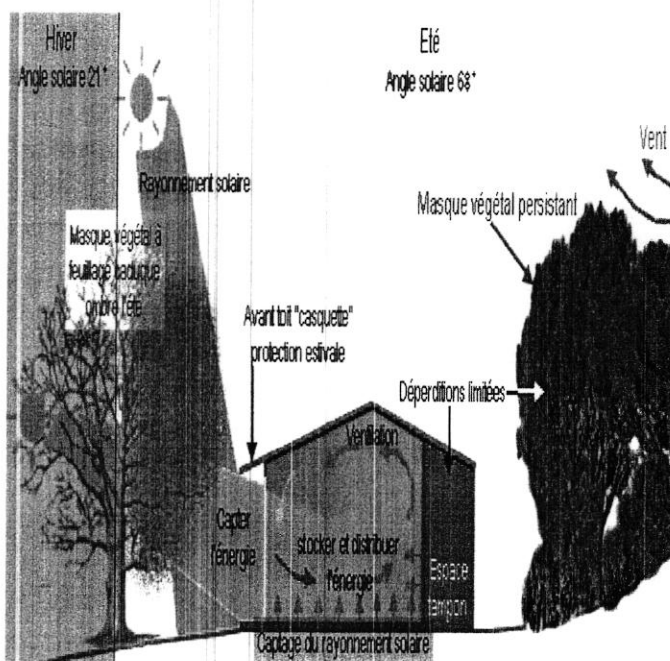


Figure 05: schéma représentant les principes de base d'une conception bioclimatique (Source Web : [mamaisonbioclimatique.blogspot.fr](http://mamaisonbioclimatique.blogspot.fr))



Figure 06 ; maîtrise des apports solaires en architecture bioclimatique (Source Web : [le guide de l'hébergement touristique durable .fr](http://le guide de l'hébergement touristique durable .fr))

## 2.3. Notions fondamentales sur le soleil :

« Le soleil : celui sans lequel les choses ne seraient ce qu'elles sont ». Cécile Horel.

### 2.3.1. Mouvement annuel de la terre autour du soleil :

4 positions clés

- 2 équinoxes (printemps et automne) : jour = nuit
- 2 solstices (21 juin et 21 Décembre) : jours les plus long et le plus court de l'année.

**•Le système soleil - terre :**

Le soleil constitue notre source énergétique fondamentale, ses caractéristiques soumettent la terre à des variations saisonnières affectant l'évolution de l'ensoleillement et des températures.

Les mouvements de la terre à l'intérieur du système solaire sont très complexes. La rotation terrestre (1690 km/h au droit de l'équateur) définissent le cycle jour/nuit, alors que sa rotation autour du soleil (1710 km/min) provoque les changements saisonniers . La rotation de la terre autour du soleil dure un peu moins de 365 jours. La terre est accompagnée de son satellite, la lune, qui perturbe le champ gravitationnel terre – soleil, donc c'est bien le centre de gravité terre – lune qui est à l'origine de la trajectoire légèrement elliptique autour du soleil

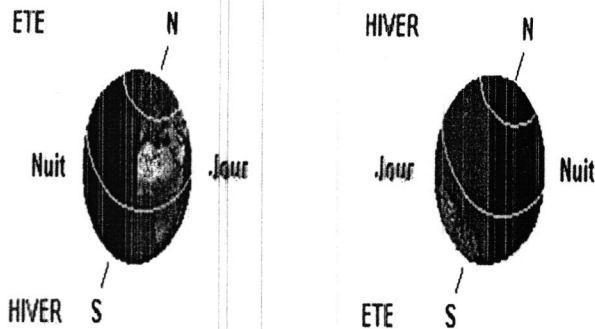


Figure 07: Rotation de la terre autour de son axe. (Source : Encyclopédie de l'espace et de l'univers, 2000)

« Le soleil : celui sans lequel les choses ne seraient ce qu'elles sont ». Cécile Horel.

**2.3.2 .Composition du rayonnement solaire :**

Le rayonnement solaire est le déplacement de l'énergie sous forme de radiations solaires, transmettant de la chaleur sous forme d'ondes électromagnétiques constituant le spectre solaire.

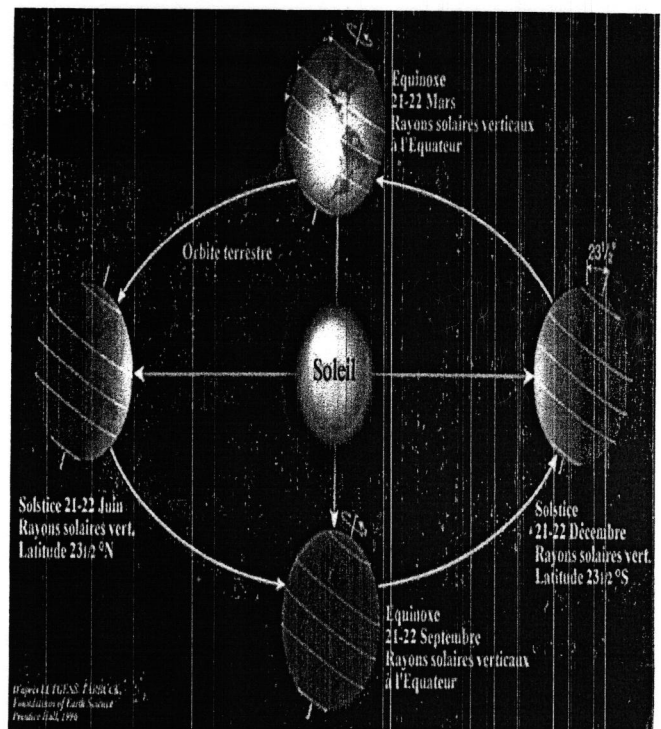


Figure 08: mouvement de la terre autour du soleil/Source : Pierre Seille, ENS INSA Lyon, 2000 <http://www.ens-lyon.fr/Planet-Terre/Infosciences/Planetologie/Description/Articles/solstice.html>

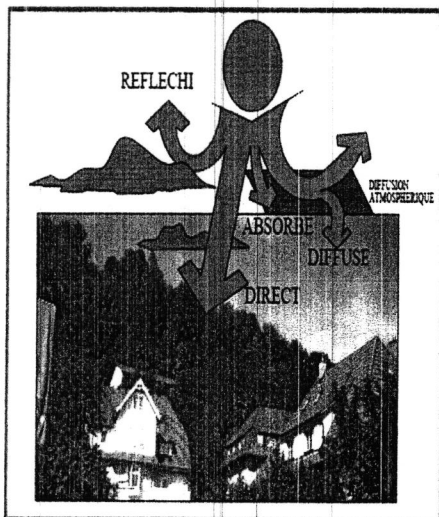


Figure 09 :composantes du rayonnement solaire global (source; redessinée à partir de ; guide de l'énergie solaire passive )

Comme le rayonnement solaire traverse l'atmosphère terrestre, son intensité est diminuée et la distribution spectrale est modifiée par l'absorption, la réflexion et la diffusion

### 2.3.3. La course solaire et ensoleillement :

L'ensoleillement est caractérisé par la trajectoire du soleil et la durée d'ensoleillement. Les conditions géométriques du système terre-soleil déterminent la position relative du soleil, qui est repérée par son azimut ( $\gamma$ ) et sa hauteur angulaire ( $\alpha$ )

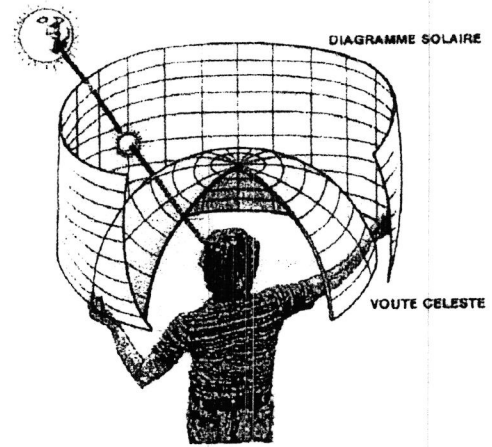


Figure 10; Projection angulaire de la course solaire. Source Contrôle de l'ensoleillement et de la lumière en architecture, Marc-André VELAY-DABAT Ecole d'architecture de Marseille-Luminy, édition 2004)

- **Azimut** : Est l'angle horizontal formé par un plan vertical passant par le soleil et le plan méridien du point d'observation. Par convention, on donne au sud la valeur (0).
- **Hauteur angulaire du soleil** : Est l'angle qui fait la direction du soleil avec le plan de l'horizon

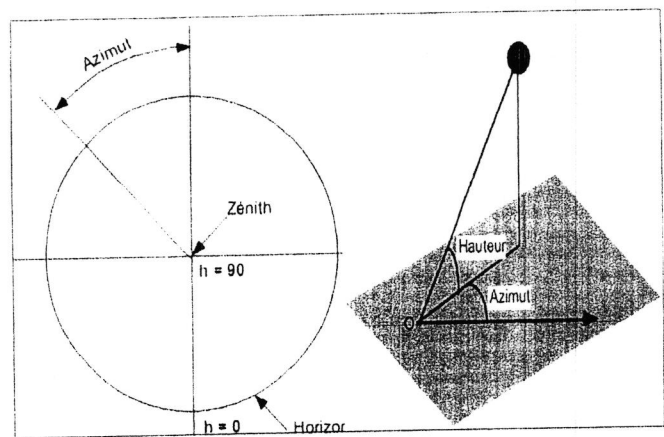


Figure 11 : Projection sphérique Position de l'horizon et du zénith. Source Contrôle de l'ensoleillement et de la lumière en architecture, Marc-André VELAY-DABAT Ecole d'architecture de Marseille-Luminy, édition 2004)

### 2.3.4. Trajectoire apparente du soleil sur la voûte céleste :

Pour une même direction des rayons solaires, la hauteur du soleil évaluée en différents points de la terre ne sera pas la même.

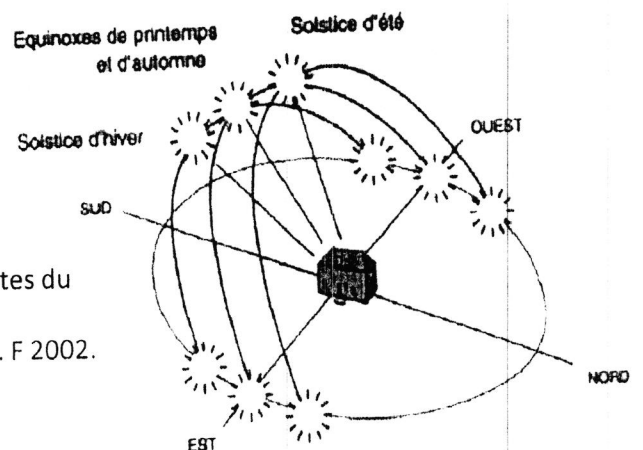


Figure 12 : Trajectoires apparentes du soleil au cours de l'année. Source; Benjamin D&Pharabod. F 2002.

### 2.3.5. Les radiations solaires ;

L'intensité des radiations solaires dépend de l'altitude du lieu, de la saison, de l'heure du jour, de la quantité de vapeur d'eau et des particules en suspension. On distingue les radiations directes, diffuses et réfléchies. Les radiations solaires directes sont la source la plus importante d'échauffement de l'air et des surfaces.

Durant l'hiver, le soleil est très bas dans le ciel (même à midi) et ses rayons sont proches de l'horizontal. Ils frappent les façades sud des constructions (proches du sud) en milieu de journée avec un faible angle d'incidence. Ces façades reçoivent donc plus d'irradiations solaires qu'en surface horizontale. Elles sont favorables au placement de baies vitrées qui pourront capter ces apports solaires bénéfiques.

Alors qu'en été une surface horizontale est fortement exposée à l'irradiation solaire en milieu de journée à cause de la quasi-verticalité des rayons. Les surfaces verticales sud (et proche du sud) reçoivent une irradiation très modérée. Mais en milieu de

matinée et l'après-midi, lorsque le soleil se trouve à l'est puis à l'ouest, ses rayons frappent de front les surfaces verticales est et ouest qui doivent être protégées.<sup>1</sup>

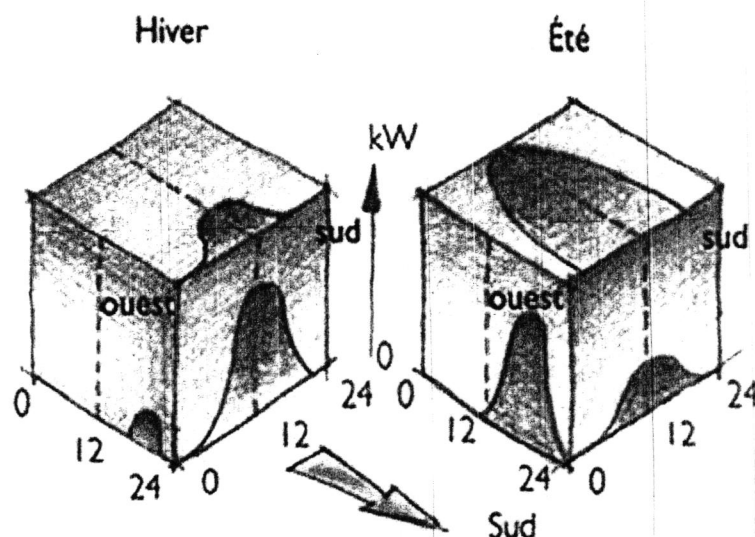


Figure 13::Puissance solaire reçue en hiver et en été sur les surfaces horizontales et verticales orientées sud et à l'ouest. (Source : CERTU Lyon . Juillet 2003).

### 2.3.6. Diagramme solaire :

Pour une latitude donnée, le diagramme solaire Représente la position du soleil en fonction de l'heure universelle (heure officielle = Heure universelle + 1 h, en hiver et =heure universelle + 2 h, en été) et en fonction du mois (le 15<sup>ème</sup> jour du mois).<sup>2</sup>

Figure 14: Diagramme solaire pour une latitude de 47° nord (Nantes, Dijon). Source : Enertech :<http://sidler.club.fr>

Pour connaître la position du soleil en un point géographique donné tout au long de l'année et aux différentes heures, on se sert de diagrammes en projection cylindrique. Ces diagrammes sont disponibles gratuitement sur Internet pour chaque degré de latitude.

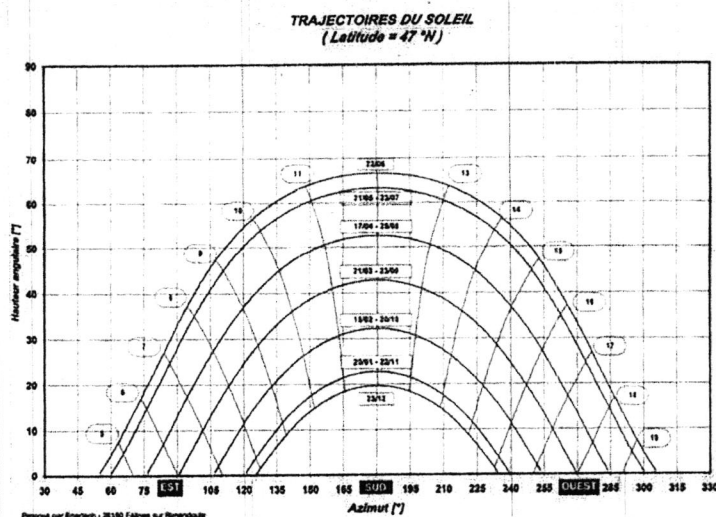


Diagramme solaire pour une latitude de 47° nord (Nantes, Dijon).

– En juillet à 12 heures, heure solaire (14 heures), le soleil aura un azimut de 0°, sa hauteur angulaire sera de 62,5°.

– En janvier à 9 heures heure solaire (10 heures), le soleil aura un azimut de 43° est, sa hauteur aneulaire sera de 11,5°.

<sup>1</sup>.Ministère de l'équipement ,des transports du logement, du tourisme de la mer, CERTU :centre d'étude sur les réseaux ,les transports, l'urbanisme et les con constructions techniques Mémento therique du bâtiment pour le chargé de constructions publiques,-confort thermique,-Lyon, juillet 2003.

<sup>2</sup>.Dimensionner une protection fixe (avancée architecturale, brise-soleil) [www.energieplus-lesite.be](http://www.energieplus-lesite.be)

Le soleil est la source principale de chaleur des bâtiments bioclimatiques . Son énergie est extraordinaire; la terre reçoit plus de 10 000 fois la puissance énergétique totale installée par l'homme aujourd'hui.

Suite à une prise de conscience de la valeur de l'énergie solaire, et afin d'en faire usage, les architectes tentent de travailler avec le soleil dans leurs conceptions , dans le but de maintenir l'environnement d'un bâtiment à une température confortable à travers les cycles solaires quotidien et annuel . La bonne connaissance du mouvement du soleil , à tout moment de l'année , aussi bien que l'intensité des radiations solaires, nous permet de profiter de ses avantages pour satisfaire nos besoins en chauffage et d'éclairage, et de minimiser ses effets indésirables en été

## 2.4. Le confort thermique :

### 2.4.1. la notion de confort thermique :

L'intérêt porté à la notion de confort thermique date depuis le 19eme siècle avec la naissance du mouvement de la réforme des conditions de travail dans l'industrie et dans l'habitat. Le confort thermique est une notion qui part d'une recherche de rationalisation des besoins de chaleur en hiver et de fraîcheur en été. Il est défini comme la satisfaction exprimée quant à l'ambiance thermique . C'est une sensation d'agrément qui prend la place d'un désagrément causé par une réaction de gêne affectant l'organisme humain vis-à-vis du chaud ou du froid.<sup>1</sup>

La sensation de confort thermique est le reflet de la température de la peau laquelle résulte d'un déséquilibre entre le flux de chaleur apporté par le métabolisme corporel et celui perdu vers le milieu ambiant.<sup>2</sup>

### 2.4.2. Évaluation du confort thermique :

#### 2.4.2.1. Les paramètres affectant le confort thermique :

A. Les paramètres liés à l'ambiance extérieure : La température de l'air ambiant , La vitesse de l'air et L'humidité relative de l'air .

B- Les paramètres liés à l'individu : La vêtue et L'activité .

Paramètres liés à l'individu	L'individu physique et l'habillement
Paramètres liés à l'environnement	La température de l'air, les sources de rayonnement (radiateurs, soleil). La température des surfaces environnantes, la vitesse relative de l'air par rapport au sujet et l'humidité relative de l'air.
Autres influences	Gains thermiques internes. degré d'occupation des locaux, Couleur, ambiance, etc.

Tableau 01 : Paramètres influents sur la sensation de confort thermique

#### 2.4.2.2 Les paramètres liés aux gains thermiques internes : voir annexe n°01

<sup>1</sup> Galeau et coll, 1989 dans S.Masmoudi. Relation entre géométrie urbaine, végétation et confort thermique extérieur: cas de la place dans les régions arides à climat chaud et sec. Thèse de magistère. Université Mohamed kheïdar, Biskra 2003.p 22

<sup>2</sup> recommandations pour la température interne des locaux. Département de l'intérieur, de l'agriculture et de le l'environnement. Énergétique du bâtiment.2001



### 2.4.3. Les stratégies bioclimatiques pour améliorer le confort thermique :

#### ➤ Le confort d'été :

Système de rafraîchissement passif  
(confort d'été)

Contrairement à l'hiver, les apports gratuits sont indésirables en saison chaude et contribuent à augmenter les besoins de rafraîchissement. La stratégie de refroidissement naturel répond au confort d'été. Il s'agit de se protéger du rayonnement solaire et des apports de chaleur, de minimiser les apports internes, de dissiper la chaleur en excès et enfin de refroidir naturellement.

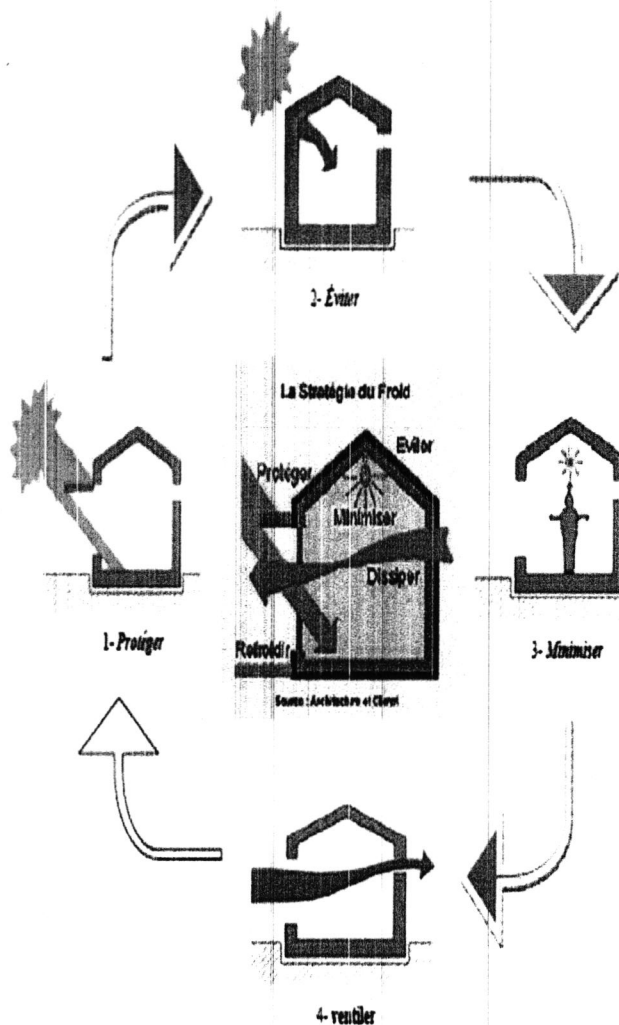


Figure 15 : Concepts de la stratégie de froid  
Source : voir note de bas de page

#### ➤ Le confort d'hiver :

Système de chauffage solaire passif  
(confort d'hiver)

S'il est important de se protéger des surchauffes en été, il est tout aussi important de récupérer des calories en période froide pour se chauffer. Les principes de la stratégie de chaud (ou systèmes de chauffage solaire passif) sont les suivants : capter le rayonnement solaire, stocker l'énergie ainsi captée, distribuer cette chaleur dans le bâtiment, réguler cette chaleur et enfin éviter les déperditions dues au vent.

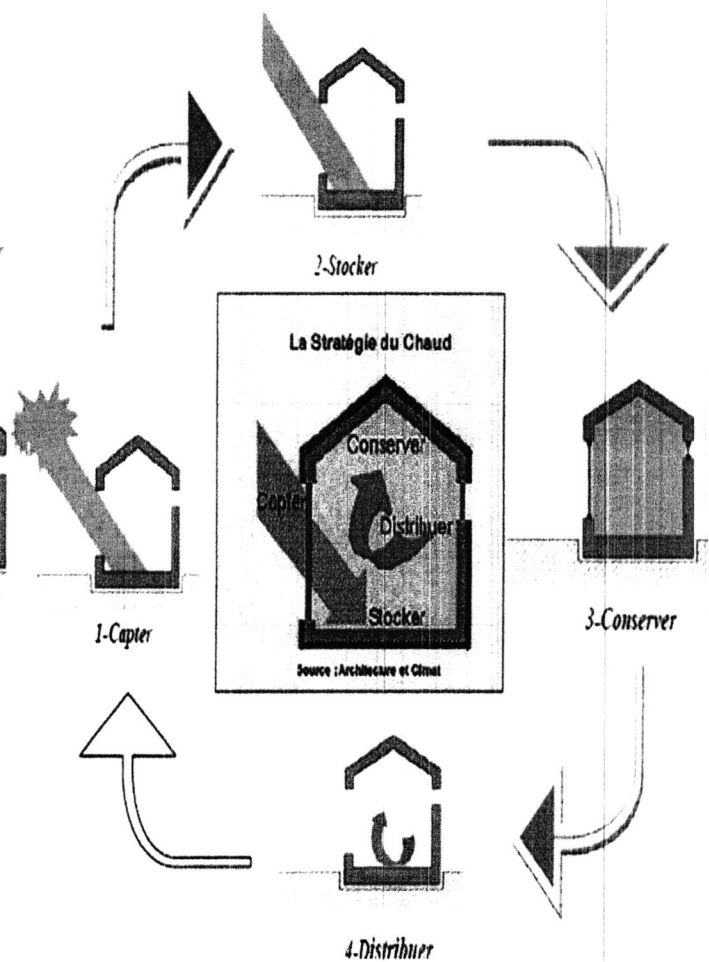


Figure 16 : Concepts de la stratégie de chaud  
Source : voir note de bas de page

## 2.5 . Les apports solaires dans le bâtiment :

L'énergie solaire est aujourd'hui un sujet d'actualité, à la mode ! Afin de découvrir le véritable impact de cette énergie, une connaissance de principes fondamentaux de l'architecture solaire et les modes de captage, des techniques actuelles, leurs ambitions et leur crédibilité pour le présent et pour le futur .

### 2.5.1 . Présentation des apports solaires:

ils représentent l'énergie solaire introduite par l'ensoleillement direct via les vitrages et par transmission surfacique des parois en contact avec l'extérieur. Les apports solaires servent de base de calcul pour établir un bilan de charges et calculer ainsi la puissance des appareils de chauffage ou de climatisation. Dans ce cas, les apports internes tels que l'occupation et autres charges internes tels que les luminaires, appareils électriques (PC, TV, ...) doivent être rajoutés pour obtenir un bilan d'apports externes et internes. Si les apports solaires doivent être combattus en été par la mise en œuvre de puissance frigorifique, ils conviennent d'une manière préventive de s'en protéger par des systèmes de protection solaire, évitant ainsi l'incidence directe du soleil. Les apports solaires sont bénéfiques en hiver car ils permettent d'introduire une énergie gratuite traversant le vitrage au bénéfice d'une réduction de la consommation de chauffage. Les

différents masques naturels et stores extérieurs seront ainsi judicieusement positionnés pour tenir compte de l'azimut plus bas en hiver qu'en été.

### 2.5.2 . Les systèmes passifs d'apport solaire ( bénéfiques en hiver ) :

La prise en compte des apports solaires dans la réglementation thermique est introduite progressivement en France de 1982 à 1985. La réglementation actuelle favorise la conception dite bioclimatique, associant la récupération des apports solaires en saison de chauffage, une orientation privilégiant le sud, de bonnes protections solaires et la prise en compte de l'inertie thermique pour la production du confort d'été.<sup>1</sup>

Le Centre Scientifique et Technique de la Construction évalue à 11,5 % la contribution moyenne des apports solaires passifs dans la demande d'énergie de chauffage

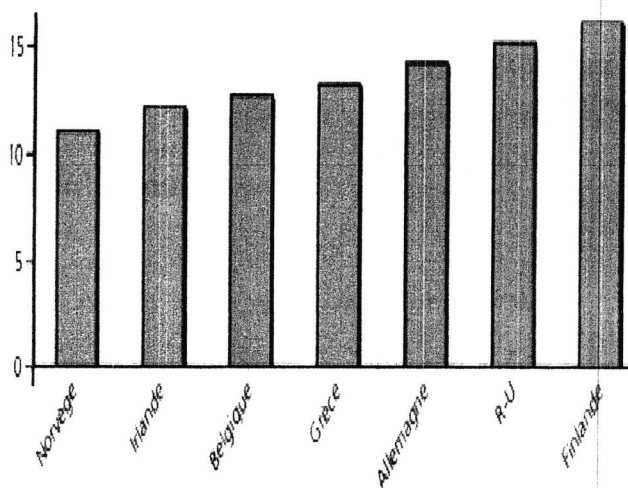


Figure 17 :Solgain : contribution des gains solaires passifs (%)

Source : NTNU, Norwegian University of Science and Technology

<sup>1</sup> Le solaire passif SEPTEMBRE 2007 dialogues, propositions, histoires pour une citoyenneté mondiale <http://base.d-p-h.info/fr/fiches/dph/fiche-dph-7406.html>

Trois configurations principales dominent l'architecture solaire passive :

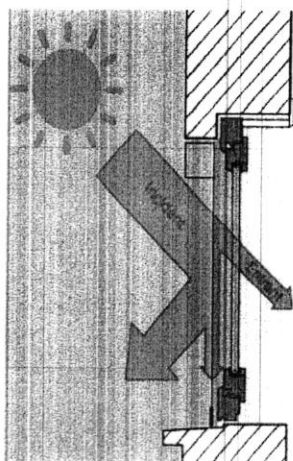


Figure 18: Le système à gains directs par les vitrages .

Source : Google images

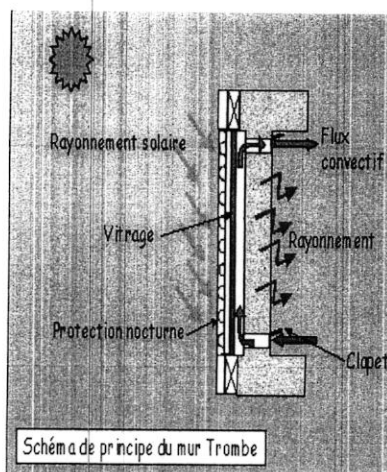


Figure 19: Le système à mur Trombe

Source : Google images

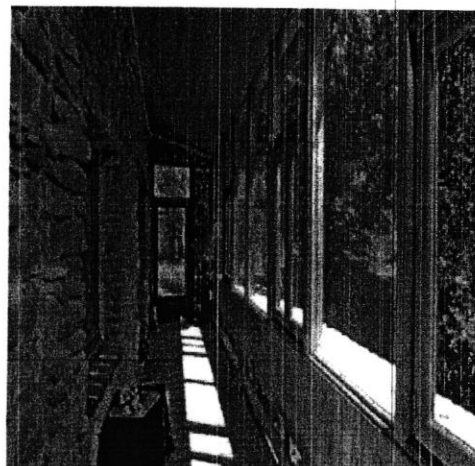


Figure 20: Le système couplant les deux précédents : serre accolée à une maçonnerie. Source : Google images

Dans tous les cas, il s'agit de tirer parti du rayonnement solaire par une architecture adaptée, permettant de limiter les besoins d'éclairage et de chauffage, tout en contribuant à la production du confort d'été. Les règles de conception conduisant à une architecture bioclimatique sont simples :

- Grandes surfaces vitrées au sud et petites ouvertures au nord.
- Absence d'ombrage sur les surfaces vitrées et occultations automatiques pour éviter les surchauffes d'été.
- Isolation extérieure pour bénéficier de l'inertie thermique des murs et planchers et assurer le stockage thermique pour la nuit (chaleur en hiver, fraîcheur en été).
- Il convient également de faciliter les opérations de contrôle des dispositifs de protection des vitrages et de gestion de la ventilation naturelle, notamment en été.

### 2.5.3. Maîtrise des apports solaires ( protection en été ) :

**Surface vitrée et protection solaire en fonction de l'orientation :** Quantité de rayonnement solaire qui traverse un double vitrage par ciel serein . Les apports solaires sont maximum sur la face sud en hiver et en entre-saison .

Mais en été, par contre, ils sont maximum sur la face est en début de journée et sur la face ouest en fin de journée. Ces gains solaires en été provoquent des surchauffes.

Quelle que soit l'orientation comprise entre l'est et l'ouest, plus le vitrage se rapproche de l'horizontale, plus les surchauffes en été seront importantes et moins les gains solaires d'hiver seront élevés .<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Source ; Architecture et Climat. M. Le Paige - E. Gratia - A. De Herde (1986).

**Guide d'aide à la conception bioclimatique.** Services de Programmation de la Politique Scientifique. Comité d'action pour le solaire et Architecture et Climat (1996).

**Guide de l'architecture bioclimatique.** Programme Learnet du Comité d'Action pour le Solaire avec l'appui du programme Altener de la DG17 de la CEE.

<http://www-energie2.arch.ucl.ac.be/transfert%20de%20chaleur/3.7.2.htm>

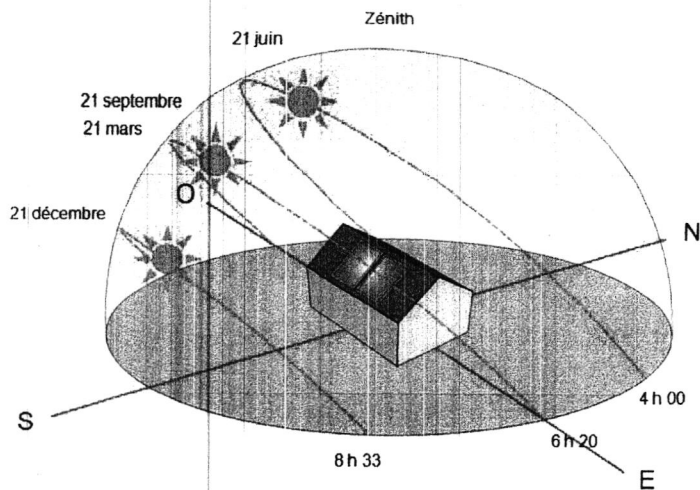


Figure 21 : Position du soleil dans le ciel. Source : Web <http://www.photovoltaique.guidenr.fr/>

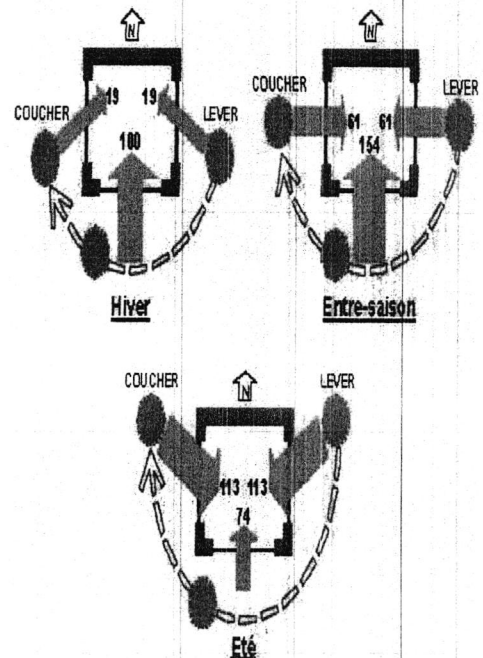


Figure 22: Rayonnement solaire traversant un double vitrage par ciel serein (pourcentage)<sup>1</sup>

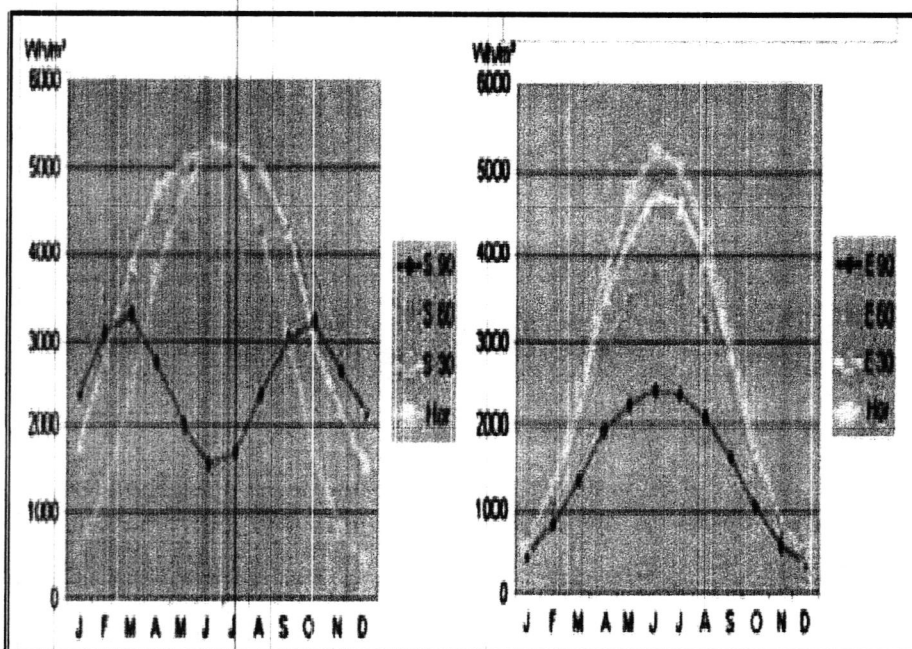


Figure 23: Rayonnement solaire traversant un double vitrage clair orienté sud et est, par ciel serein, pour différentes inclinaisons.

#### Vitrage sud :

- Apport solaire valorisable en hiver et en mi-saison
- Nécessité de protections solaires efficaces, donc extérieures
- Si impossibilité de contrôler le rayonnement solaire, utilisation de vitrages sélectifs mais ceux qui ne sont pas aussi efficaces qu'un store extérieur de bonne qualité, et surtout ils empêcheront de profiter des gains solaires durant la période hivernale.

#### Vitrage est, sud-est ou ouest, sud-ouest :

- Apport solaire très faible en hiver.
- Nécessité de protection solaire efficace.
- Orientation sud-est est préférable pour bénéficier des gains solaires dès la matinée .

#### Surfaces horizontales ou inclinées :

- Apportent très peu de chaleur en hiver.
- Provoquent beaucoup de surchauffe en été.

<sup>1</sup> Source ; Architecture et Climat. M. Le Paige - E. Gratia - A. De Herde (1986).

**Guide d'aide à la conception bioclimatique.** Services de Programmation de la Politique Scientifique.

Comité d'action pour le solaire et Architecture et Climat (1996).

**Guide de l'architecture bioclimatique.** Programme Learnet du Comité d'Action pour le Solaire avec l'appui du programme Altener de la DG17 de la CEE.

<http://www-energie2.arch.ucl.ac.be/transfert%20de%20chaleur/3.7.2.htm>

## 2.6 . Les protections solaires :

### 2.6.1-Généralités :

#### 2.6.1.1 Définition de la protection solaire :

Le terme de protection solaire inclut généralement tous les dispositifs empêchant le rayonnement solaire d'atteindre le bâtiment afin de minimiser la surchauffe et de contrôler l'éblouissement. L'emplacement des protections choisies est très important ; il relève de considérations d'ordre thermique, de maintenance et d'aspect esthétique. Par exemple, qu'elle soit intérieure, extérieure ou intégrée au vitrage, une même protection solaire permettra le même contrôle de la luminosité, mais elle sera plus efficace pour la lutte contre la surchauffe si elle est placée à l'extérieur.

La protection solaire permet de limiter la gêne visuelle due à l'ensoleillement direct et à limiter les gains d'énergie directe lorsque l'énergie solaire est importante.

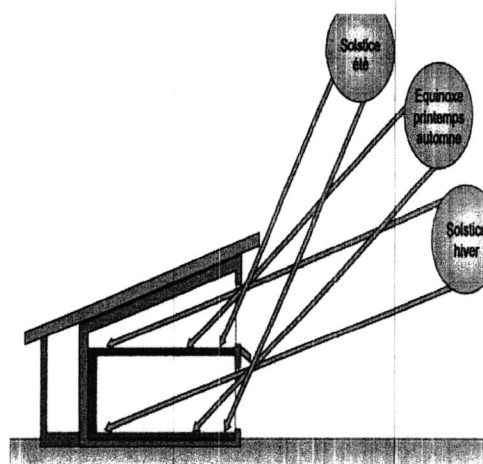


Figure 24 : La protection solaire en fonction de la hauteur du soleil .  
Source : Web <http://www.ecoloti.com/>

#### 2.6.1.2. Objectifs de la protection solaire :

**A- Ombler les surfaces vitrées risquant de provoquer une surchauffe**, soit toute surface vitrée située à l'est, au sud ou à l'ouest dépassant 20 % de la surface au sol d'un local, au moyen d'un dispositif adapté à la hauteur du soleil pour l'orientation considérée.

**B-Diminuer les surchauffes**, pour diminuer ou supprimer la nécessité d'une installation de climatisation.

**C-Supprimer l'insolation directe** - le rayonnement direct du soleil sur une partie du corps peut devenir une source d'inconfort.

**D-Augmenter le pouvoir isolant de la fenêtre** : l'utilisation de protections solaires modifie de façon plus ou moins sensible les caractéristiques de transmission thermiques des baies. Certaines protections intérieures ou insérées dans le double vitrage peuvent réduire leurs déperditions thermiques de 25 à 40%.

**E- Limiter l'éblouissement** - l'éblouissement est important quand le soleil est bas : le matin pour les baies orientées à l'est, le soir pour l'ouest, le sud en hiver et le nord en été. Que l'éblouissement soit dû au rayonnement solaire direct ou diffus ,les protections seront différentes.

**F-Assurer l'intimité des occupants ou occulter le local.**

**G-Décorer la fenêtre.**

**H-Éviter la décoloration de certains matériaux.**

### 2.6.1.3.2 Les masques architecturaux fixes :

Ils peuvent être de deux natures : soit existants soit ajoutés au nouveau bâtiment construit. Ces pare-soleil extérieurs sont conçus en fonction de la course du soleil, pour être efficaces en été et ne pas réduire les apports solaires en hiver. Ils peuvent se répartir en trois familles :<sup>1</sup>

\*Les masques horizontaux, à effet de casques, comme les avancées de toitures, les balcons, auvents, etc.

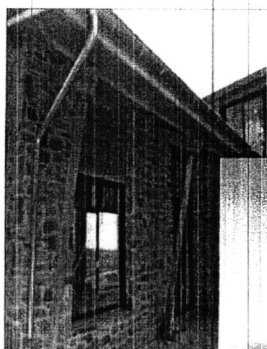


Figure 27 ;  
Avancée de  
toiture Source:  
Google images

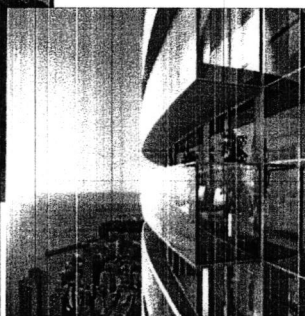


Figure 28 : Balcons  
Source: Google images



Figure 29 :Auvent  
Source: Google images

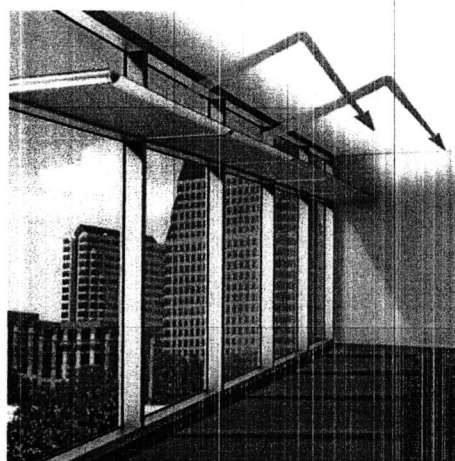


Figure 30: Light-shelf  
Source :Google images

\*Les masques fixes verticaux, ou « flancs » : redents, plans verticaux placés à côté de la surface réceptrice

\*La loggia qui combine les pare-soleil horizontaux et verticaux.

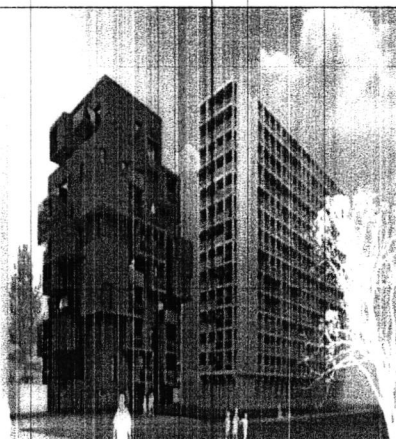


Figure 31:Redents  
Source; Google images



Figure 32: Protection solaire  
verticale fixe (ouest)  
Source: Google images

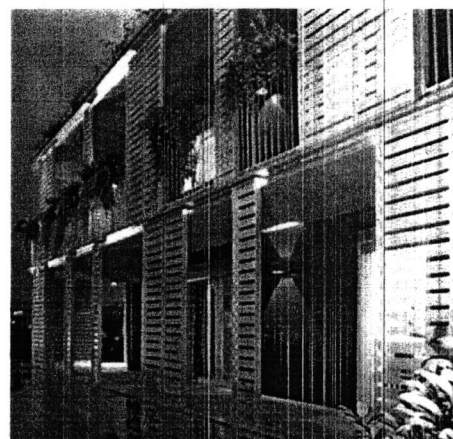


Figure 33:Loggia  
Source; Google images

Ces protections permanentes ont un degré de protection variable suivant la position du soleil, mais constant quelque soit l'heure ou la saison.

L'intérêt des protections solaires extérieures, est qu'elles arrêtent les rayons solaires avant qu'ils n'aient atteint le vitrage. Elles seront donc efficaces contre les surchauffes.

Les contraintes des protections extérieures : encombrement plus important, résistance aux intempéries, entretien (nettoyage parfois plus difficile).

<sup>1</sup> Mémoire de fin de stage formation HQE à l'ENSAL –lumière naturelle :valoriser et /ou occulter . par Sara André Jan 2007-Jan 2008

### 2.6.1.3.3. Les protections mobiles :



Figure 34 : Stores enroulables  
(logements à Barcelone Arch.  
Pich y Aguilera  
Source: Google images

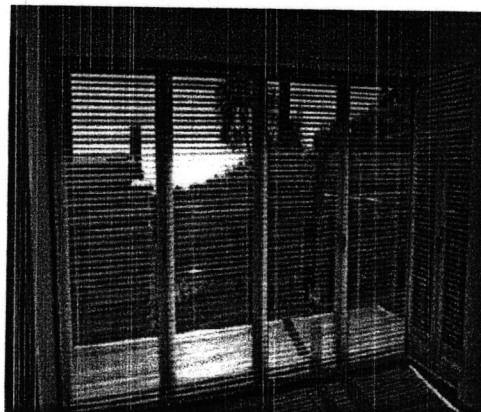


Figure 35: Stores vénitiens dans un  
bureau.  
Source: Google images

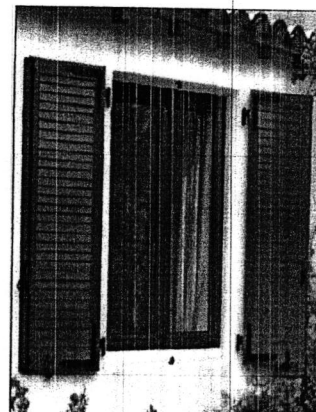


Figure 36: volet  
extérieur d'une maison  
individuelle. Source:  
Google images

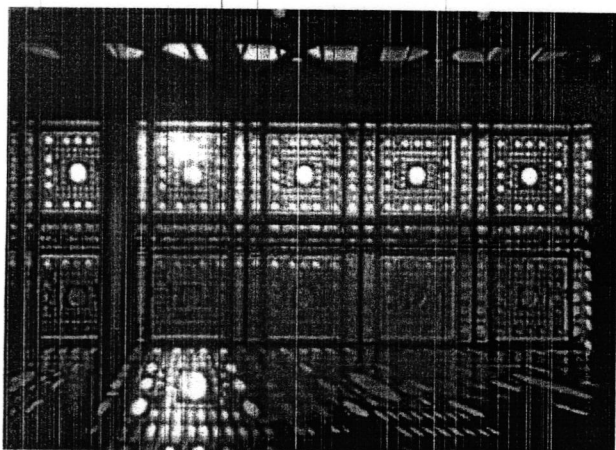


Figure 37 : Les diaphragmes  
Source; Institut du monde  
arabe- Architecte Jean  
Nouvel -1987

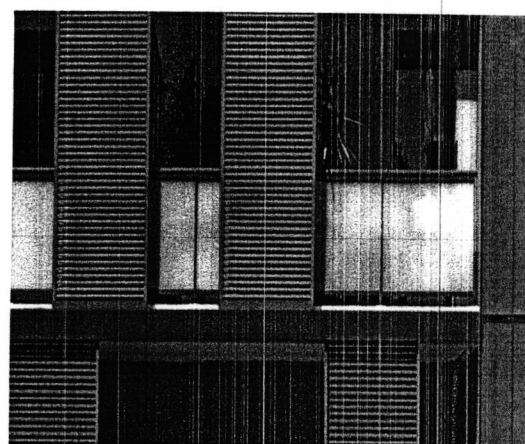


Figure 38 : Panneaux coulissants souvent  
placés en façade, devant le balcon (  
bâtiment d'habitation collectif)  
Source: Google images

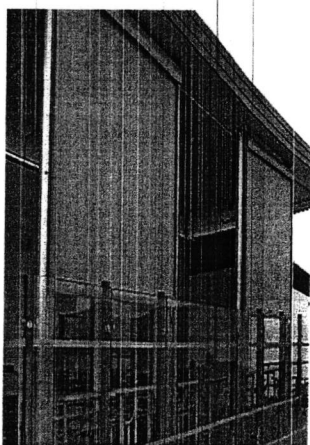


Figure 39 : stores extérieurs  
Cas d'une maison  
individuelle  
Source: Google images

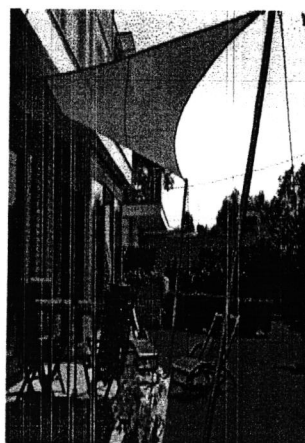


Figure 40 : Toiles  
tendues Cas d'une  
maison individuelle  
Source: Google images

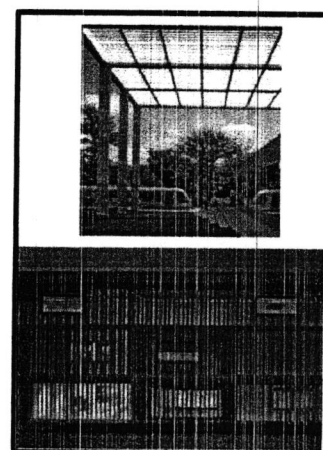


Figure 41 : Brise-  
soleil Source :  
bibliothèque de  
sciences d'Orléans.

#### 2.6.1.3.4. Les vitrages protecteurs permettant le contrôle solaire :

Sachant qu'un double vitrage ordinaire laisse pénétrer 76% de la chaleur solaire à l'intérieur, mieux vaut penser aux verres à contrôle solaire pour les espaces éclairés par de grandes baies vitrées. L'emploi de vitrages absorbants et de vitrages réfléchissants constitue un moyen de réduire la transmission solaire de manière constante au cours de l'année. Pour éviter les surchauffes, on peut donc utiliser des vitrages qui limitent les transmissions énergétiques, qui ne laissent passer qu'une fraction du rayonnement énergétique solaire permettant un éclairage naturel tout de même suffisant. Les vitrages spéciaux peuvent offrir une solution lorsque les systèmes d'écrans permanents ou mobiles sont indésirables ou difficiles à réaliser ou pour les fenêtres de toit, les vérandas et même les fenêtres orientées à l'ouest.

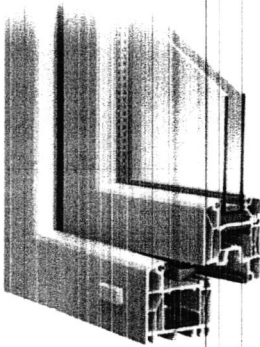


Figure 42: double Vitrage absorbant  
Source : Google images

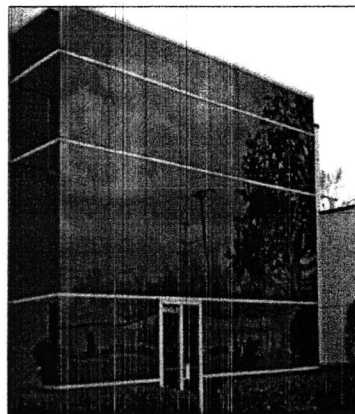


Figure 43: Vitrages réfléchissants d'un bâtiment.  
Source: Google images

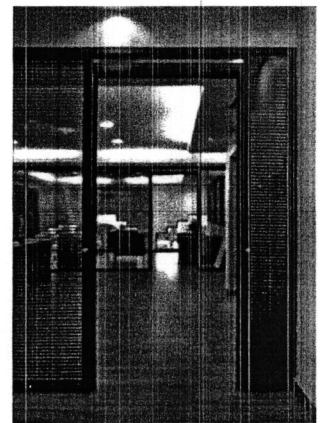
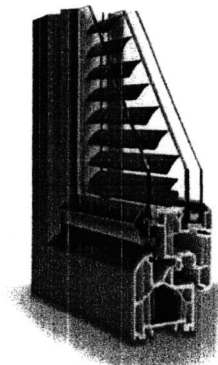
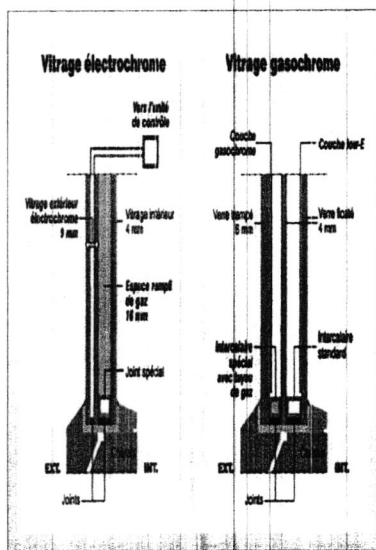
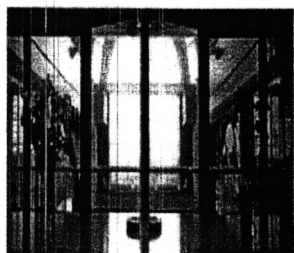


Figure 44 : Les vitrages à stores intégrés. Exemple de bureau.  
Source : Google images.

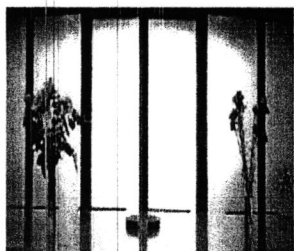


a : Principe de fonctionnement d'un vitrage électrochrome.  
b : Principe de fonctionnement d'un vitrage gasochrome.

Figure 45 : Les vitrages électrochromes et gasochromes



Sous tension (transparent)



hors tension (opaque)

Figure 46: Les vitrages à propriétés variables. Source: Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques, Alain Liébard et André De Herde



Figure 47: Les vitrages solaires dits systèmes solaires actifs. Source voir notre bas de page



Figure 48 : Les modules photovoltaïques translucides Source: maisons en bande – quartier de Vauban ( Firbourg-Allemagne )



### 2.6.1.4. Types de protections solaires adaptées selon les orientations :

L'objectif étudié ici plus précisément est : diminuer les surchauffes puisqu'il concerne la thermique et le gain trop important d'énergie solaire.

Les dispositifs d'occultation étant définis par la géométrie solaire, chaque façade doit présenter une stratégie différente d'occultation.

Dans les bâtiments très ouverts au soleil sur la façade sud et ayant peu d'inertie, il est courant de souffrir de surchauffes dès les premières journées ensoleillées de Janvier. Dans ce cas, des dispositifs de protection mobiles suppléent aux protections horizontales fixes qui ne sont efficaces qu'en été.<sup>1</sup>

Figure 49 : type de protection solaire adaptée selon l'orientation<sup>2</sup>

Source : Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques-les protections solaires :p.224

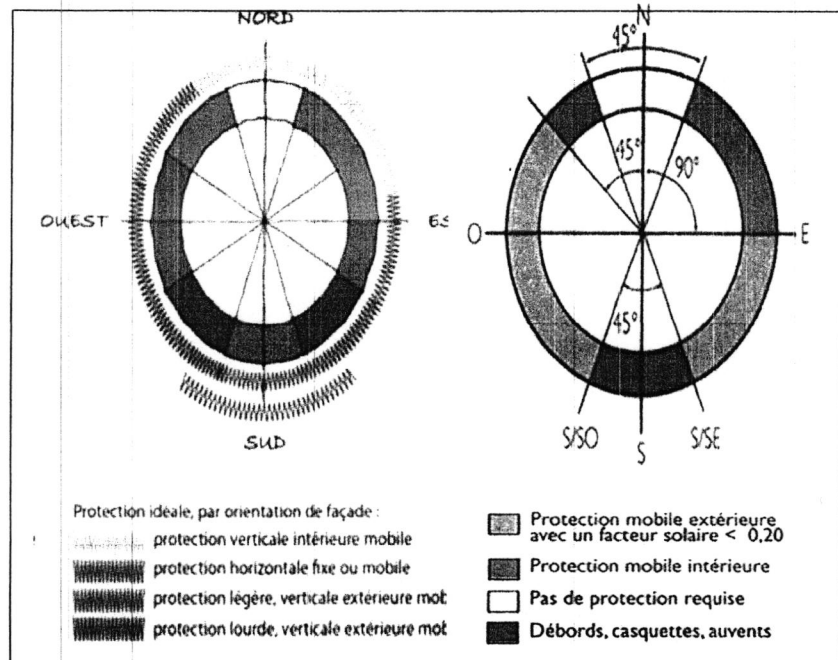
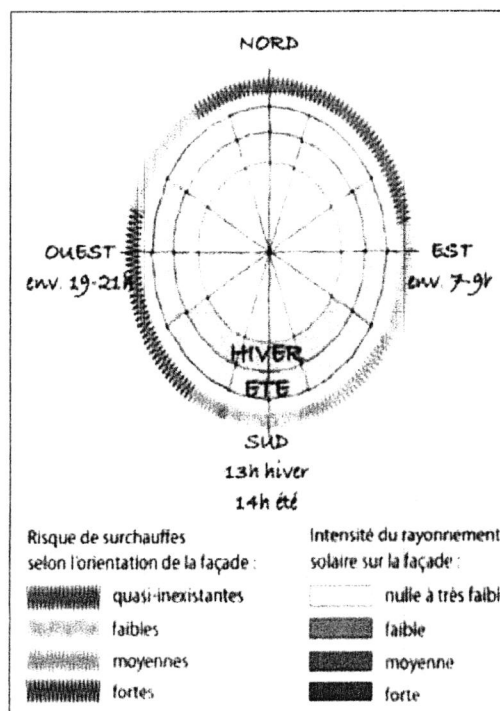


Figure 50 : risque de surchauffes par orientation. Source: en ligne PDF - comment dimensionner .les protections solaires-horizontales ou verticales .



## 2.6.2. Les brise-soleil :

Compléments indispensables parfois de la fenêtre , les protections recouvrent de nombreux intérêts pour le confort des usagers. Plusieurs dispositifs peuvent être mis en œuvre , tels que les pare-soleil.

### 2.6.2.1. Définition :

Le brise-soleil ou pare-soleil est un élément d'architecture servant à diminuer l'inconfort lié au rayonnement direct du soleil. Brise-soleil et pare-soleil sont notamment utilisés dans la conception de bâtiments dits "à haute qualité environnementale" (HQE) ou "à basse consommation d'énergie" (BBC) pour maîtriser la pénétration du rayonnement solaire à l'intérieur des locaux d'habitation ou de travail.

**Le brise-soleil** est un élément de construction de forme variable. Il sert à faire de l'ombre , en été, et à permettre aux rayons solaires de pénétrer dans l'immeuble en hiver.

### 2.6.2.2- Fonctions :

Il permet de protéger tout ou partie d'une façade, d'un sol (rue, cour intérieure, terrasse...) de l'exposition solaire pour éviter la surchauffe ou l'éblouissement.

Une orientation judicieuse permet de contrôler les apports solaires (chaleur , lumière, rayonnement ultra-violet) selon l'heure ou la saison. L'influence sur la correction des variations saisonnières est d'autant plus perceptible que le bâtiment se situe dans une région proche du cercle polaire, où les variations de hauteur de soleil par rapport à l'horizon sont les plus importantes.

En été, le soleil peut être caché, et en hiver il peut pénétrer jusqu'au fond d'une pièce pour mieux l'éclairer et la chauffer. Certains pare-soleil sont couverts de cellules photovoltaïques

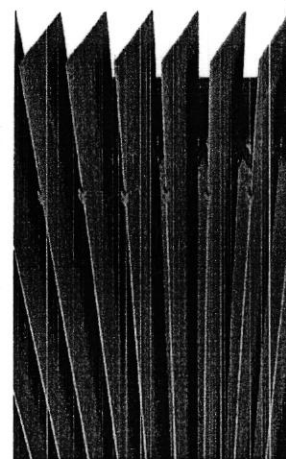


Figure 51 : Brise-soleil .  
Source: Google images

### 2.6.2.3. Typologie :

Le pare-soleil est le plus souvent ajouré. Il est généralement constitué en bois, métal ou béton . Il est fixe, ou orientable ou amovible.

Dans l'architecture contemporaine, le brise-soleil est très souvent fabriqué en métal déployé. Des structures de type plateaux, tonnelle ou pergola supportant des plantes grimpantes caducifoliées (perdant leurs feuilles en hiver) peuvent aussi jouer le rôle de pare-soleil, avec l'avantage d'entretenir un microclimat plus tempéré en été, par leur évapotranspiration.

### 2.6.2.3.1 . Brise-soleil à l'intérieur :

Les dispositifs de cette protection solaire- pouvant être situés dans la pièce ou à l'intérieur des ouvrants- protègent les occupants contre les effets directs du rayonnement solaire et l'éblouissement. Ils ont l'avantage de pouvoir rester ouverts la plupart du temps et tirés seulement quand l'incidence du soleil le nécessite.

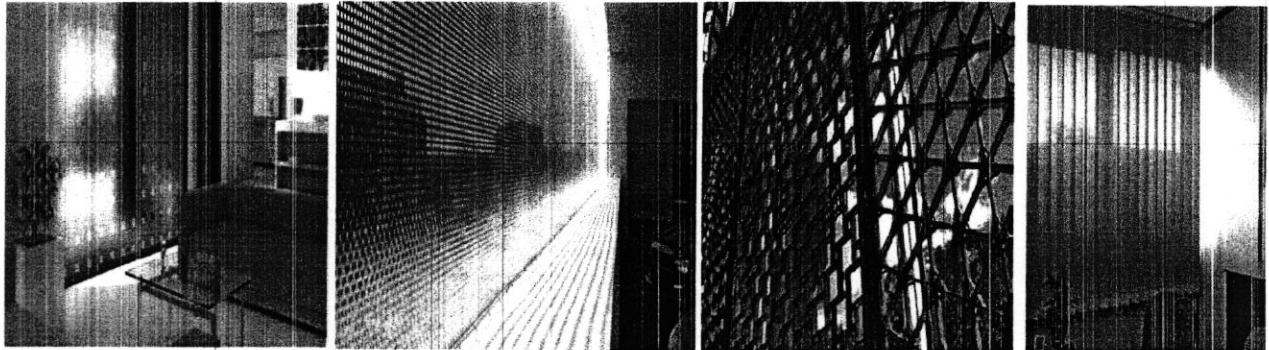


Figure 52 : Brise-soleil par film transparent.

Source: Google images

Figure 53: Moucharabiehs

Source: Google images

Figure 54: Stores et rideaux

Source : Google images

### 2.6.2.3.2- Brise-soleil à l'extérieur :

Dans la conception de ce type de protections solaires « fixes-mobiles », l'orientation de l'ouverture est le point clé. Si elle sont correctement dimensionnées et utilisées en façade sud. Les avancées horizontales permettent d'obtenir totale en milieu d'été tout en permettant une pénétration du soleil en hiver. Pour être plus efficaces, les avancées doivent s'étendre suffisamment de chaque côté de l'ouverture .La longueur de débordement est déterminée par la largeur de l'ouverture , la latitude du lieu et la distance verticale entre l'avancée et la fenêtre .

Afin de pouvoir contrôler de façon optimale la température dans un bâtiment, il faut éviter que le soleil ne le réchauffe trop. Le brise-soleil installé à l'extérieur d'un bâtiment est la meilleure façon pour obtenir ce résultat.

Le brise-soleil extérieur absorbe et reflète l'énergie des rayonnements du soleil. Aucun système de ventilation ou de refroidissement n'est alors nécessaire pour évacuer cette chaleur. En été, le bâtiment est protégé contre la chaleur par des lamelles brise-soleil adaptatives et en hiver, le même système peut contribuer au chauffage du bâtiment grâce à l'énergie solaire passive. Le confort de l'éclairage à la lumière du jour est en outre sauvegardé.

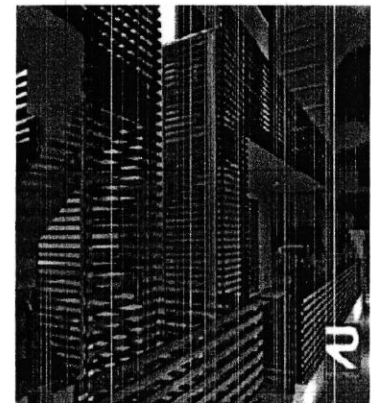


Figure 55: exemple de brise-soleil à l'extérieur  
Source: Google images

## A. Les brise-soleil horizontaux :

Les avancées horizontales (casquettes) sont les plus communes des protections solaires fixes et c'est le système le plus simple pour contrôler le rayonnement solaire direct pour les incidences fortes (proches de la verticale 'Façade sud').

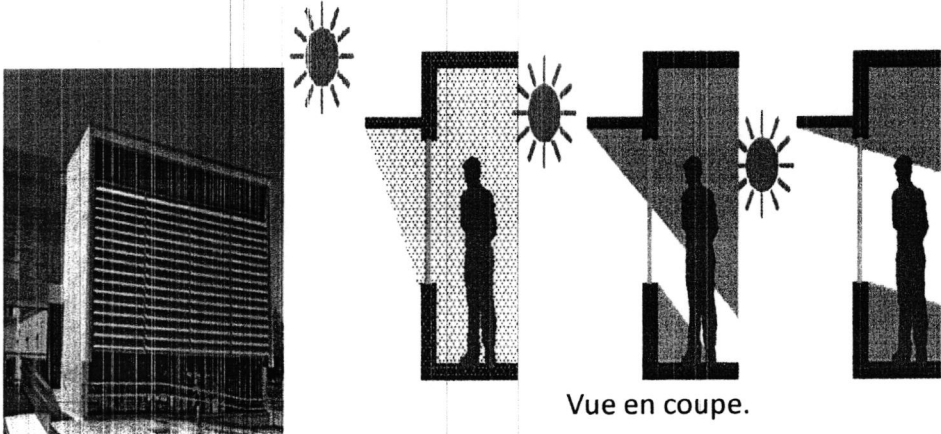


Figure 56 : Brise Soleil horizontaux « Fixes » Source: Google images.

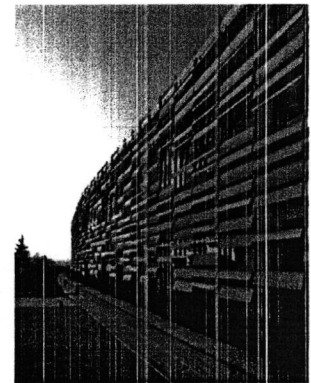
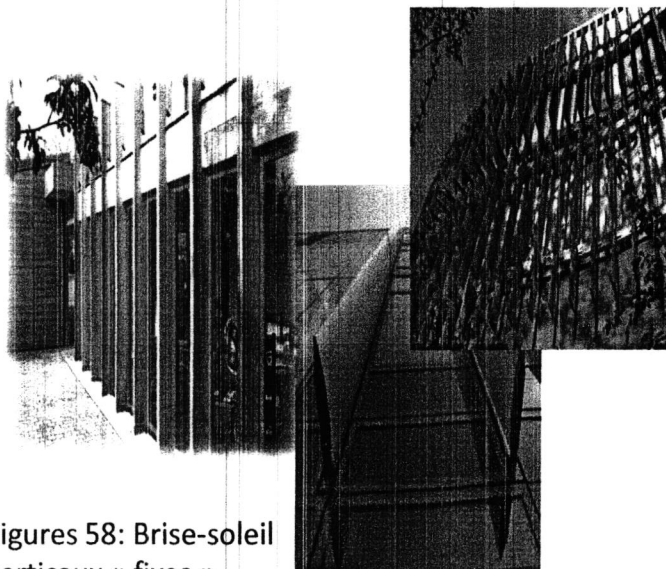


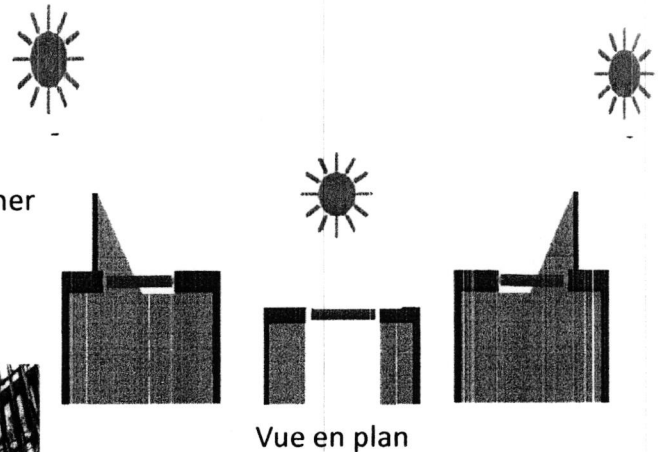
Figure 57 : Brise-soleil horizontaux « mobiles » Source: Google images

## B. Les brise-soleil verticaux :

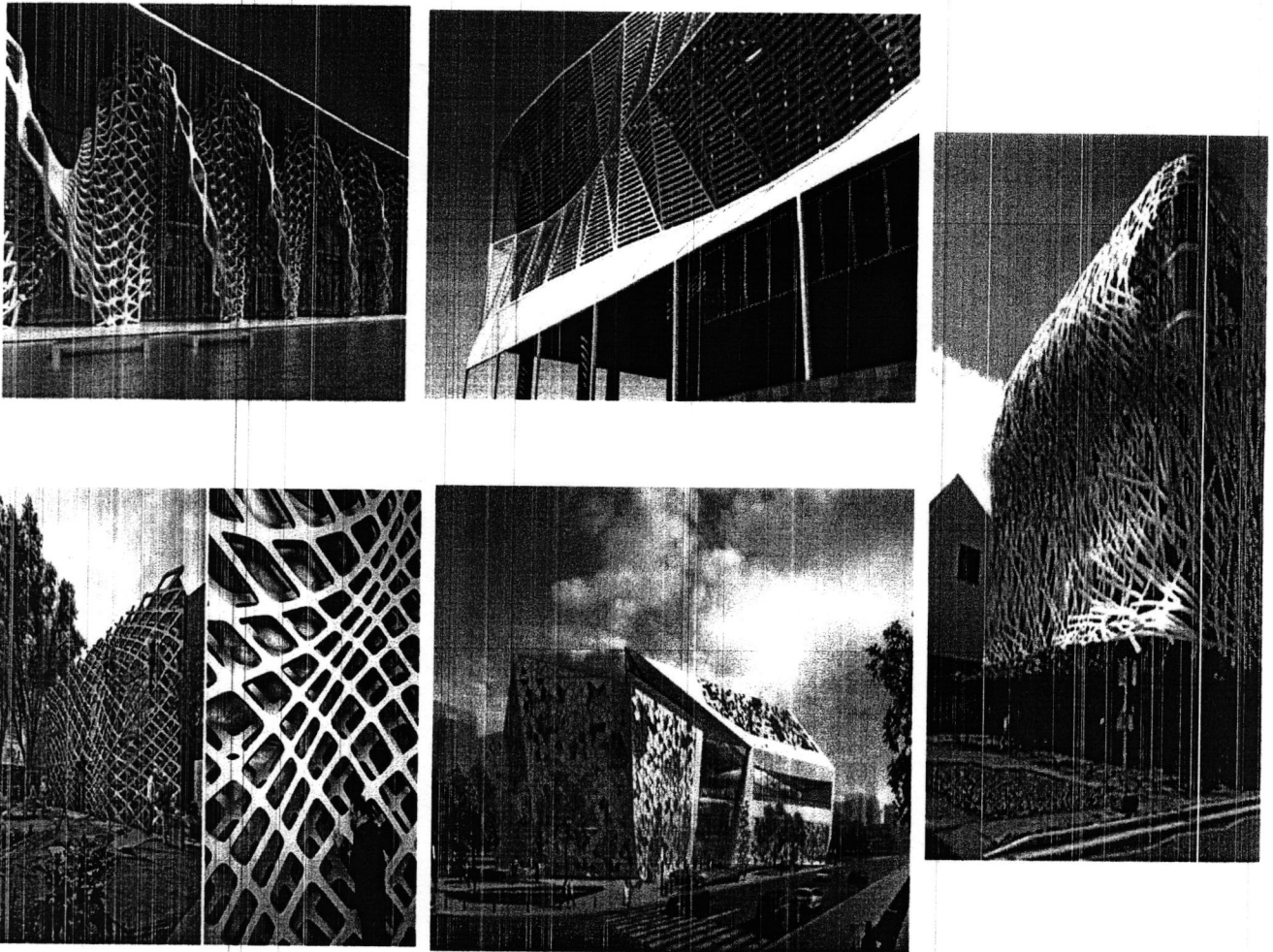
Les avancées verticales c'est pour contrôler le rayonnement solaire proche au horizontal 'coucher et lever soleil' (Façade est et ouest).



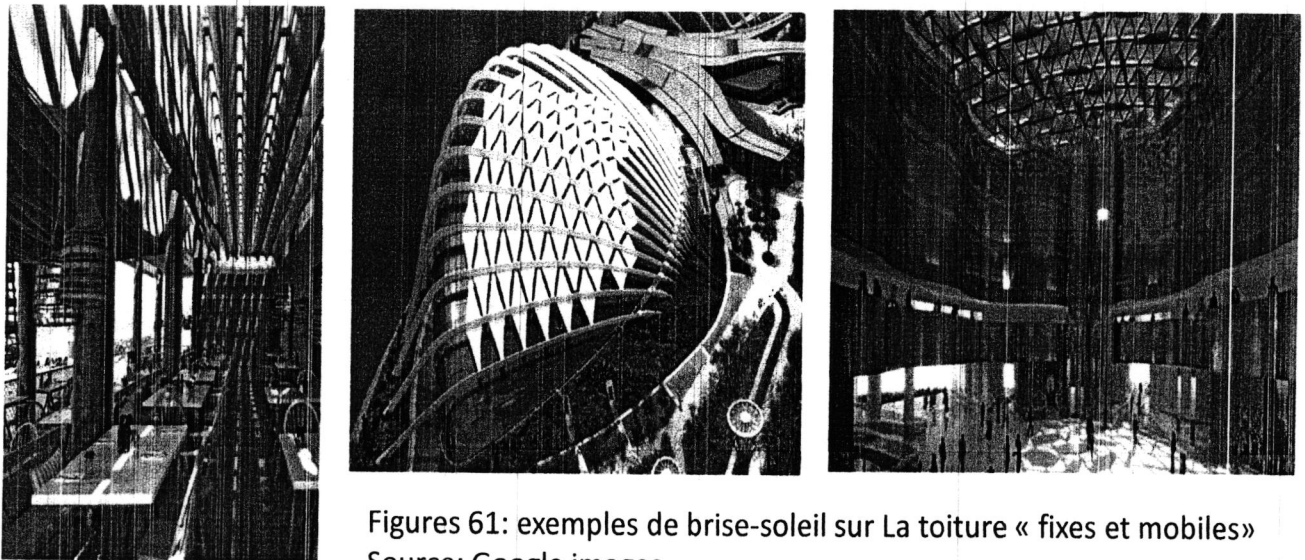
Figures 58: Brise-soleil verticaux « fixes » Source: Google images



Figures 59 : Brise-soleil verticaux « mobiles » Source: Google images



Figures 60: exemples de brise-soleil horizontaux « mobiles »  
 Source: Google images



Figures 61: exemples de brise-soleil sur La toiture « fixes et mobiles»  
 Source: Google images

Référence au «moucharabieh», un système de treillis de bois trouvé dans l'architecture islamique vernaculaire, une série de composants translucides de parapluie qui s'ouvrent et se referment par rapport au soleil. chaque dispositif d'ombrage est entraîné par un actionneur linéaire et réduit considérablement la quantité de lumière frappant le bâtiment, évitant la nécessité d'un vitrage teinté.

En commençant par deux volumes cylindriques, le formulaire de plan circulaire a été formulé pour réduire l'exposition solaire, générant une orientation naturelle. Mise en forme du bâtiment autour de ce noyau, les tours deviennent plus larges à leur mi-hauteur. Au sommet de chaque structure, la couronne de chaque édifice est coupée à un angle, configurée pour maximiser les gains solaires pour les systèmes photovoltaïques montés sur le toit. Des jardins aménagés offrent des aires extérieures de loisirs au niveau du toit. <sup>1</sup>

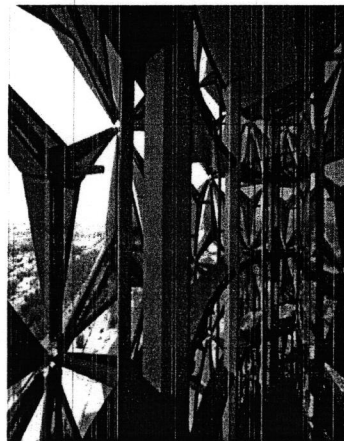


Figure 68: Vue de l'intérieur d'une tour d'El Bahr towers .Source <sup>1</sup>

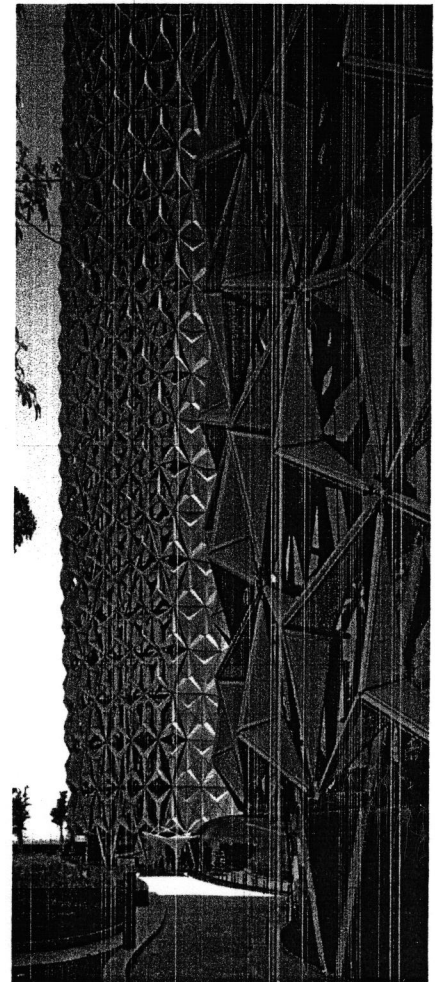


Figure 69 : Vue sur les deux façades d'El Bahr towers ( systèmes à treillis ouverts ) .Source <sup>1</sup>

### 2.6.2.5. Avantages du brise-soleil pourvu de systèmes à lames :

Les brise-soleil à lames sont des systèmes de protection solaire très couramment utilisés .Les lames peuvent adopter de multiples formes, positionnées horizontalement ou verticalement, selon des angles définis ou réglables dans le cas où elles sont orientables. Ils présentent les avantages suivants :

- Réduction des couts d'exploitation à travers la réduction des charges calorifiques .
- Bonne visibilité vers l'extérieur.
- Eclairage naturel préservé.
- Empêcher l'éblouissement ou la réverbération dans les espaces intérieurs.
- Offrir la possibilité de commander activement l'entrée de la lumière naturelle.
- La façade devient visuellement attractive.
- Possibilité d'intégration de cellules solaires .

Nota : On s'intéresse à ce type vu que c'est celui qui est utilisé dans le bâtiment cas d'étude.

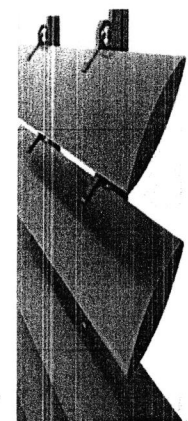


Figure 70 : exemple de brise-soleil à lames. Source: Google images.

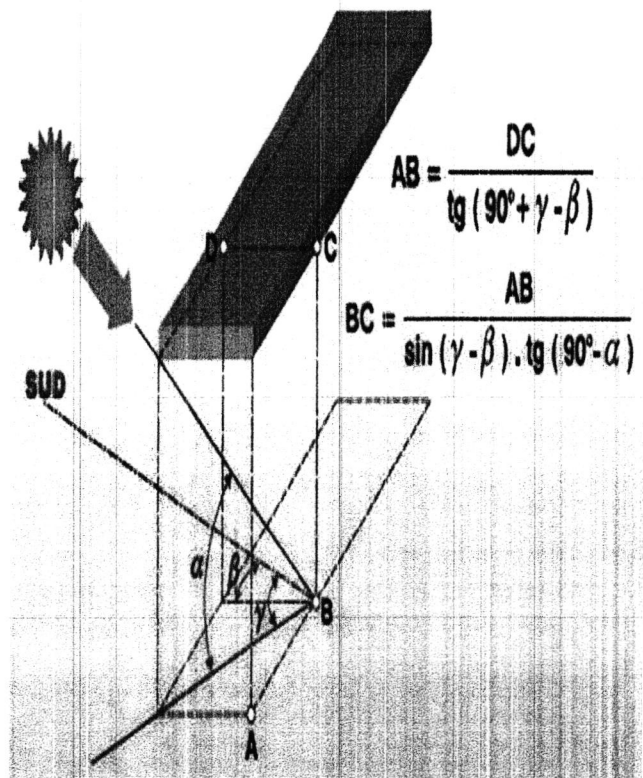
<sup>1</sup> Article Arch-daily paru le 5 septembre 2012 par karen Cilento. En ligne <http://www.archdaily.com/270592/al-hajar-towers-responsive-facade-aedas>

## 2.6.2.6. dimensionnement des brise-soleil :

### A. Première méthode de dimensionnement :

Le dimensionnement de l'auvent se fait de la même manière que celui des brise-soleil<sup>1</sup>. Le schéma de la fiche illustre des caractéristiques géométriques d'un auvent dans le cas d'une façade verticale, en fonction de la hauteur ( $\alpha$ ) et de l'azimut ( $\gamma$ ) du soleil, ainsi que de l'orientation de la façade ( $\beta$ ).

Figure 71: calcul des caractéristiques géométriques d'un auvent dans la cas d'une façade verticale  
Source : Livre Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques, Alain Liébard et André De Herde .p :168



### B. Deuxième méthode de dimensionnement :

Voir figure 72

Pour le calcul de l'indice d'efficacité d'une protection solaire, voir annexe n°02.

De manière générale, les brise-soleil et les auvents peuvent remplir plusieurs fonctions :

- Protéger les parois et les ouvertures des rayonnements solaires directs.
- Protéger de la pluie.
- Protéger des regards.
- Protéger du bruit des voisins.
- Protéger des agressions.

Ils doivent admettre une résistance aux intempéries comme les tempêtes et les ouragans. Il faut également prendre en considération leur impact sur l'esthétique, sur l'animation de la façade et sur l'apport de lumière au travers des ouvertures.<sup>2</sup>

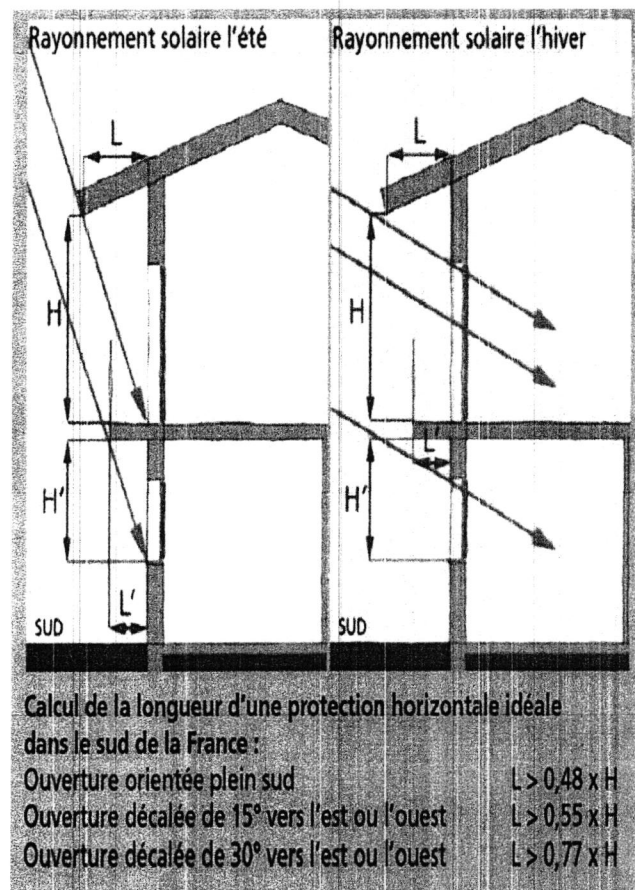


Figure 72 : dimensionnement d'une casquette  
Source: en ligne PDF -comment dimensionner une casquette.les protections solaires.

<sup>1</sup> Les auvents protègent les parois verticales : leur détermination est le résultat d'un double calcul lié à la profondeur et à la sur largeur .

<sup>2</sup>Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques- les auvents pages 168a et 168b

## Conclusion :

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

« De simples moyens passifs suffisent pour assurer le confort sous presque tous les climats » de David Wright.<sup>1</sup>

Source de chauffage passif et gratuit en hiver , le rayonnement solaire peut devenir une source de surchauffe en été s'il est mal maîtrisé .Le développement, ces dernières années , des technologies de rafraîchissement nous a conduit à négliger les moyens simples de traiter les surchauffes dans le bâtiment. Le cout de ces dispositifs et leur bilan écologiques sont catastrophiques. Ils occasionnent notamment un réchauffement de l'air extérieur en milieu urbain.

Le retour aux principes de l'architecture bioclimatique, qui est l'une des architectures les plus anciennes constitue une alternative à l'utilisation des systèmes énergivores. La prise en compte du développement durable s'est imposée en peu de temps comme une donnée essentielle de l'architecture.

En effet, après cet état des connaissances, il en est découlé que les brise-soleil sont des dispositifs architecturaux simples , qui présentent de multiples avantages et contribuent à l'amélioration de l'efficacité énergétique du bâtiment. Il conviendrait donc de les prévoir dès les premières études de conception d'un bâtiment .

Dans le chapitre suivant, l'impact réel de ces derniers dans un bâtiment existant sera abordé et évalué à l'aide de simulations numériques .

---

<sup>1</sup> Manuel d'architecture naturelle, David Wright, éditions parenthèses, 2004



## CHAPITRE 3 :

# CAS D'ÉTUDE

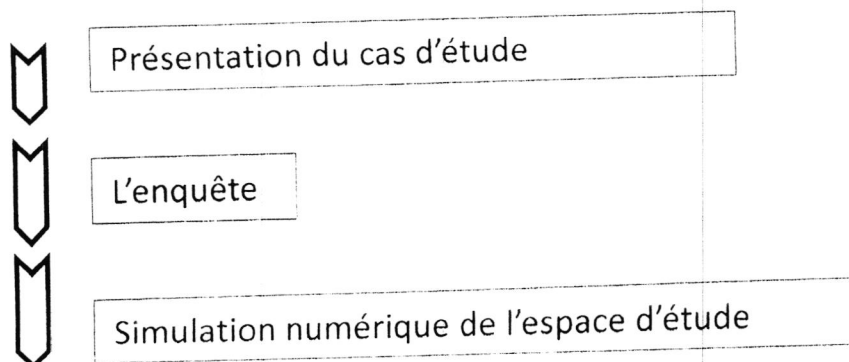
## Introduction :

Les façades transparentes , très prisées par les architectes , connaissent actuellement un développement important. En effet, ce type de façade permet l'ouverture des espaces intérieurs à la lumière du jour en gardant une bonne maîtrise des apports solaires avec l'utilisation de protection solaire. Le verre est aujourd'hui un élément important de l'équilibre énergétique du bâtiment et intervient de façon concrète dans l'architecture contemporaine par la qualité des produits et la grande diversité de son utilisation . Les façades sont ainsi des systèmes complexes multifonctions en plein essor et les performances des bâtiments reposent très fortement sur la qualité de la conception et de la réalisation de leurs façades .

Les outils d'aide à la conception interviennent dans les phases en amont du processus de conception architecturale [11]. Ils sont utilisés dans une phase importante ,voire décisive ; celle où le projet n'est pas encore figé où les modifications sont encore possibles . C'est durant cette phase, les choix primordiaux s'opèrent et qui auront un effet direct sur le comportement thermique et la performance énergétique du bâtiment. En effet, ils représentent une aide sur les choix importants réalisés dans la phase d'esquisse et d'avant-projet sommaire.

Pour aborder l'impact des brise-soleil sur la consommation énergétique ,dans ce chapitre, des simulations numériques seront réalisées afin d'établir une étude sur le comportement énergétique en vue de démontrer l'impact des brise-soleil sur l'efficacité énergétique de l'espace choisi dans le bâtiment d'étude.

La contribution de ce travail réside dans la réduction de la consommation énergétique tout en améliorant le confort thermique du bâtiment afin d'assurer sa performance énergétique, à travers plusieurs scénarios d'occultation par les brise-soleil. La finalité de ce travail illustrera également l'efficacité de ce système passif découlant des principes de l'architecture bioclimatique ,tout en insérant les préoccupations environnementales dans le processus de conception architecturale , s'inscrivant ainsi dans cet enjeu important; le développement durable .



[11] L. Fernandez, *Transposition en Architecture des Connaissances d'Ingénierie Environnementale et des Savoirs Relatifs au Choix des Matériaux*. Thèse de Doctorat, Université de Toulouse 325 p. 2010

### 3.1. Présentation du cas d'étude :

L'institut National De Criminalistique Et De Criminologie De Bouchaoui (INCC )

Projet: Institut de criminologie de la Gendarmerie Nationale de Bouchaoui  
Maître d'ouvrage: ANP  
Maitre d'œuvre : KREBS+KIEFER  
Surface (m<sup>2</sup>): 3 500  
Année: 2008

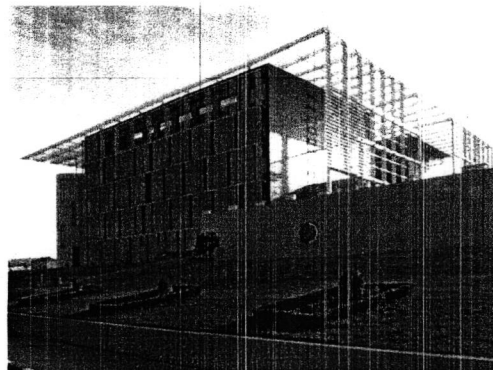


Figure 73 :photographie de l'INCC

L'Institut National de criminalistique et de criminologie est un établissement public à caractère administratif, créé par décret présidentiel n° 04-183 du 26/06/2004. L'institut médico-légal est responsable des enquêtes sur les crimes en appliquant des moyens scientifiques de pointe. il est un outil de pointe inspiré des pratiques d'expertise et d'analyse récentes et appuyées par les technologies appropriées.

Il a pour mission de servir la justice et de soutenir les unités d'investigation dans l'exercice de la police judiciaire.

A ce titre, il est chargé notamment de :

- \* Réaliser, à la requête des magistrats, des expertises et des examens scientifiques dans le cadre des enquêtes préliminaires et des informations judiciaires en vue d'établir les preuves permettant d'identifier les auteurs des crimes et délits.
- \* Réaliser, à la requête des enquêteurs et des autorités habilitées, des expertises, analyses et examens scientifiques relevant de leurs compétences respectives.
- \* Mettre en œuvre les procédés de la police scientifique et technique visant la collecte et l'analyse des objets, traces et documents prélevés sur les scènes de crimes.
- \* Assurer une assistance scientifique aux investigations complexes .
- \* Participer aux études et analyses relatives à la prévention et à la réduction de toute forme de criminalité.
- \* Participer, en qualité de d'organisme prestataire d'examens et d'expertises dans le domaine de la criminologie, à la définition de la politique de lutte contre la criminalité.

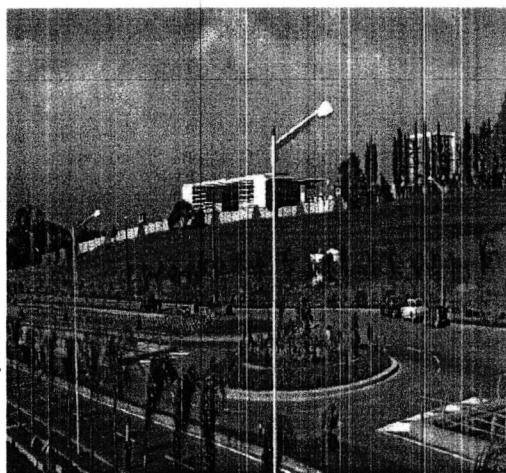


Figure 74 :photographie du site <http://www.algerie-dz.com/forums/archive/index.php/t-192348.html>

Le dimensionnement de l'ouvrage a eu lieu selon les normes algériennes et européennes. L'institut se trouvant dans une région à forte activité sismique, les calculs et la conception constructive de la structure porteuse ont dû être conçus afin de garantir le bon fonctionnement de l'institut, même en cas de séisme.

### 3.1.1 -Situation de l'INCC :

Coordonnées : 36°45'34"N 2°54'11"E

#### •Situation :

L'INCC est situé à **Bouchaoui**, village algérien situé à une vingtaine de kilomètres à l'ouest d'Alger. Il dépend de la daïra de Chéraga dans la Wilaya d'Alger.

#### •Limites

L'INCC est limité au :

- Nord par une voie desserte .
- Sud par un terrain nu .
- l'Est par un réfectoire, un dortoir et des logements d'astreinte .
- l'Ouest par la voie reliant Staouéli et Bouchaoui .

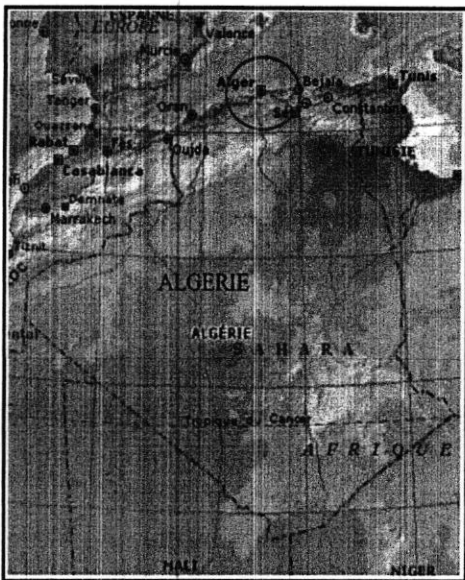


Figure 75: Carte de situation d'Alger/ Algérie [www.cartograf.fr](http://www.cartograf.fr)

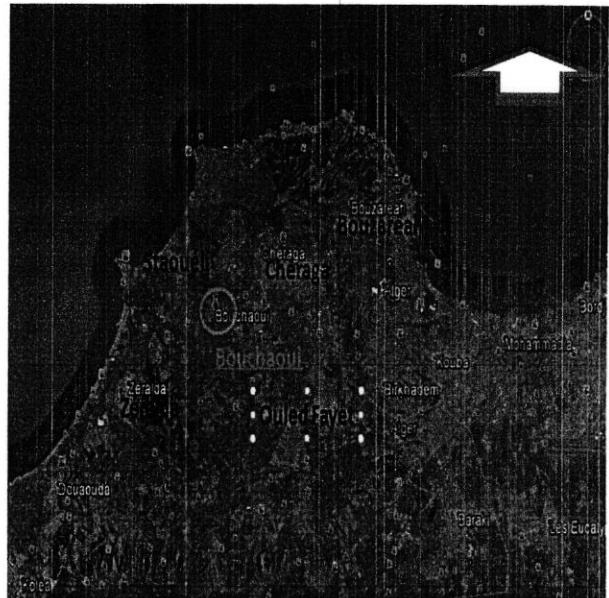


Figure 76: Carte de situation de Boucharou /Alger  
Source: internet Google earth 2016

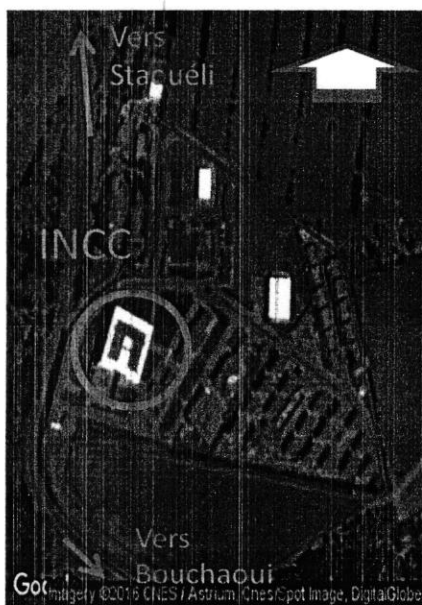


Figure 77 : Carte de situation de l'institut  
Source: internet Google earth 2016



Figure 78: Carte de situation de l'institut /Boucharou .Source: internet Google earth 2016.

### 3.1.2 . Données climatiques :

Dans le but de mieux définir les caractéristiques du climat d'Alger, il est utile de se baser sur des données météorologiques mensuelles relevées à la station météorologique d'Alger.

#### Climat:

Compte tenu de sa position sur le littoral Algérien la région est sous un **climat méditerranéen** avec des nuances littorales. Elle est située dans un seul étage bioclimatique, le **subhumide** caractérisé par un **hiver doux , humide et pluvieux et un été long, chaud et sec**

#### Températures: :

La température varie entre **33°C** pour les mois chauds de l'**été** (Juillet, Aout) et **5.7°C** pour les mois les plus **froids** (Décembre à Février). Il fait généralement chaud surtout de la mi-juillet à la mi-août.

#### Vents dominants :

La zone littorale est exposée aux **vents marins salés.**, sinon les vents dominants soufflent du **Nord-est** et d'**Ouest**, la vitesse moyenne est de l'ordre de **10km/h**. Les **vents du Nord** sont généralement froids et se produisent durant la quasi-totalité de l'année. Quant aux **vents du Sud(Sirocco)** souvent chauds et secs, ils soufflent en moyenne 13 jours par an (Juillet, Aout).

Mois	Ta	Sd	FF
	[°C]	[h]	[m/s]
Janvier	10.1	166	2.4
Février	10.9	170	2.5
Mars	13.4	200	2.7
Avril	15.5	223	3.0
Mai	19.0	280	3.0
Juin	23.1	300	3.1
Juillet	25.8	330	3.1
Août	26.2	300	2.9
Septembre	23.2	241	2.8
Octobre	20.1	209	2.3
Novembre	14.6	172	2.5
Décembre	11.7	161	2.6
Année	17.8	2752	2.7

Tableau 02 :  
Températures moyennes mensuelles  
Source :Meteonorm/ station de l'interpolation de température Dar El Beida

Ta : température de l'air  
SD : durée d'insolation  
FF: vitesse du vent

De par sa situation géographique, l'Algérie dispose d'un des gisements solaire les plus élevés au monde .La durée d'insolation sur la quasi totalité du territoire national dépasse les 2000 heures annuellement et peut atteindre les 3900 heures (hauts plateaux et Sahara). La durée moyenne d'ensoleillement pour une région côtière comme la notre est de 2650 Heures/an.

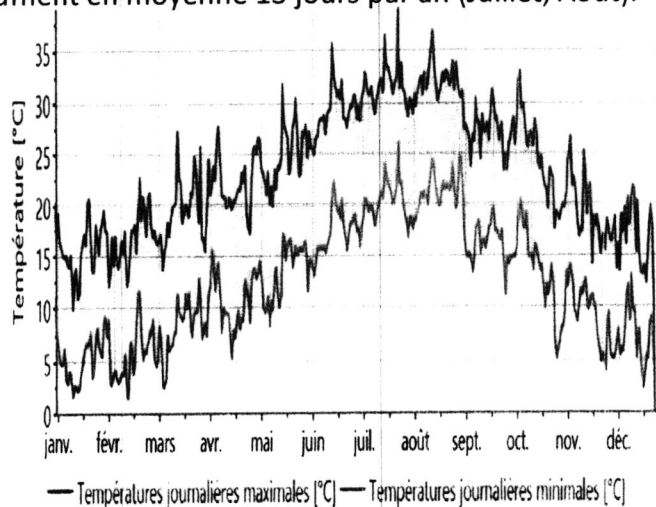


Figure 79: Températures moyennes journalières  
Source :Meteonorm/station de l'interpolation de température Dar El Beida

#### Durée d'insolation

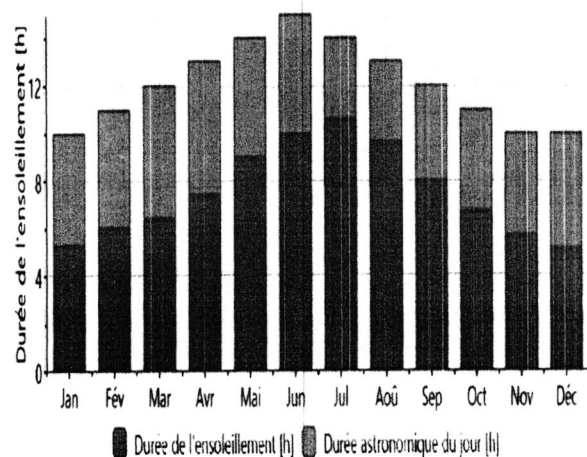


Figure 80: durée d'insolation en heures

### 3.1.4- Présentation du bâtiment d'étude :

Le bâtiment est composé de deux ailes ; L1 et L2 de formes régulières, abritant principalement les laboratoires , articulés par un bâtiment de forme elliptique . Celui la abrite l'administration. L'entrée se fait par une passerelle située à l'est .

Il n'existe aucun bâtiment mitoyen ou proche du bâtiment d'étude dans son environnement immédiat, ni d'arbres de grande hauteur . Le choix de la végétation s'est porté sur de petits arbustes, du gazon et quelques palmiers plantés à une distance plus ou moins importante du bâtiment. A partir de ces données, on peut noter qu'il n'y a pas d'obstacles pouvant constituer des masques pour le bâtiment, et donc aucune source d'occultation présente dans le site pouvant occasionner des réflexions ou procurer un ombrage. De plus , la structure topographique a été modifiée par la projection de sous-sols . A partir du RDC, le terrain est considéré comme étant relativement plat d'où l'affirmation que la topographie ne peut pas constituer un masque pour le bâtiment

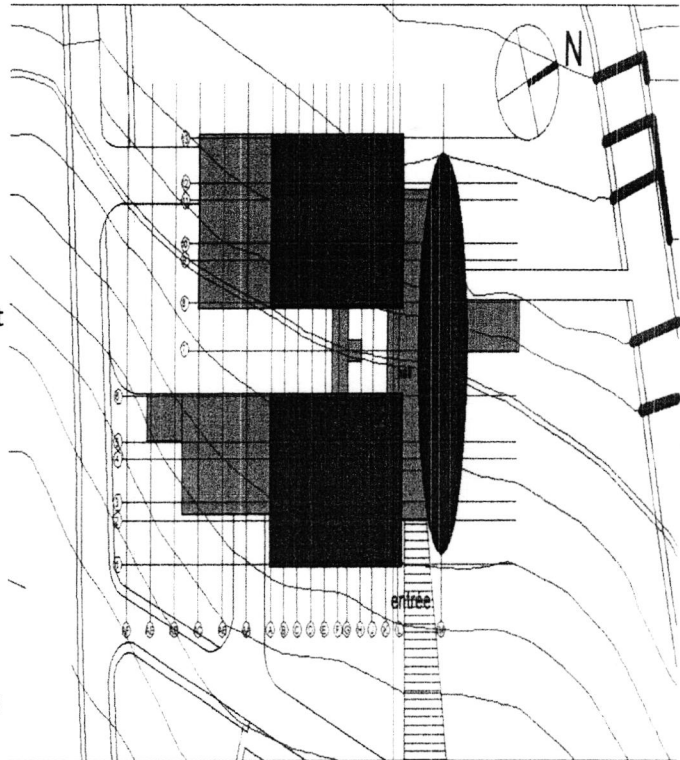


Figure 83: Plan masse de l'INCC\_site objet de l'étude  
Source: dossier graphique de l'INCC

### 3.1.5. Présentation des principales fonctions que le bâtiment abrite :

L'INCC recèle :

31 laboratoires de criminalistique .

18 laboratoires de criminologie.

1 mini-labo monté sur véhicule.

916 équipements techniques et scientifiques de pointe.

124 types de prestations de service .

1 unité d'identification des victimes de catastrophes.

À la requête des magistrats, des enquêteurs et des autorités habilitées, il

établit les preuves permettant d'identifier les auteurs des crimes et délits et étudie des facteurs de la criminalité, les processus de passage à l'acte, les modes opératoires et les moyens de prendre en charge les phénomènes criminels, sur les plans préventif et opérationnel.

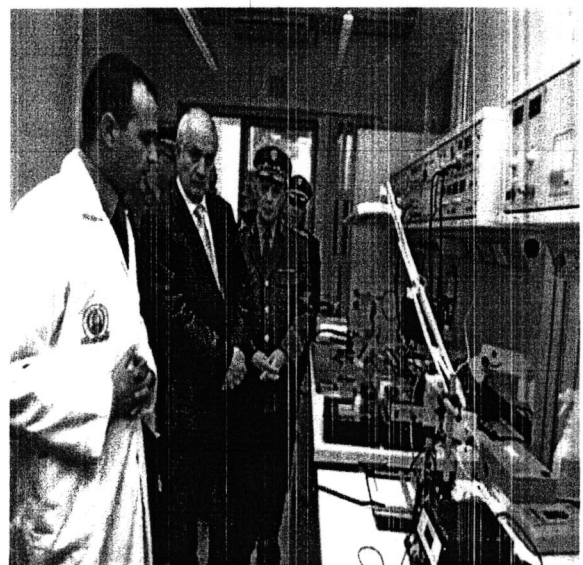


Figure 84: Vue d'intérieur sur un laboratoire  
Source: voir bas de page

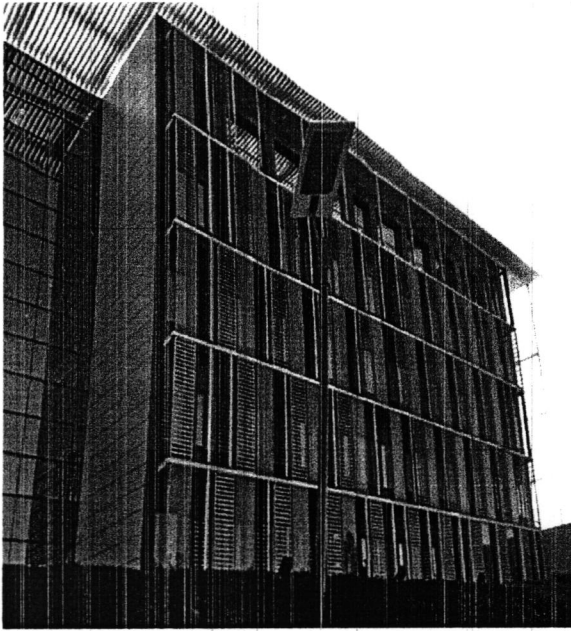


Figure 85 : Vue sur la façade ouest

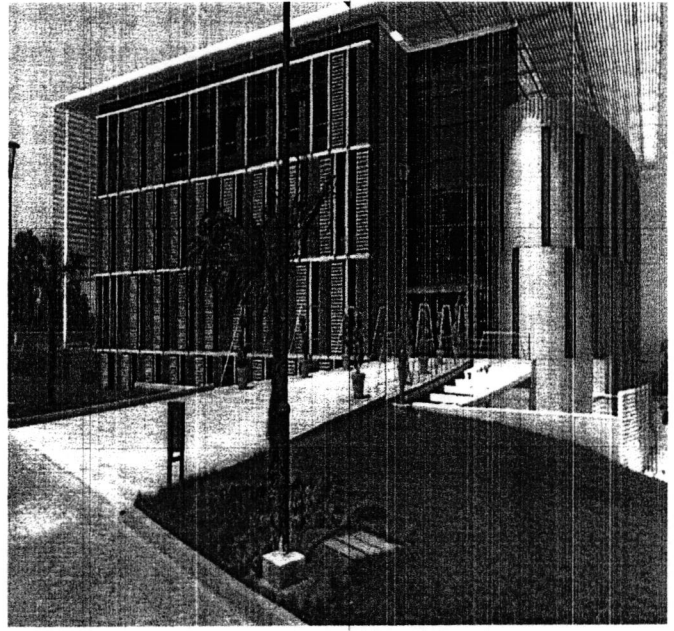


Figure 86 : Vue sur la passerelle menant à l'entrée principale du bâtiment ( côté est)

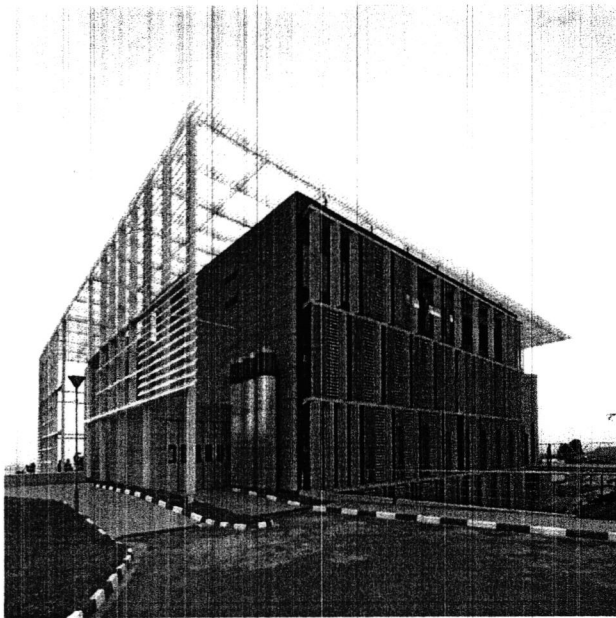


Figure 87 : Vue en perspective sur les façades est et sud

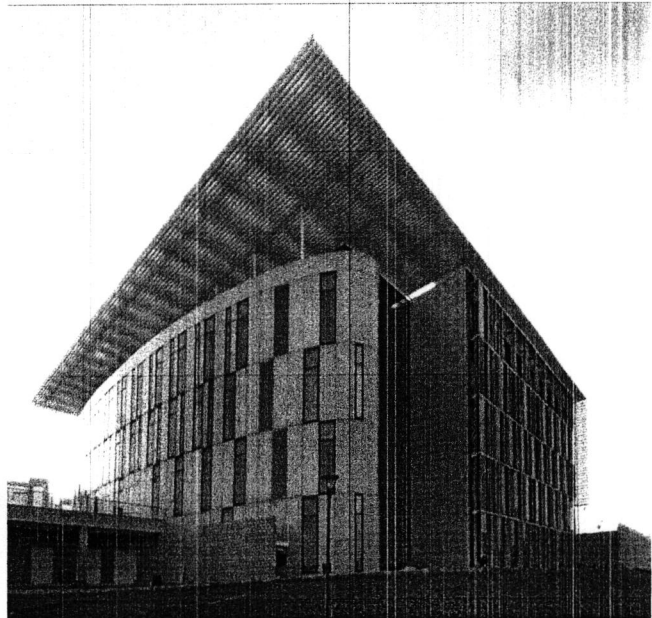


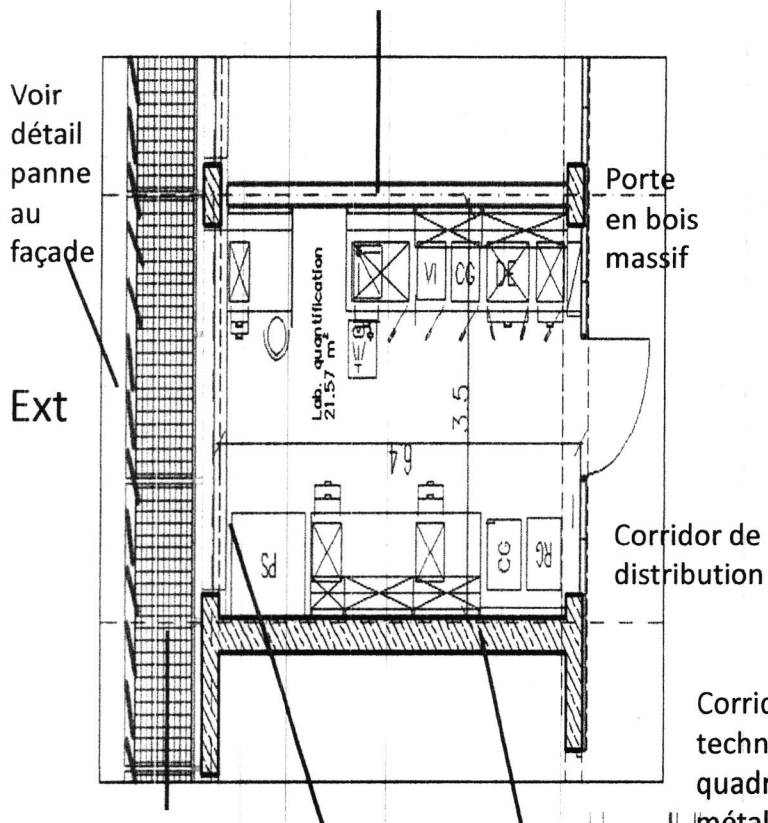
Figure 88 : Vue en perspective sur les façades ouest et nord

### 3.1.6 -Présentation de l'espace objet de l'étude :

Il s'agit d'un laboratoire de quantification , situé au 1<sup>er</sup> étage de la première aile L1 ( bâtiment de l'ouest) .

La complexité des activités se déroulant au sein du laboratoire n'est pas définie avec exactitude . Comme il s'agit de fonctions très délicates, se fondant dans le secret le plus total, l'accès ne m'a pas été autorisé et il n'est de plus pas possible de suggérer ou d'essayer de deviner la nature des fonctions qui se déroulent à l'intérieur . L'on se contentera par les activités exercées généralement dans les laboratoires .

Cloison de séparation (plaques de plâtre tapissé + isolant, posés sur rails et montants en aluminium) peinte en blanc mat.



Corridor technique ; quadrillage métallique  
 Baie vitrée : double vitrage type réfléchissant / cadres en aluminium noir .  
 Cloison en brique peinte en blanc mat

Figure 93 : Vue en plan sur l'espace d'étude .  
 Source : de l'auteur

Détails sur l'espace d'étude

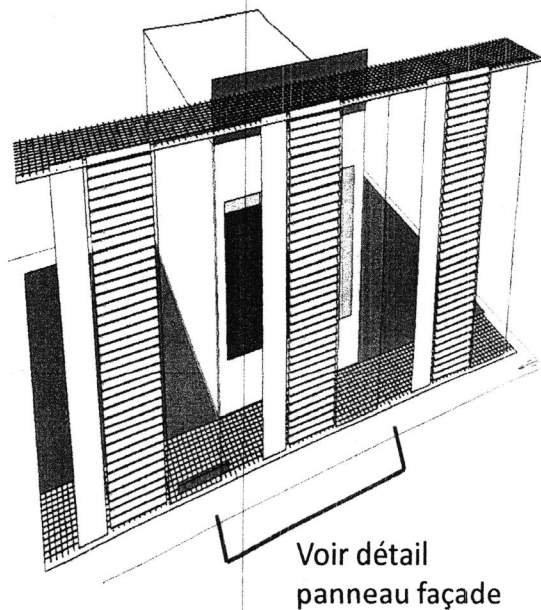


Figure 92 : Vue tridimensionnelle sur l'espace d'étude. Source : de l'auteur

Corridor technique ; quadrillage métallique  
 Faux-plafond démontable : carreaux de plaques de plâtre, blanc mat.

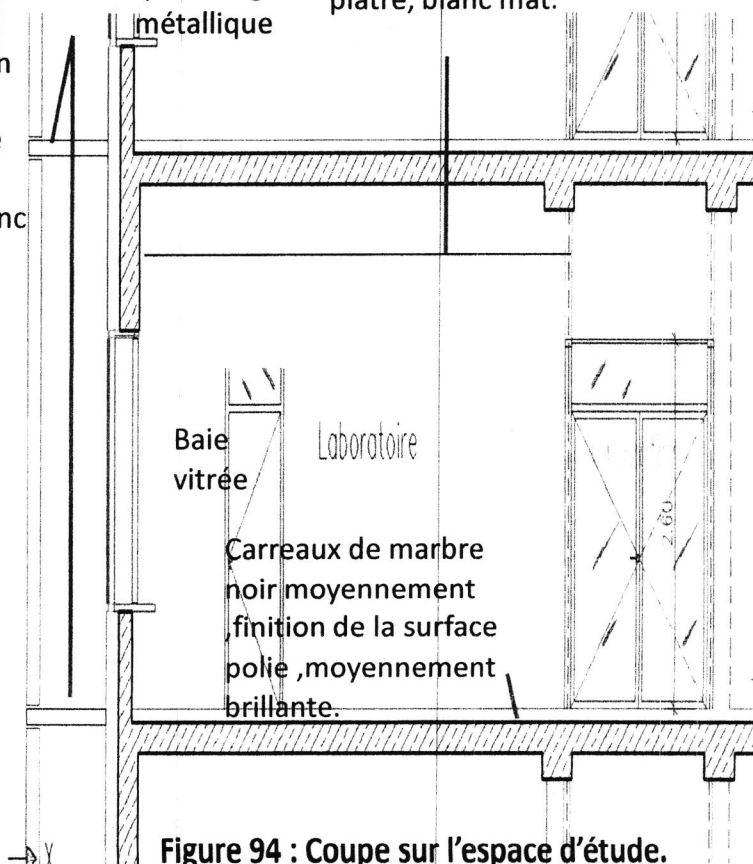


Figure 94 : Coupe sur l'espace d'étude.  
 Source : de l'auteur



### 3.2- L'enquête :

L'interview ayant eu lieu avec le responsable des formations de l'institut de criminologie et de criminalistique a été axée sur les points suivants ;

--**Question** ; Ne ressentez-vous pas un inconfort hygrothermique du à l'excès de chaleur en été ou de froid en hiver ?

--**Réponse** : la bâtiment est intelligent , il est équipé de systèmes de climatisation, de contrôle de la température intérieure dans chaque espace, adaptés à chaque fonction. Le taux d'humidité est également contrôlé. Même si quelqu'un essaie d'ouvrir la fenêtre, il est tout de suite affiché dans le bureau de contrôle et on lui demande de suite de la refermer , pour ne pas modifier les conditions de confort programmées .

--**Question** ; vous-arrive-t-il à certaines heures de la journée de percevoir un effet d'éblouissement ?

--**Réponse** ; la majorité des espaces sont occupés par des laboratoires. Nous jugeons la qualité de la lumière assez bonne et suffisante pour pratiquer nos tâches .

-- **Question** : les panneaux présents dans la façade ne diminuent-ils pas considérablement la quantité de lumière naturelle pénétrant dans les espaces ?

-- **Réponse** ; Le bâtiment est intelligent comme déjà annoncé , chaque espace bénéficie d'un éclairage naturel , et d'un éclairage artificiel adapté à chaque espace .

#### Synthèse de l'enquête :

Ceci est un aperçu des réponses récoltées. Vu que les avis sont entièrement favorables, **il ne serait pas utile** de développer cette partie vu qu'elle ne sollicitera aucunement l'objet de recherche présenté dans ce mémoire. A cet effet, l'étude sera axée sur le volet pratique et un appui plus prononcé sera mis sur la simulation numérique .

### 3.3. Simulation numérique de l'espace d'étude :

#### 3.3.1. Les outils numériques de simulation :

Ce sont des outils informatiques constituant des outils d'aide à la décision. ou bien la présentation interactive de certaines informations constituant une base de données que les utilisateurs peuvent utiliser comme outils d'aide à la conception. La modélisation et la simulation sont des moyens efficaces pour mettre au point et étudier le comportement thermique des bâtiments en régime stationnaire et variable .

La complexité du sujet a été de cerner le degré de précision souhaitant être intégré à l'étude. Il convient , dans un souci de cohérence et afin de bien comparer par la suite les résultats , de trouver le bon niveau de modélisation . La simulation environnementale et énergétique peut réaliser une simulation thermique complète pour déterminer les sources de consommations énergétiques. La modification des zones thermiques, des matériaux et du planning des systèmes permet l'optimisation du bâtiment selon le climat.

Pour ce faire, l'outil de simulation Ecotect a été utilisé pour modéliser thermiquement l'espace d'étude et évaluer l'impact des brise soleil sur le confort et la consommation énergétique pour solutionner les problématiques .

L'objectif ultime de la modélisation est d'approcher et de mieux contrôler la relation existante entre le climat et l'intérieur dans son ensemble .c'est-à-dire de définir dans cette étude en fonction du climat, l'énergie utile du bâti de manière optimale, sans oublier que l'un des critères essentiels est le critère économique . Une telle étude nécessite un outil de simulation informatisé adéquat, appuyé sur des banques de données très bien fournies . La simulation numérique est devenue un outil fiable et très important dans la conception et la planification de tout type de projet . Le logiciel « ECOTECT » offre un large éventail de fonctionnalités de simulation et d'analyse de l'énergie des bâtiments qui peut améliorer les performances des bâtiments, voire préconiser de nouveaux projets de bâtiments.

### 3.3.2.Choix et présentation du logiciel ECOTECT :

ECOTECT est un logiciel de simulation qui associe un modeleur 3D avec des analyses solaire, thermique, acoustique et de coût. C'est un outil d'analyse simple et qui donne des résultats très visuels..

Il a été conçu avec comme principe que la conception environnementale la plus efficace est à valider pendant les étapes conceptuelles du design. Le logiciel répond à ceci en fournissant la rétroaction visuelle et analytique, guidant progressivement le processus de conception en attendant que les informations plus détaillées soient disponibles. Ses sorties étendues rendent également la validation finale de conception beaucoup plus simple en se connectant par interface à Radiance, EnergyPlus et à beaucoup d'autres outils plus spécialisés. ECOTECT est différent des autres outils d'analyse en ce qu'il vise les premiers stades de la conception, un moment où des décisions simples peuvent avoir des effets profonds sur le projet final .

### 3.3.3. Fonctions principales offertes par le logiciel ECOTECT :

ECOTECT offre cinq fonctions principales :

☐ La fonction Visual Impact, aide à analyser les angles de projection, les obstructions et les composants verticaux pour n'importe quel point ou surface.

☐ La fonction Solar Radiation Analysis, permet de visualiser l'incidence des radiations solaires sur les fenêtres et les surfaces calculées pour chaque saison.

☐ La fonction Shadow and Reflections : permet les simulations d'ombres, de réflexions et indique la position du soleil et l'ensoleillement du projet comme elle montre comment la lumière entre par les fenêtres et se déplace dans l'espace.

☐ La fonction Daylight, permet de calculer les détails de l'ensoleillement, les facteurs d'éclairage naturels : les niveaux d'éclairement (lux), le facteur de lumière du jour (%), les réflexions intérieures et extérieures (%) à n'importe quel point du modèle, ainsi que les composantes du ciel. Selon le type de la grille (verticale ou horizontale), la fonction affiche les résultats en 2D et/ou en 3D. Elle simule aussi les économies potentielles qu'offre la conception axée sur l'éclairage naturel.

☐ La fonction Thermal performance, permet de calculer les charges de chauffage et de climatisation pour tous types de zones, quelles que soient leurs formes. Il analyse également les changements thermiques dus à l'occupation des bâtiments, aux apports internes, à l'infiltration, ainsi qu'aux différents équipements.

### 3.3.4. Simulation numérique des besoins énergétiques et des apports solaires directs :

L'objet des simulations est une vérification de l'efficacité des brise-soleil utilisés dans le bâtiment cas d'étude et de montrer les configurations les plus intéressantes qu'ils pourraient porter.

#### 3.3.4.1- Présentation des paramètres de la simulation :

##### Les paramètres constants :

- La lieu géographique: Bouchaoui **Coordonnées :** 36°45'34"N 2°54'11"E.
- La zone : Périurbaine.
- Site : aucun masque ( ni végétation , ni bâtiments avoisinant l'institut ).
- La géométrie du local : S=22m<sup>2</sup> -Le local : l=3.5m, L=6.4m, h sous faux-plafond =3.3m.
- La structure porteuse des bâtiments : métallique .
- Parois : couleur : blanc mat clair, facteur de réflexion 0.7
- Sol : carreaux de marbre noir, pas très brillant. facteur de réflexion 0.04
- La fenêtre : largeur = 3m, Hauteur =1.90m,, h de l'allège =0.73m.
- Surface vitrée de l'espace d'étude ; vitrage type double clair, coefficient de transmission 0.7
- Lames des brise-soleil : aluminium mat, facteur de réflexion 0.55.
- L'orientation de la fenêtre : ouest et sud .
- Humidité : une moyenne de 60%
- Intervalle de température de confort entre 18° et 26°

##### 1. Les paramètres à simuler :

Scénario 01 : cas d'étude (scénario d'occultation ).

1. Fenêtre dépourvue de brise soleil .
2. Fenêtre avec brise soleil .

Scénario 02 : Caractéristiques des lamelles :

1. Distance entre les lamelles.
2. Inclinaison des lamelles.
3. Orientation des lamelles.

Scénario 03 : Distance par rapport à la façade .

Scénario 04 : matériaux des brise-soleil.

Scénario 05 : L'orientation .

Scénario 06: le pourcentage de couverture de la surface vitrée par les brise-soleil .

Scénario 07 :type de brise-soleil.

Scénario 08 : Type de vitrage de la fenêtre..

Les simulations ont été faites en hiver et en été, le soir à 17h dans le cas de l'orientation Ouest et à 13h dans le cas de l'orientation sud.

Les apports internes n'ont pas été introduits dans le calcul numérique et la réflexion sur les lames n'a également pas été prise en compte .

### 3.3.4.2.Méthodologie de la simulation :

1. Réalisation du modèle à simuler : modélisation du volume de l'espace d'étude suivant ses différentes caractéristiques géométriques.
2. Intégration des données météorologiques propres à la ville d'Alger : Après la réalisation du modèle à simuler, il a été nécessaire d'intégrer les données météorologiques de la ville d'Alger dans le logiciel ECOTECT .

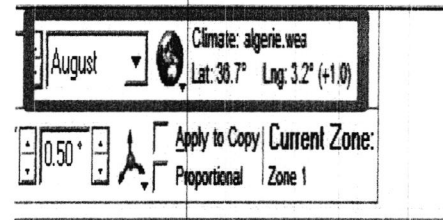
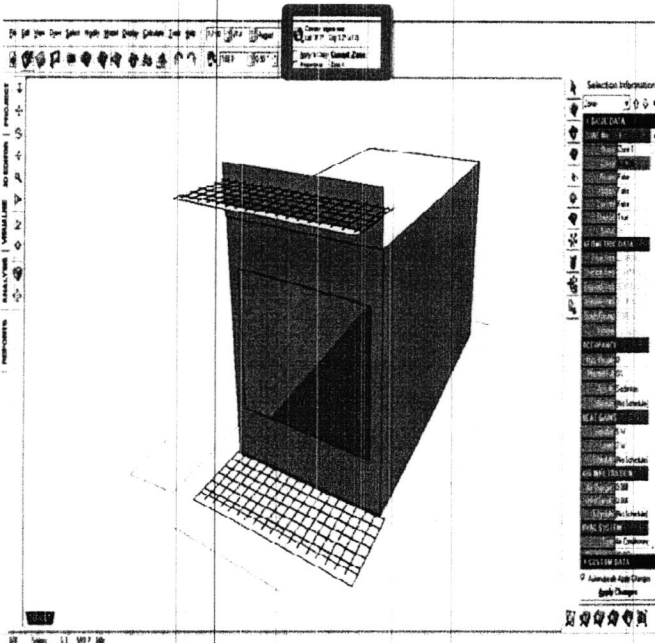


Figure 97 : Introduction de la station météorologique d'Alger

Figure 98 : interface du logiciel ECOTECT : vue tridimensionnelle de l'espace faisant l'objet des simulations

### 3. Intégration des propriétés des matériaux :

Attribution des propriétés de chaque matériau sur ECOTECT

Enveloppe de l'espace d'étude :

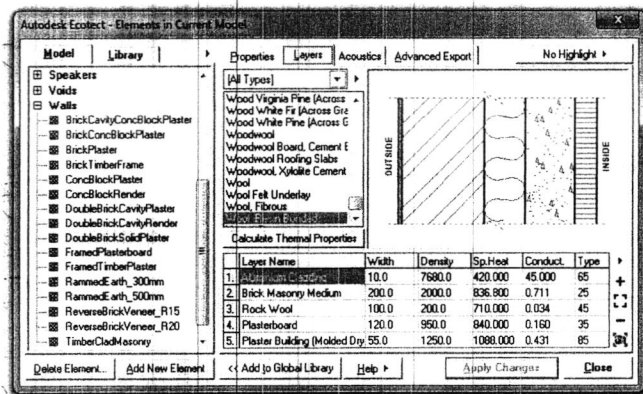


Figure 99 : interface du logiciel ECOTECT : introduction des composants des murs, du sol, du plafond, de la porte et du corridor technique. Source ; ECOTECT ANALYSIS 2011

Le virage :

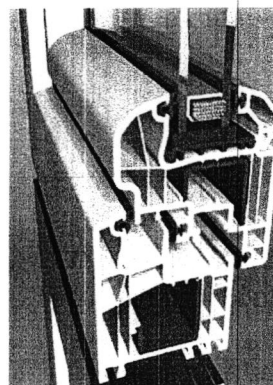


Figure 100 : intégration des caractéristiques du vitrage de la fenêtre. Source : Google images

Les lames :

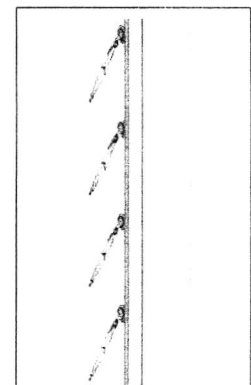


Figure :101 intégration des caractéristiques des lamelles des brise-soleil ( en fonction des scénarios appliqués. Source : de l'auteur

### 3.3.4.3. Les simulations : résultats ,interprétation et conclusions :

#### Scénario 01: baie vitrée pourvue et dépourvue de brise-soleil (cas d'étude) :

L'objet de ces simulations est de relever l'impact des brise-soleil sur les besoins énergétiques de l'espace d'étude avant et après avoir été équipé de système de protection solaire

#### A. Façade dépourvue de brise soleil :

Résultat de la simulation des besoins énergétiques (réponses thermiques )

Besoins en chauffage ( janvier ) :165 kW

Besoins en climatisation( Août ) :210 kW

Max chauffage: 668 W à 06:00, le 28 Février

Max climatisation : 1175 W à 16:00, le 8 Juillet

Indice de performance énergétique = 55 kWh/m<sup>2</sup>.an (catégorie B ).

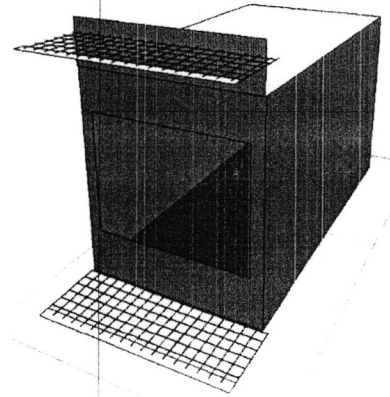


Figure 102 : vue tridimensionnelle sur l'espace d'étude

. Source : de l'auteur

#### Résultats des gains solaires directs Q<sub>g</sub> (Wh)( moyennes mensuelles) :

Q<sub>g</sub> au mois de janvier à 17h :33 Wh

Q<sub>g</sub> au mois d'Août à 17h : 373 Wh

#### Répartition des gains (moyennes annuelles) :

GAINS BREAKDOWN - All Visible Thermal Zones		
FROM: 1st January to 31st December		
CATEGORY	LOSSES	GAINS
FABRIC	43.4%	3.9%
SOL-AIR	0.0%	5.4%
SOLAR	0.0%	38.9%
VENTILATION	43.9%	4.6%
INTERNAL	0.0%	47.2%
INTER-ZONAL	12.7%	0.0%

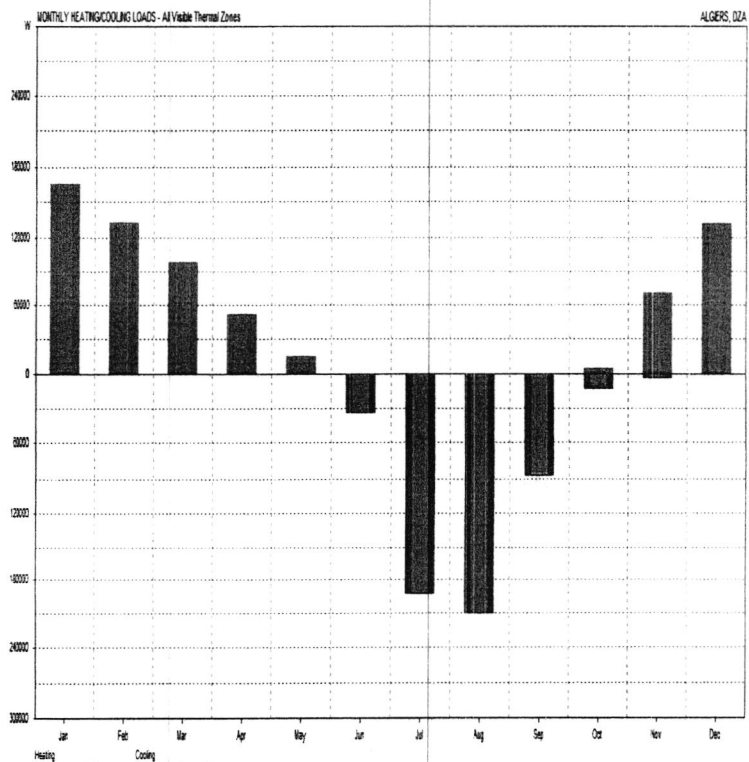


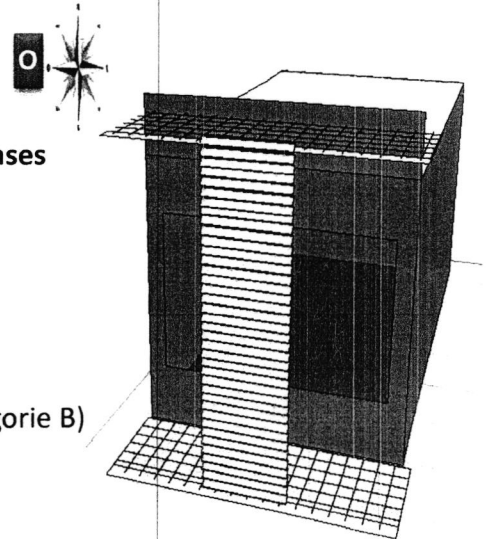
Tableau 03:répartition des gains annuels

Figure :Besoins énergétiques selon ECOTECH

**B. Façade avec Panneau de brise soleil avec des Lames Inclinées ,rapprochées ,de petites dimensions. Panneau éloigné de la façade (correspondant à ceux installés en réalité )**

**Résultat de la simulation des besoins énergétiques (réponses thermiques )**

Besoins en chauffage ( janvier ) :167 KWh  
 Besoins en climatisation( Août ) :205 KWh  
 Max chauffage: 668 W à 06:00 le 28 Février  
 Max Climatisation: 1161 W à 16:00 le 08 Juillet  
 Indice de performance énergétique = 54 KWh/m<sup>2</sup>.an (catégorie B)



**Résultats des gains solaires directs Qg (Wh)( moyennes mensuelles) :**

Qg au mois de janvier à 17h :31 Wh  
 Qg au mois d'août à 17h : 357 Wh

Figure 102 : vue tridimensionnelle sur l'espace d'étude .  
 Source : de l'auteur

**Répartition des gains (moyennes annuelles) :**

GAINS BREAKDOWN - All Visible Thermal Zones		
FROM: 1st January to 31st December		
CATEGORY	LOSSES	GAINS
FABRIC	43.4%	4.0%
SOL-AIR	0.0%	5.6%
SOLAR	0.0%	36.7%
VENTILATION	43.9%	4.7%
INTERNAL	0.0%	48.9%
INTER-ZONAL	12.7%	0.0%

Tableau 03 :répartition des gains annuels

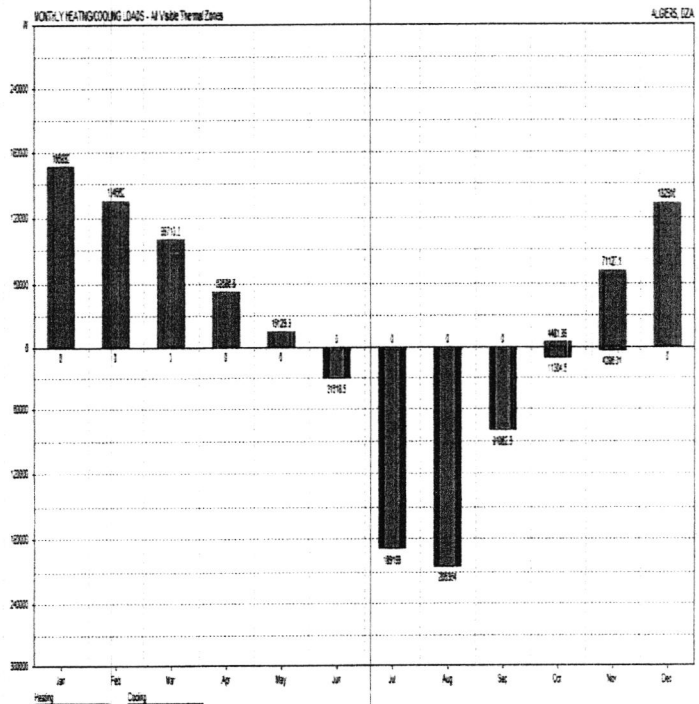


Figure :Besoins énergétiques selon ECOTECT

## Tableau récapitulatif des scénarios 01 et 05 :

Approche comparative entre les différents résultats :

### A-Besoins énergétiques :

Comparaison entre les résultats des façades pourvues et dépourvues de brise soleil :

En hiver, on remarque que les besoins en chauffage augmentent légèrement ( de 1.2%) après intégration des brise soleil. Cela pourrait être justifié par une diminution de la pénétration des rayons solaires à travers les lames des brise soleil à l'ouest .

En été, les besoins en climatisation diminuent avec l'ajout des brise soleil .L'écart des besoins , entre une façade pourvue et dépourvue de brise soleil, est plus important (environ 2.4 % ).Les problèmes de surchauffe que connaît généralement la façade ouest sont connus par le grand public. Cela met en

lumière l'efficacité de ce procédé architectural et

illustre à travers les résultats observés les économies en énergie

pouvant être apportées.

Les résultats de calcul de

l'indice de performance énergétique démontrent que l'espace d'étude est plus performant avec l'ajout des brise-soleil .

À l'ouest (cas d'étude)	Hiver (besoins en chauffage)	Été (besoins en climatisation)	Indice de perf. Énerg.
Sans brise-soleil	165 kWh	210 kWh	55
Avec brise-soleil	167 kWh	205 kWh	54

tableau 04: résultats de la simulation des besoins énergétique et de l'IPE

### B- Les gains solaires annuels :

Les gains solaires sont plus importants lorsque la façade est dépourvue de brise soleil .

Après intégration des brise-soleil , ils diminuent de 5.7%. Cela met en lumière l'impact des brise soleil sur la réduction des gains solaires annuels.

Nota : La réduction des gains solaires et son impact positif et/ou négatif ont été développés dans l'interprétation précédente des résultats de la simulation des besoins énergétiques.

	Sans brise soleil	Avec brise soleil
OUEST	38.9%	36.7%

Tableau 03 :répartition des gains annuels

### C- Gains solaires directs Qg (wh)

Les apports solaires diminuent avec l'ajout des brise soleil. Ceci est favorable en été car ça réduit

les besoins en climatisation et permet de réaliser des économies en énergie. Cependant, l'occultation diminue les apports solaires passifs en hiver, augmentant par conséquent les besoins en énergie de chauffage .

Ouest	Qg en hiver (janvier à 17h)	Qg en été (Aout à 17h)
Sans Brise soleil	33 Wh	373 Wh
Avec Brise soleil	31 Wh	357 Wh

Tableau 05 : résultats de la simulation des apports solaires directs

### Conclusion :

Les brise-soleil contribuent à la réduction de la consommation énergétique en été avec la réduction des apports solaires et donc les besoins en rafraichissement ,cependant ,ils augmentent les besoins en chauffage vu qu'ils occultent également les rayons solaires en hiver. Mais il est important de noter que la réduction des besoins en climatisation est plus importante que l'augmentation des besoins en chauffage.

## Scénario 02 : caractéristiques des lamelles des brise-soleil :

### Scénario A : distance entre les lamelles :

#### 1. Petite distance ( cas d'étude ) :



#### 1. Moyenne distance :



#### 1. Grande distance :



	Hiver (besoins chauffage)	Été (besoins climatisa- tion)	IPE
Sans brise-soleil	165 kWh	210 kWh	55
Petite distance	167 kWh	205 kWh	54
Moyenne distance	166 kWh	207 kWh	54
Grande distance	166 kWh	209 kWh	55

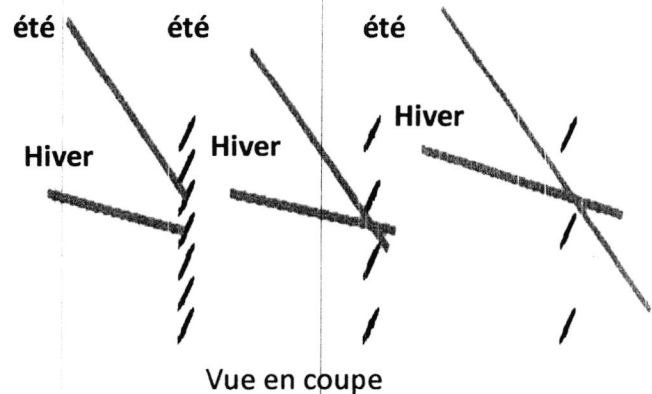


Tableau 04 : résultats de la simulation des besoins énergétique et de l'IPE (voir annexe n°03)

L'on peut constater que les besoins en énergie de chauffage augmentent de 0.7% dans le cas où les lames présentent une grande ou une moyenne distance entre elles, et qu'ils augmentent jusqu'à 1.2% dans le cas où les lames sont rapprochées comparativement au cas où la façade est dépourvue de brise-soleil. Cette différence de changement s'explique par un passage plus aisé des rayons solaires dans le cas où les lames sont moyennement ou bien espacées, contribuant au chauffage hivernal passif.

Les besoins en énergie de climatisation baissent légèrement dans le cas où les lames présentent une grande ou une moyenne distance entre elles (de 0.5% et 1.5% respectivement), et qu'ils diminuent jusqu'à 2.4% dans le cas où les lames sont rapprochées comparativement au cas où la façade est dépourvue de brise-soleil. Cela s'explique par une occultation plus importante des brise-soleil et donc une diminution considérable des apports solaires faisant diminuer les besoins de rafraîchissement.

### Conclusion :

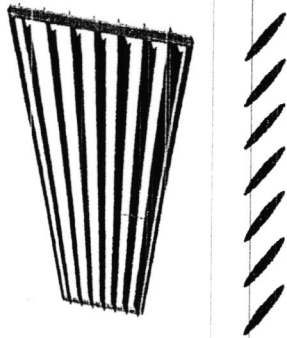
En été, plus l'espacement entre les lamelles des brise-soleil est petit, moins les apports solaires seront importants, diminuant par conséquent les besoins en climatisation.

En hiver, plus l'espacement entre les lamelles des brise-soleil est petit, moins les apports solaires seront importants augmentant par conséquent les besoins en chauffage mais d'une façon moins significative comparativement aux besoins de rafraîchissement en été.



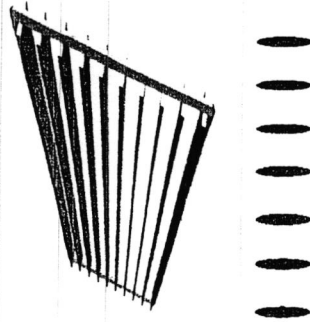
## Scénario C : orientation des lamelles :

1. 45° ( cas d'étude ) :



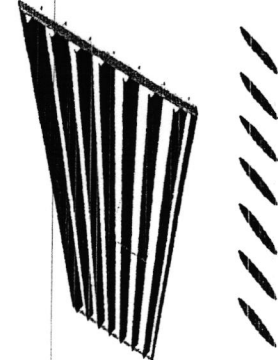
Vue 3d et Vue en plan

1. 90° ( horizontales ) :



Vue 3d et Vue en plan

1. -45° :



Vue 3d et Vue en plan

	Hiver (besoins en chauffage)	Été (besoins en climatisation)	Indice de perf. éner.
Sans brise-soleil	165 kWh	210 kWh	55
45°	166 kWh	206 kWh	54
90°	166 kWh	206 kWh	54
-45°	166 kWh	207 kWh	54

tableau 04: résultats de la simulation des besoins énergétique et de l'IPE voir annexe n°05)

L'on peut constater que les besoins en énergie de chauffage augmentent de 0.7% dans les trois cas de figure , comparativement au as où la façade est dépourvue de brise-soleil. Cela s'explique par la mise en place d'un obstacle près de l'ouverture , faisant minimiser la réception des rayons solaires. L faut noter qu'avec ce type de brise-soleil les besoins en chauffage ont augmenté d'une façon non significative.

Les besoins en énergie de climatisation baissent de 1.5% dans le cas où les lames verticales présentent une inclinaison de -45 et de 2% dans les deux autres cas , comparativement au cas où la façade est dépourvue de brise-soleil. L'inclinaison 45° donne presque dos au soleil le soir, qui est bas à l'ouest, ce qui permet une plus grande occultation et donc une diminution des besoins en froid. Idem pour l'inclinaison 90°. Les lames inclinées à -45° reçoivent une grande partie du rayonnement solaire le soir en été, ce qui chauffe le bâtiment et fait augmenter les besoins en climatisation . L'orientation ouest étant connue par l'inconfort qu'elle procure à cause de la surchauffe.

### Conclusion :

Les lames verticales inclinées à 45° et 90° présentent une meilleure efficacité en été comparativement à celles inclinées -45° .

Il faut noter que les besoins en chauffage sont quasiment identiques dans tous les cas.

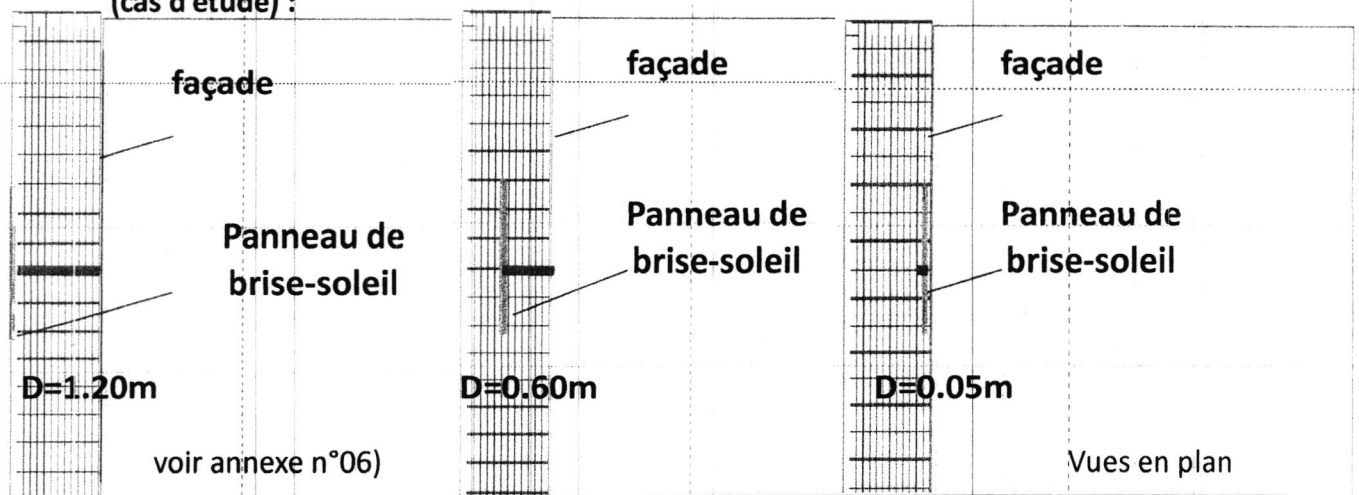
### Scénario 03: distance par rapport à la façade :

Vu que les meilleurs résultats ont été affichés sur le cas d'étude, alors le modèle a été choisi pour l'application de ce scénario aux brise-soleil utilisés

A. distance= 1.20m/ façade (cas d'étude) :

B.Distance= 0.60m/ façade:

C.Distance= 0.05m/ façade:



	Hiver (besoins chauffage)	Été (besoins climatisation)	IPE	Avec casquette (corridor technique opaque)	Hiver (besoins chauffage)	Été (besoins climatisation)	IPE
Sans BS	165 kWh	210 kWh	55	Sans brise-soleil	165 kWh	210 kWh	55
D=1.20m / façade	167 kWh	205 kWh	54	D=1.20m / façade- sans casquette	167 kWh	205 kWh	54
D=0.60m / façade	167 kWh	204 kWh	54	D=1.20m / façade-avec casquette	168 kWh	198 kWh	54
D=0.05m / façade	167 kWh	202 kWh	54				

tableau 04: résultats de la simulation des besoins énergétique et de l'IPE voir annexe n°05)

L'on peut constater que les besoins en énergie de chauffage augmentent de 1.2% dans tous les cas de figure, comparativement au cas où la façade est dépourvue de brise-soleil. Cela illustre le même degrés d'occultation en hiver quelle que soit la disposition des brise-soleil.

Les besoins en énergie de climatisation baissent de 2.4% dans le cas où les brise-soleil sont disposés à une distance de 1.20m par rapport à la façade , de 2.9% dans le cas où ils sont disposés à 60cm et jusqu'à 3.9% dans le cas où ils sont disposés trop près de l'ouverture.

Suite à tous ces scénarios, cette configuration offre les meilleurs résultats en terme d'occultation solaire en été. Visiblement l'espace laissé entre l'ouverture et le panneau de brise-soleil contraint la façade de recevoir plus de rayons solaires en été, ce qui augmente les besoins en climatisation et ne participe aucunement à nos préoccupations d'économie d'énergie et de performance énergétique du bâtiment. Le soleil étant haut en été, le corridor laisse pénétrer les rayons solaires. Ceci pourrait être atténué en prévoyant une structure plus opaque du corridor, constituant une sorte de casquettes entre les niveaux (les résultats indiqués sur le deuxième tableau illustrent parfaitement la diminution considérable en été des besoins en climatisation et une augmentation des besoins en chauffage en hiver )

**Conclusion :** Plus les brise-soleil sont disposés à une grande distance par rapport à la façade plus les rayons solaires pénétreront dans les espaces et plus mauvaise sera l'occultation du dispositif architectural étudié.

## Scénario 04: matériaux des brise-soleil :

Des simulations de brise-soleil en béton, en bois et en plastique ont été réalisées et les résultats obtenus correspondent approximativement à ceux des brise-soleil en aluminium. On peut conclure que les matériaux opaques présentent plus ou moins les mêmes effets ( à moins d'attribuer aux matériaux des finitions avec des coefficients de réflexion et de transmission susceptibles d'impacter directement le comportement énergétique du bâtiment )

A cet effet, des simulations de brise-soleil présentant un degrés de transparence différent ont été réalisées en vue de démontrer l'impact d'un brise-soleil transparent ou semi-transparent sur le comportement énergétique de l'espace d'étude

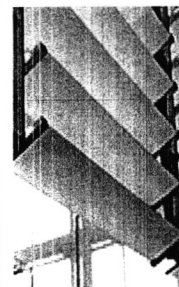
	Hiver (besoins en chauffage)	Été (besoins en climatisation)	IPE
Sans brise-soleil	165 kWh	210 kWh	55
D=1.20m/ façade	167 kWh	205 kWh	54
D=0.60m / façade	167kWh	204 kWh	54
D=0.05m/ façade	167 kWh	202 kWh	54

Tableau 04 : résultats de la simulation des besoins énergétique et de l'IPE voir annexe n°07)



Figure : lames de brise-soleil en verre

Figure : lames de brise-soleil en verre translucide



En hiver, on distingue que les besoins en chauffage ont diminué comparativement au cas où les lames sont en aluminium, à cause d'une pénétration plus aisée des rayons solaires contribuant légèrement au chauffage passif .Cela a été rendu possible grâce à la transparence des brise-soleil.

Les besoins en chauffage augmentent d'une façon moins considérable lorsque les lames sont transparentes ou semi-transparente .

On été, les besoins en climatisation diminuent de 2.4% dans le cas des brise-soleil en aluminium, de 1.5% dans le cas où ils sont en verre translucide et de 0.96% dans le cas où ils sont en verre transparent. On peut clairement lire que les brise-soleil en aluminium sont plus efficaces que les transparents. Ceci est tout à fait logique et explicable par le fait que les matériaux transparents laissent plus passer les rayons solaires contrairement aux opaques qui les bloquent .cette pénétration plus permise du rayonnement solaire chauffe le bâtiment et augmente de ce fait ses besoins en refroidissement.

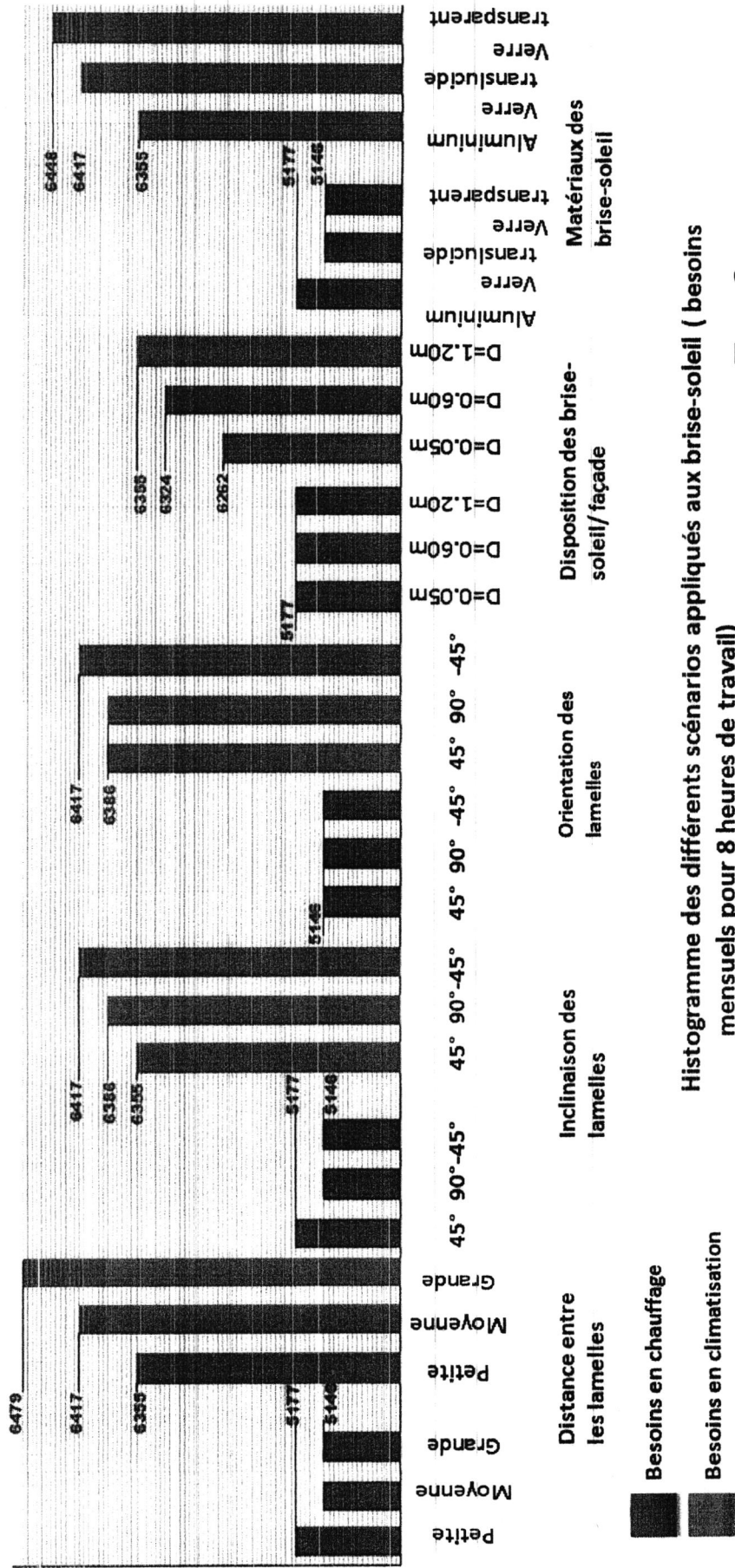
## Conclusion :

Le matériau composant le brise-soleil joue un rôle important dans le comportement énergétique du bâtiment. Le choix devrait être pertinent et une évaluation de l'impact du matériau composant le brise-soleil devrait être établie lors de l'étude.

Les brise-soleil avec un matériau opaque présentent une meilleure performance que ceux avec des matériaux transparents ( **des derniers présentent l'avantage de laisser pénétrer plus de lumière** ).

\*. Approche comparative entre les différents résultats :

Approche comparative entre les différents résultats :



Conclusion :

Les lamelles en aluminium présentant une petite distance entre elles , horizontales inclinées à 45° ou verticales inclinées à 45° ou 90° et rapprochées à la façade sont les plus efficaces et donc celles qui présentent la meilleure performance énergétique.

Figure :

Histogramme des différents scénarios appldqués aux brise-soleil.

Source : de l'auteur

## Scénario 05: l'orientation :

A. Façade dépourvue de brise soleil

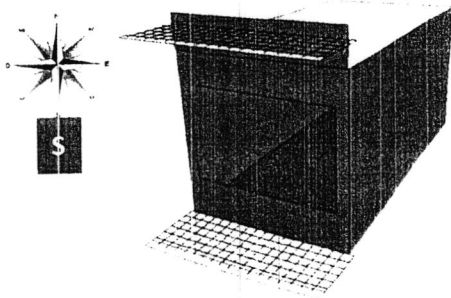


Figure 102 : vue tridimensionnelle sur l'espace d'étude . Source : de l'auteur

### Résultat de la simulation des besoins énergétiques (réponses thermiques )

Besoins en chauffage ( janvier ) :157 KWh  
 Besoins en climatisation( Août ) :210 KWh  
 Max chauffage: 666 W à 06:00 le 28 Février  
 Max Climatisation: 1143 W à 12:00 le 11 septembre  
 Indice de performance énergétique = 53  
 KWh/m<sup>2</sup>.an (catégorie B )

### Résultats des gains solaires directs Qg (Wh)( moyennes mensuelles ) :

Qg au mois de janvier à 13h : 579Wh  
 Qg au mois d'Août à 13h : 438 Wh

### Répartition des gains (moyennes annuelles) :

GAINS BREAKDOWN - All Visible Thermal Zones		
FROM: 1st January to 31st December		
CATEGORY	LOSSES	GAINS
FABRIC	43.5%	3.4%
SOL-AIR	0.0%	3.1%
SOLAR	0.0%	47.9%
VENTILATION	43.8%	4.0%
INTERNAL	0.0%	41.6%
INTER-ZONAL	12.7%	0.0%

Tableau 03 :répartition des gains annuels

B. Façade avec Panneau de brise soleil avec des Lames Inclénées ,rapprochées ,de petites dimensions. Panneau éloigné de la façade (correspondant à ceux installés en réalité )

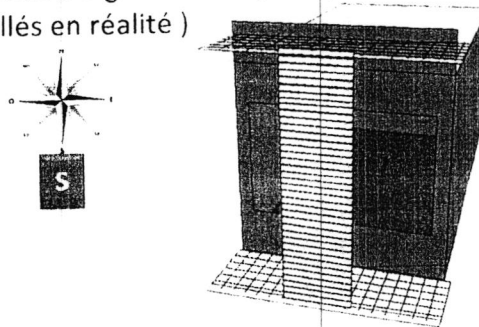


Figure 102 : vue tridimensionnelle sur l'espace d'étude. Source : de l'auteur

### Résultat de la simulation des besoins énergétiques (réponses thermiques )

Besoins en chauffage ( janvier ) :157 KWh  
 Besoins en climatisation( Août ) :205 KWh  
 Max chauffage: 666 W à 06:00 le 28 Février  
 Max Climatisation: 1116 W à 12:00 le 11 septembre  
 Indice de performance énergétique = 52  
 KWh/m<sup>2</sup>.an (catégorie B)

### Résultats des gains solaires directs Qg (Wh)( moyennes mensuelles ) :

Qg au mois de janvier à 13h : 560 Wh  
 Qg au mois d'Août à 13h : 419 Wh

GAINS BREAKDOWN - All Visible Thermal Zones		
FROM: 1st January to 31st December		
CATEGORY	LOSSES	GAINS
FABRIC	43.6%	3.5%
SOL-AIR	0.0%	3.2%
SOLAR	0.0%	46.3%
VENTILATION	43.8%	4.1%
INTERNAL	0.0%	42.9%
INTER-ZONAL	12.7%	0.0%

Tableau 03 :répartition des gains annuels

VU que la façade sud est celle qui reçoit le plus de rayonnement solaire, ce scénario a été associé aux brise-soleil dans le but d'une meilleure appréciation de leur impact sur la réduction des besoins énergétiques.

Cette façade a également été choisie car elle représente l'orientation optimale d'après l'analyse des données météorologiques de la station d'Alger développée dans les données climatiques.

## Tableau récapitulatif des scénarios 01 et 04 :

À l'ouest (cas d'étude)	Hiver (besoins en chauffage)	Été (besoins en climatisation)	IPE
Sans brise-soleil	165 kWh	210 kWh	55
Avec brise-soleil	167 kWh	205 kWh	54

Tableau 04 : résultats de la simulation des besoins énergétique et de l'IPE

Au sud (objet de comparaison)	Hiver (besoins en chauffage)	Été (besoins en climatisation)	IPE
Sans brise-soleil	157 kWh	210 kWh	53
Avec brise-soleil	157 kWh	205 kWh	52

Tableau 04 : résultats de la simulation des besoins énergétique et de l'IPE

### Approche comparative entre les différents résultats :

#### A-Besoins énergétiques :

#### Comparaison entre les résultats des façades pourvues et dépourvues de brise soleil :

En hiver, on remarque que les besoins en chauffage augmentent légèrement ( de 1.2%) dans le cas où on met les brise soleil à l'ouest et qu'ils n'augmentent pas au sud . Cela pourrait être justifié par une diminution de la pénétration des rayons solaires à travers les lames des brise soleil à l'ouest et de la réception d'une quantité égale au sud

En été, les besoins en climatisation diminuent avec l'ajout des brise soleil en façade , à l'ouest comme au sud .L'écart des besoins , entre une façade pourvue et dépourvue de brise soleil, est plus important (environ 2.4 % ).Les problèmes de surchauffe que connaît généralement la façade ouest sont connus par le grand public , ainsi que la quantité de rayonnement solaire reçu par la façade sud. Cela met en lumière l'efficacité de ce procédé architectural et illustre à travers les résultats observés les économies en énergie pouvant être apportées.

#### Comparaison entre les résultats selon l'orientation , dans les deux cas précédents :

**1. Sans brise soleil :** En hiver, dans le cas d'une façade dépourvue de brise soleil, les besoins en chauffage sont plus importants à l'ouest (157 kWh au sud et 165 kWh à l'ouest) . Cela se justifie par la réception de la baie du maximum de rayonnement solaire au sud, avec une durée de captage plus importante, contribuant ainsi au chauffage solaire passif . Contrairement à l'ouest, où l'intensité du rayonnement est affaiblie, contribuant timidement au chauffage passif ; les rayons y sont bas vu que le soleil se couche dans cette orientation et l'intensité est donc fortement réduite . L'orientation ouest n'est pas souhaitable, surtout en hiver, pour le captage d'énergie.

En été, dans le cas d'une façade dépourvue de brise soleil, les besoins en climatisation sont tout aussi importants au sud qu'à l'ouest . La façade sud est celle qui reçoit le plus de rayonnement solaire, ce qui chauffe plus les espaces et augmente le besoin de réduire cette chaleur non souhaitée dans cette saison .

**2. Avec brise soleil :** En hiver, dans le cas d'une façade pourvue de brise soleil, les besoins en chauffage sont plus importants à l'ouest ( 157 kWh au sud et 167 kWh à l'ouest ) . Cela se justifie par les mêmes raisons citées précédemment.

En été, dans le cas d'une façade pourvue de brise soleil, les besoins en climatisation sont moins importants que dans le cas où il n'y a pas de brise soleil .

Pour les valeurs maximales des besoins en chauffage, elles restent les mêmes avec et sans brise soleil, que ce soit à l'ouest ou au sud (668 kWh à l'ouest et 666 kWh au sud), illustrant l'impact léger de l'insertion des brise-soleil sur l'augmentation des besoins en énergie de chauffage).

Les besoins maximaux en chauffage sont plus importants à l'ouest vu la contribution du soleil présent plus longtemps durant la journée au sud au chauffage passif.

Quant aux valeurs maximales des besoins en climatisation ; elles sont plus importantes à l'ouest mais la réduction avec l'intégration des brise-soleil est plus marquée au sud. À l'ouest, la valeur du besoin maximal en climatisation réduit de 1.2% avec l'ajout des brise-soleil , et de 2.4% au sud.

**On peut conclure que ce type de brise-soleil est plus efficace au sud qu'à l'ouest.**

Les résultats de calcul de l'indice de performance énergétique montrent que l'espace d'étude est plus performant avec l'ajout des brise-soleil et l'est davantage lorsqu'il est orienté sud.

### B- Les gains solaires annuels :

Les gains solaires sont plus importants au sud lorsque la façade est dépourvue de brise soleil .

Après intégration des brise-soleil , ils diminuent de 3.4% au sud et de 5.7% à l'ouest. L'écart est plus important quand la baie vitrée est orientée à l'ouest mettant en lumière l'impact des brise soleil sur la réduction des gains solaires annuels.

Nota : La réduction des gains solaires et son impact positif et/ou négatif ont été développés dans l'interprétation précédente des résultats de la simulation des besoins énergétiques.

	Sans BS	Avec BS
OUEST	38.9%	36.7%
SUD	47.9%	46.3%

Tableau 03 :répartition des gains annuels

### C- Gains solaires directs Qg (wh)

Les apports solaires sont évidemment plus importants au sud qu'à l'ouest .ils diminuent avec l'ajout des brise soleil . La diminution est considérable au sud .Cela est favorable en été car ça réduit les besoins en climatisation et permet de réaliser des économies en énergie.

Cependant, l'occultation diminue les apports solaires passifs en hiver, surtout au sud. Cela augmente les besoins en chauffage en hiver.

Ouest	Qg en hiver (janvier à 17h)	Qg en été (Aout à 17h)
Sans Brise soleil	33 Wh	373 Wh
Avec Brise soleil	31 Wh	357 Wh

Tableau 05 : résultats de la simulation des apports solaires directs

SUD	Qg en hiver (janvier à 13h)	Qg en été (Aout à 13h)
Sans Brise soleil	579 Wh	438 Wh
Avec Brise soleil	560 Wh	419 Wh

tableau 05: résultats de la simulation des apports solaires directs

### **Conclusion :**

Les besoins en chauffage sont plus importants quand la fenêtre est orientée à l'ouest , et les besoins en climatisation sont plus importants au sud , surtout quand la façade est dépourvue de protection solaire . Les résultats des simulations indiquent que les besoins en chauffage ne changent pas au sud et que l'indice de performance énergétique est meilleur au sud après intégration des brise-soleil.

Cela étant dit et après analyse des résultats , on peut conclure que l'orientation sud est effectivement l'orientation optimale du bâtiment et que l'intégration des brise-soleil contribuent à améliorer sa performance énergétique .

## Scénario 06: le pourcentage de couverture de la surface vitrée par les brise-soleil

la façade sud fera l'objet des simulations suivantes:

A - Panneau de brise-soleil couvrant 70% de la surface de la baie vitrée :

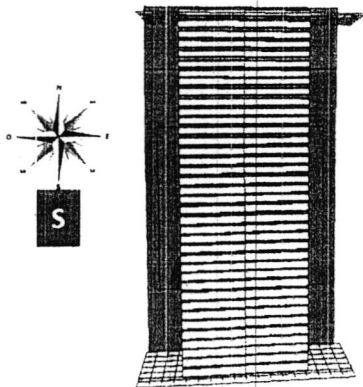


Figure 102 : vue tridimensionnelle sur l'espace d'étude . Source : de l'auteur.

B - panneau de brise-soleil occupant 100% de la surface de la baie :

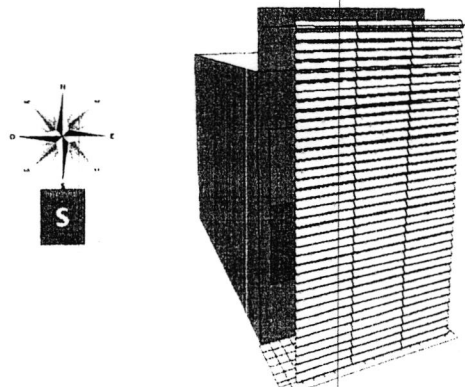


Figure 102 : vue tridimensionnelle sur l'espace d'étude Source : de l'auteur.

### Approche comparative entre les différents résultats :

En hiver, on constate clairement que les besoins en chauffage augmentent de 0.7% avec l'agrandissement de la surface vitrée couverte par les brise-soleil .

En été, les besoins en climatisation baissent d'une façon plus considérable , d'une moyenne de 2.5% environ.

Plus la façade est pourvue de brise-soleil, plus les besoins en chauffage augmentent vu l'occultation générée par les lames de brise-soleil, et plus les besoins en climatisation baissent, ce qui présente un point très avantageux vu que ça permet une économie en énergie et participe passivement à l'assurance d'un confort thermique.

Cependant, le vue vers l'extérieur sera occultée et ceci n'est pas très intéressant vu qu'en architecture bioclimatique , le dialogue avec l'extérieur est favorisé, et plus particulièrement avec les éléments de la nature s'il y sont présents.

Sud	Hiver (besoins en chauffage)	Été (besoins en climatisation)	IPE
Sans brise-soleil	157 kWh	210 kWh	53
Avec brise-soleil 30%	157 kWh	205 kWh	52
Avec brise-soleil 70%	158 kWh	200 kWh	51
Avec brise-soleil 100%	158 kWh	195 kWh	50

Tableau 04: résultats de la simulation des besoins énergétique et de l'IPE

### Conclusion :

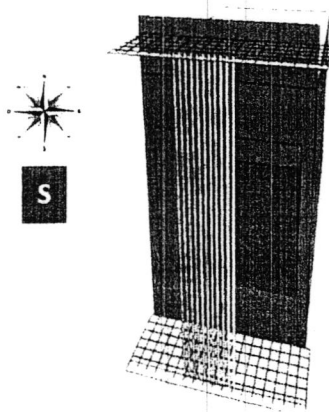
plus la surface vitrée de la fenêtre est couverte par les brise-soleil, meilleure sera la performance énergétique du bâtiment.



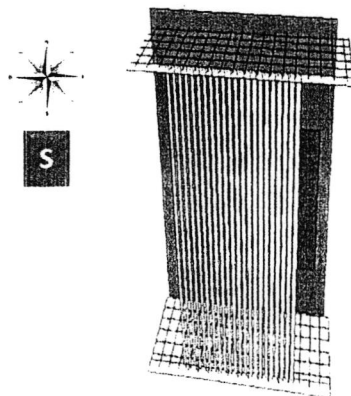
**Scénario 07 : le type de brise-soleil : la façade sud fera l'objet des simulations suivantes:**

Vu que les résultats semblent similaires aux résultats de la simulation des brise-soleil horizontaux, d'autres simulations seront réalisées en appliquant le scénario du pourcentage de la surface e la baie vitrée couverte par les brise-soleil. Tout ça , en vue de l'obtention d'une meilleure évaluation de l'impact de ce type , dans cette orientation sur la consommation énergétique de l'espace d'étude .

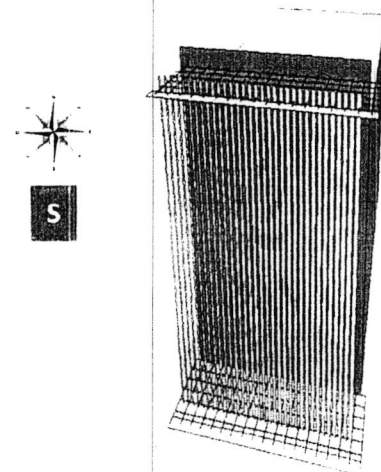
**A - Panneau de brise-soleil couvrant 30% de la surface de la baie vitrée :**



**B- Panneau de brise-soleil couvrant 70% de la surface de la baie vitrée :**



**C - Panneau de brise-soleil couvrant 100% de la surface de la baie vitrée :**



Ps ; le nombre de panneaux a été multiplié dans ce scénario afin de mieux apprécier les résultats.

**Approche comparative entre les différents résultats :**

Il en est de même pour l'augmentation des besoins en énergie de chauffage. La comparaison des résultats de simulations des besoins en climatisation révèle qu'ils baissent plus considérablement dans le cas de brise-soleil horizontaux plutôt qu'en ouest. Ceci met en lumière l'efficacité des brise-soleil **horizontaux** au sud .

Sud ( brise soleil verticaux)	Hiver (besoins en chauffage)	Été (besoins en climatisation)	IPE
Sans brise-soleil	157 kWh	210 kWh	53
Avec brise-soleil 30%	157kWh	205 kWh	52
Avec brise-soleil 70%	158 kWh	200 kWh	52
Avec brise-soleil 100%	158 kWh	198 kWh	51

Tableau 04 : résultats de la simulation des besoins énergétique et de l'IPE

**Conclusion :**

Les brise-soleil horizontaux sont plus efficaces au sud que les verticaux.

## Scénario 08 :Type de vitrage de le fenêtre ;

Ce scénario a été choisi en vue de démontrer le rôle des matériaux dans la performance énergétique du bâtiment. Afin de ne pas se noyer dans un nombre indéfini de simulation avec le paramétrage de différents type de matériaux, seul le vitrage a été choisi dans ce scénario pour démontrer l'importance du type de vitrage dans le bâtiment.

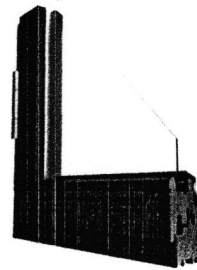


Figure : simple vitrage

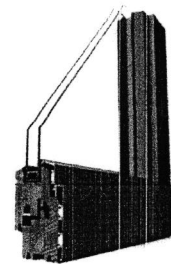


Figure : double vitrage

Sud	Hiver (besoins en chauffage)	Été (besoins en climatisation)	IPE
Sans brise-soleil double vitrage	157 kWh	210 kWh	53
Avec brise-soleil Double vitrage	157 kWh	205 kWh	52
Sans brise-soleil Simple vitrage	245 kWh	262 kWh	76
Avec brise-soleil Simple vitrage	246 kWh	254 kWh	75

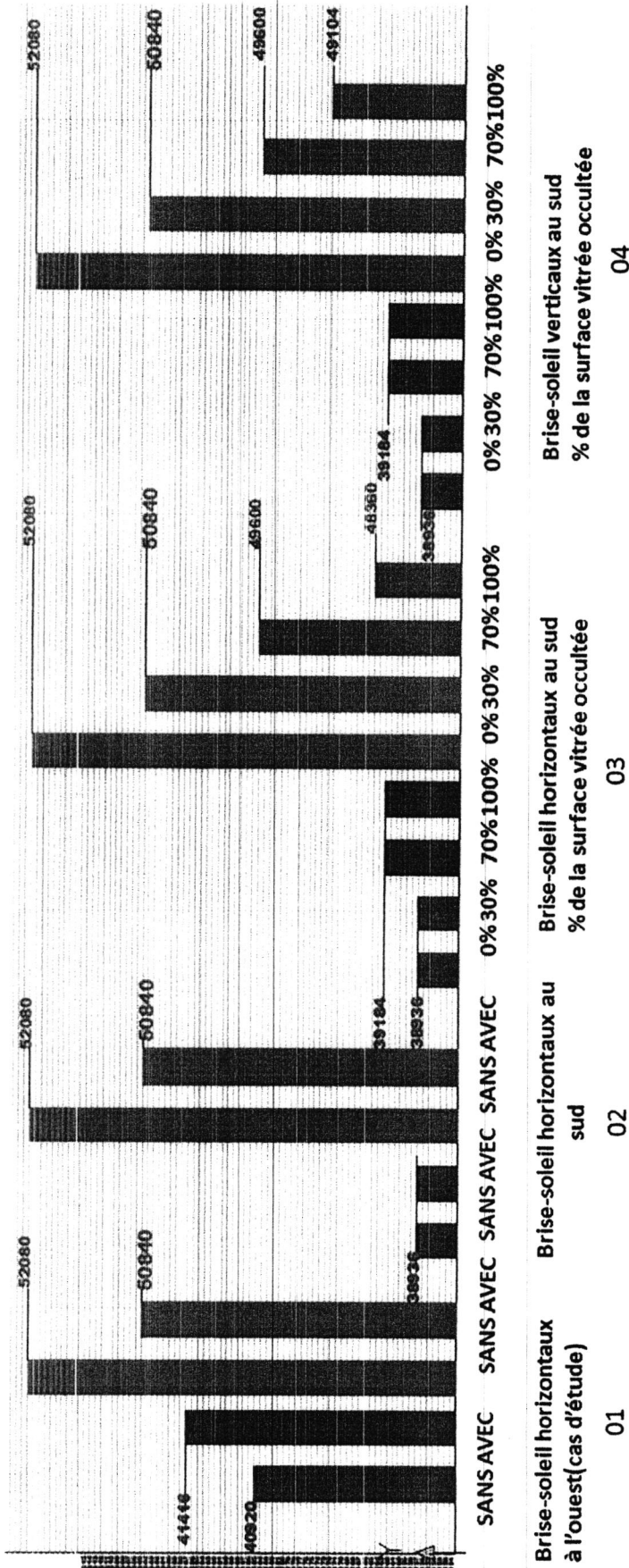
Tableau 04 : résultats de la simulation des besoins énergétique et de l'IPE

On peut clairement observer que les besoins en chauffage et en climatisation sont plus importants lorsque les fenêtres sont en simple vitrage, même après intégration des brise-soleil. On remarque également que l'indice de performance énergétique est plus grand, informant que le bâtiment est moins performant énergétiquement. L'intégration des brise-soleil augmente légèrement les besoins en chauffage, diminue d'une façon plus ou moins considérable les besoins en climatisation et améliore la performance du bâtiment. Néanmoins, ces valeurs restent importantes et illustrent le degré de déperditions thermiques occasionnées par le simple vitrage.

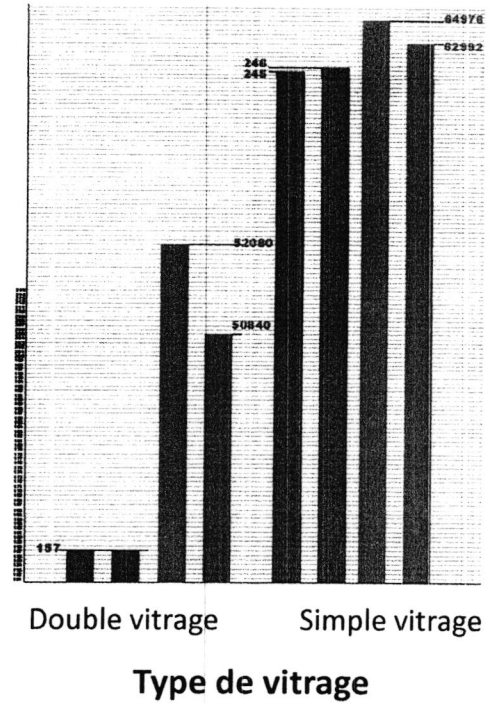
### Conclusion :

Le brise-soleil est un dispositif architectural visant à améliorer l'efficacité énergétique du bâtiment à travers l'occultation contre les rayons solaires qu'il procure. Cependant, pour qu'il affiche de meilleurs résultats, il ne faut pas négliger l'importance des matériaux de l'enveloppe du bâtiment et particulièrement les vitrages, qui sont la première source de déperditions thermiques dans le bâtiment.

Approche comparative entre les différents résultats :



Histogramme des différents scénarios appliqués aux brise-soleil ( besoins mensuels pour 8 heures de travail)



Type de vitrage

Conclusion :

Les brise-soleil présentent une meilleure efficacité au sud, lorsque la surface vitrée est couverte entièrement de brise-soleil de type horizontal.

Le double vitrage des fenêtres participe fortement dans la réduction des besoins énergétiques et rend le brise-soleil plus efficace.

Figure : Histogrammes des différents scénarios appliqués aux brise-soleil.  
Source : de l'auteur.

### 3.3.5. Conclusion des simulations :

En hiver ,les besoins en chauffage augmentent légèrement avec l'ajout des brise-soleil, bien que les rayons solaires soient bas en saison hivernale mais l'obstacle mis au devant de la baie vitrée diminue la pénétration des rayons solaires.

L'efficacité des brise-soleil s'affiche largement en saison chaude : les résultats ont pu révéler que les besoins en climatisation diminuent considérablement avec l'ajout des brise-soleil ,ce qui permet d'économiser l'énergie et de s'inscrire dans les préoccupations actuelles de la gestion rationnelle des énergies non renouvelables.

De ces simulations, il ressort que les brise-soleil qui offrent les meilleurs résultats sont ceux dont les lames sont peu espacées, de type horizontal, inclinées à 45°et pas très éloignées de la paroi extérieure du bâtiment.

Les résultats des simulations ont également révélé que l'orientation sud offre de meilleurs résultats et que le bâtiment est plus performant dans cette orientation ( comme déjà cité dans le 5<sup>e</sup> scénario ). De plus, plus la surface vitrée est couverte par les brise-soleil , meilleurs sont les résultats, cependant la vue vers l'extérieur sera occultée . Il conviendrait dans ce cas d'opter pour un système de brise-soleil déployable ou d'opter pour un autre système de protection solaire ( tels que les vitrages performants) si on souhaite profiter de la vue vers l'extérieur.

Le matériau des brise-soleil devrait également être pertinemment choisi ; en effet, les brise-soleil opaques présentent une meilleure efficacité que les transparents ou les translucides.

### 3.3.6. Solutions proposées pour améliorer l'efficacité des brise-soleil utilisés dans le bâtiment d'étude :

**1-Pour le scénario des caractéristiques des lamelles**, il est privilégié d'opter pour un système de brise-soleil à lames orientables afin de bénéficier des apports solaires passifs en hiver et de les occulter en été.

**2-Pour le scénario de la disposition des brise-soleil par rapport à la façade**, il a été observé qu'il valait mieux les rapprocher à la paroi extérieure du bâtiment. La solution proposée pour le cas d'étude est de modifier la structure du corridor technique en éléments opaques constituant une sorte de casquette afin de protéger les espaces de l'impact des rayons solaires hauts en été.

### 3.3.7. Recommandations :

**1. Etablir une étude :** Les brise-soleil sont une solution d'occultation solaire très intéressante et il conviendrait d'établir **une étude** ( à travers notamment des simulations numériques) afin de déterminer leurs caractéristiques avant leur installation. Ces dernières dépendent des conditions climatiques de la zone géographique ,de l'orientation des ouvertures, du traitement souhaité pour la façade et de l'environnement immédiat du bâtiment.

Pour une meilleure efficacité énergétique, il est important de bien choisir le type d'ouvertures, de les orienter correctement et de choisir des matériaux performants , notamment les vitrages.

**2-Brise-soleil avec des lames orientables pour un confort optimal ;** orientation par motorisation ou manuelle : pour pouvoir les ajuster selon les besoins avec des lames intelligentes ,équipées d'automatismes susceptibles de laisser pénétrer les rayons solaires nécessaires au chauffage solaire passif et de les occulter en été, adaptés selon les besoins de confort souhaité, contribuant à assurer le maintien d'une température ambiante dans les locaux . Le confort de l'éclairage naturel est en outre sauvegardé. Les lames peuvent être installées aussi bien de manière fixe que de manière orientable., dans toutes les positions souhaitées ( horizontalement, verticalement ou selon un angle défini). Une commande automatique suit de façon autonome la position du soleil .

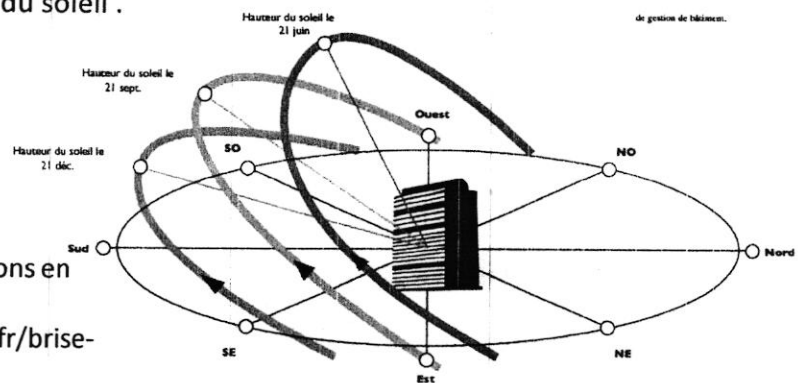


Figure hauteur du soleil dans les saisons en fonction de la trajectoire du soleil.

Source en ligne <http://www.coltinfo.fr/brise-soleil-ecovision.html>

Comme le soleil décrit chaque jour une trajectoire différente dans le ciel, le brise-soleil doit constamment suivre son mouvement pour être efficace au maximum. Il existe plusieurs systèmes de commande qui permettent de garantir un réglage continu précis du système par rapport à la position du soleil.

Il existe des systèmes de commande très intelligents et sophistiqués. Grâce à l'enregistrement par un logiciel des données météorologiques , des conditions internes et les valeurs réglées pour par exemple , la température de l'espace et l'arrivée de lumière naturelle. En fonction de ces données et de l'orientation et de l'emplacement du bâtiment , le processeur du système calcule la position optimale des lames et active la commande.

**3. Brise-soleil avec des lames permettant de recevoir des cellules photovoltaïques :** Option possible pour une efficacité et un confort optimal : ces systèmes offrent une façade autonome en énergie . Les cellules PV permettent de garantir une bonne efficacité en termes d'occultation et de production électrique. Avant leur intégration, une étude sur la zone géographique et l'orientation du bâtiment devraient être menée pour optimiser le rendement .

Lorsque les lames sont pourvues de cellules photovoltaïques , les possibilités d'utiliser le soleil sont entièrement mises à profit. Le soleil produit ainsi directement de l'énergie électrique. La commande qui veille à placer automatiquement les lames du brise-soleil en position optimale par rapport au soleil contribue en outre à un rendement encore plus important en énergie .

### 3.3.8. Conclusion :

Les outils utilisés pour évaluer l'impact des brise-soleil sur la réduction de la consommation énergétique ont permis d'affirmer les hypothèses émises. L'enquête n'a pas offert de résultats susceptibles de définir leur impact réel sur le confort thermique mais la simulation numérique a fourni un large éventail de réponses quant à l'efficacité des brise-soleil utilisés dans le bâtiment d'étude et d'autres ont permis de suggérer des configurations qui amélioreraient davantage leur performance.

En hiver, dans la plupart des cas, les besoins en chauffage augmentent légèrement avec l'ajout des brise-soleil et diminuent la pénétration des rayons solaires. Cependant, cette légère augmentation des besoins en chauffage est négligeable comparativement à la réduction des besoins en climatisation offerte. Les brise-soleil fonctionnent mieux en été qu'en hiver, car fondamentalement ils constituent un système d'occultation solaire.

L'insertion des brise-soleil dans le bâtiment d'étude est issue d'une volonté architecturale et esthétique. Cette lecture peut aisément être faite vu le nombre de brise-soleil utilisés et la variation des types, en façade et en toiture. Leur insertion est également issue d'une volonté d'intégration des éléments passifs contribuant à la réduction de la consommation énergétique.

De l'ensemble de ces résultats, on conclue que pour un climat comme le notre, dans le cas d'un bâtiment pourvu de grandes façades vitrées, il est recommandé d'installer des brise-soleil, vu les avantages qu'ils présentent en terme d'occultation solaire et de minimisation des besoins de refroidissement permettant de réaliser des économies et de rendre le bâtiment énergétiquement performant.

Notons qu'il faut prêter attention et aux besoins de chauffage et aux besoins de rafraichissement pour satisfaire les conditions de confort thermique.

Il convient donc d'orienter judicieusement le bâtiment et d'opter pour le type de brise soleil adéquat pour remplir sa fonction fondamentale.

De ce fait, il convient de combiner entre les différents paramètres étudiés, de les choisir judicieusement et de ne pas négliger la forte contribution des matériaux constituant l'enveloppe du bâtiment dans la garantie du confort et dans la réduction de la consommation énergétique.

## Conclusion générale :

La forte demande actuelle de consommation énergétique en Algérie est due principalement à l'augmentation du niveau de vie de la population et du confort qui en découle .

La consommation énergétique importante dans le bâtiment revient essentiellement à l'utilisation intense du chauffage en hiver et de la climatisation en été pour assurer un meilleur confort thermique.

La confort thermique constitue actuellement un enjeu majeur dans le secteur du bâtiment tant pour la qualité des ambiances intérieures que pour les impacts énergétiques et environnementaux dont il est responsable.

Ainsi, la prise en compte du facteur climatique lors de la conception architecturale, notamment à travers les principes de l'architecture bioclimatique , est à l'heure actuelle un défi qu'il est indispensable de mener afin de trouver le juste compromis entre le confort thermique et les dépenses énergétiques. Un bâtiment performant permettra la protection de l'environnement extérieur, des économies d'énergie ainsi que l'amélioration du confort thermique.

L'objectif visé par ce travail de recherche est l'évaluation de l'impact des brise-soleil sur la réduction de la consommation énergétique. En effet, la maîtrise des apports solaires dans le bâtiment est très importante. D'après les résultats de simulation obtenus, il en ressort que ce procédé architectural permet de rendre le bâtiment énergétiquement performant , à travers la réduction des besoins énergétiques et l'amélioration observée de l'indice énergétique .

Ce dernier peut également constituer un élément singulier de traitement des façades à travers les diverses formes qu'il peut adopter.

Ce travail a également permis de démontrer l'importance des outils de simulation numérique dans l'amélioration des performances des bâtiments, voire la préconisation des nouveaux projets de bâtiments.

Par ailleurs ,l'intérêt accordé à ce travail réside dans la capacité de l'architecture bioclimatique à rétablir l'architecture dans son rapport avec le climat afin d'offrir des conditions de confort satisfaisantes. Afin d'éviter la surconsommation énergétique dans le bâtiment , il est plus que nécessaire de prendre en charge la conception architecturale de départ qui doit s'inscrire dans le sens de la durabilité .

En tant qu'architectes, nous devons porter nos efforts vers des conceptions bioclimatiques qui offrent non seulement un grand confort mais une réelle maîtrise énergétique.

## Bibliographie :

### Ouvrages :

- « La conception bioclimatique, des maisons économes et confortables en neuf et en réhabilitation ». Jean-Pierre Oliva et Samuel Courgey . Edition Terre Vivante en 2006
- « Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques: concevoir, édifier et aménager avec le développement durable » Alain Liébard et André De Herde édité par Le Moniteur,2006.
- « Le guide de la protection solaire. Base techniques et scientifiques »3 tomes collectifs SEBTP édité par SEBTP Metal service en 2001.
- « Architecture et efficacité énergétique principes de conception et de construction » de Roberto Gonzalo Karl J. Habermann. Edition Birkhäuser en 2008.
- « La maison à énergie zéro » de Brigitte Vu. Collection : Eyrolles Environnement - juillet 2011.
- « Maison écologiques. Cas pratiques » de Louise Ranck. Edition : Eyrolles Environnement
- « Fraicheur sans clim', Thierry Salomon et Claude Aubert, éditions terre vivante ,2004.
- « L'homme, l'architecture et le climat » B. Givoni. Edition Le Moniteur. Paris .1978.
- « Le guide l'énergie solaire passive » Ed. Mazria. Edition parenthèses. 1981.

### -Thèses et mémoire :

- « 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, option architecture et développement durable par Mr Mazari Moahmed. Septembre 2012.
- « Intégration des systèmes solaires photovoltaïques dans le bâtiment ; approche architecturale » Mémoire de magister , option : architecture, formes, ambiances et développement durable . Par M. Benamra Mostefa Lamine, Mai 2013.
- « Modélisation et positionnement de solutions bioclimatiques dans le bâtiment résidentiel tertiaire. Thèse de doctorat , spécialité génie-civil, Par Caroline Flory-Celini, juin 2008.
- «mémoire de doctorat en sciences ,option architecture bioclimatique, thème : simulation des paramètres du confort thermique d'hiver en Algérie . Par M Foura Smir. 2008.
- « Lumière naturelle :valoriser et /ou occulter . Mémoire de fin de stage formation HQE à l'ENSAL par Sara André Jan 2007-Jan 2008.
- « Impact de la végétation grimpante sur le confort hygrothermique estival du bâtiment-cas du climat semi-aride » Mémoire de magister option architecture bioclimatique , par Mlle Benhalilou Karima, 2008.
- « impact de la loggia vitrée sur le confort thermique dans la région de Constantine » Mémoire de magister option architecture bioclimatique , par Mlle Badeche Mounira, 2008.
- « Impact de l'inertie thermique sur le confort hygrothermique et la consommation énergétique du bâtiment cas de l'habitation de l'époque coloniale à Guelma, Mémoire de magister option architecture bioclimatique , par Mlle Madjelekh Dalel, 2006.



## **-Revue et articles :**

- « Etude comparative relative à l'efficacité énergétique de deux appartements situés à Béchar- Algérie » par I. Benoudjafer , F. Ghoumari et A. Mokhtari- Revue des énergies renouvelables Vol 15 n°1 (2012/ 1-12 . Février 2012.
- « Simulation du confort thermique intérieur pour l'orientation d'un bâtiment collectif à Biskra, Algérie ».  
Par Belkacem Berghout , Daniel Forgues et Danielle Monfert, école de technologie supérieure de Montréal .Québec.
- « Assurer une bonne protection solaire » Info –fiches- bâtiment durable . Guide pratique pour la construction et la rénovation durables de petits bâtiments – recommandation pratique ENE 12.Juillet 2010.
- « La protection solaire dans les maisons à basse consommation » par FFB fabrication française du bâtiment.- European solar-Shading Organization . Edition 1- Février 2001.
- « L'illusion du brise-soleil par Le Corbusier » par Daniel Siret . Publié par HAL –archives ouvertes/ Laboratoire CERMA UMR CNRS 1563.Ecole d'architecture de Nantes. Publié en Mars 2011.
- « introduction à la thermique du bâtiment » . Les essentiels de l'habitat n°4. Service de formation d Saint Gobain . Edition 2012.

## **-Encyclopédie :**

- Microsoft Encarta 2007. Microsoft corporation.
- Encyclopédie libre. www. Wikipédia.org

## **-Internet :**

- [http://www.ffem.fr/webdav/site/ffem/shared/ELEMENTS\\_COMMUNS/U\\_ADMINISTRATEUR/5-PUBLICATIONS/Changement\\_climatique/Plaquette\\_Tunisie\\_ReglThermique\\_fr.pdf](http://www.ffem.fr/webdav/site/ffem/shared/ELEMENTS_COMMUNS/U_ADMINISTRATEUR/5-PUBLICATIONS/Changement_climatique/Plaquette_Tunisie_ReglThermique_fr.pdf)
- [mamaisonbioclimatique.blogspot.fr](http://mamaisonbioclimatique.blogspot.fr)
- <http://www.ens-lyon.fr/Planet-Terre/Infosciences/Planetologie/Description/Articles/solstice.html>
- [Energetech :http://sidler.club.fr](http://energetech.club.fr)
- <http://base.d-p-h.info/fr/fiches/dph/fiche-dph-7406.html>
- <http://www.fermeture-store.org/files/ffb2/Commun/03-PUBLICATIONS/120829-ES-SO-guidebook-Fevrier-2012-VF.pdf>
- <http://www.renon.be/fr/pourquoi-opter-pour-une-protection-solaire-exterieure-.html>
- [http://app.bruxellesenvironnement.be/guide\\_batiment\\_durable/docs/ENE13\\_FR.pdf](http://app.bruxellesenvironnement.be/guide_batiment_durable/docs/ENE13_FR.pdf)
- <http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=15430>
- Web <http://www.photovoltaique.guidenr.fr/>
- <https://fr.wikipedia.org/wiki/Brise-soleil>
- <https://www.somfy.fr/produits/fenêtres/brise-soleil-orientable>
- [http://www.warema.fr/PARTICULIERS/PRODUITS/Brise-soleil\\_orientables/Index.php](http://www.warema.fr/PARTICULIERS/PRODUITS/Brise-soleil_orientables/Index.php)
- <http://fr.wowhead.com/item=34666/le-brise-soleil>
- <http://www.coltinfo.fr/brise-soleil-ecovision.html>

## Les annexes :

### Annexe n°01 :

#### -Les paramètres liés aux gains thermiques internes :

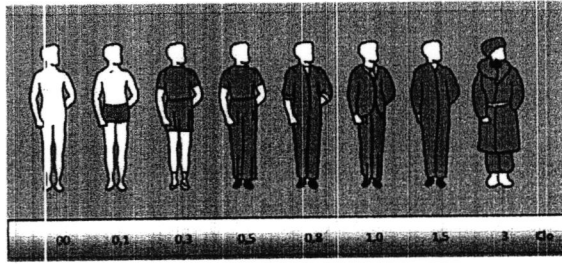


Figure 13 : l'habillement ; l'isolement vestimentaire est une couche tampon.

Voir source ci-dessous

Valeurs exprimées en Clo<sup>1</sup> des tenues vestimentaires

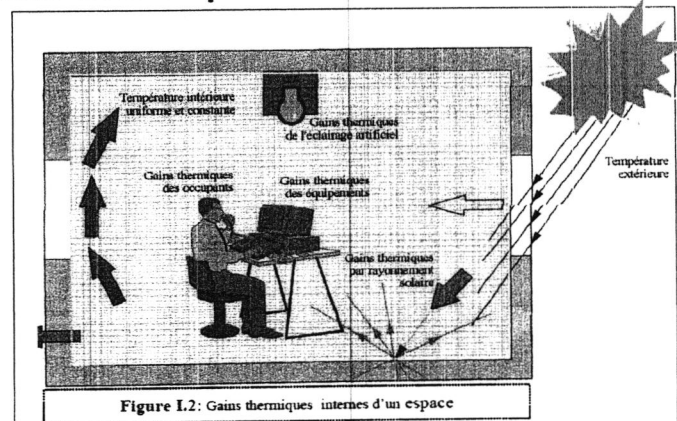


Figure 12: Gains thermiques internes d'un espace. Voir source ci-dessous

Figure 12 :Gains thermiques internes d'un espace. Voir source ci-dessous

La nature du tissu, la coupe des vêtements et l'activité du sujet influencent aussi les échanges thermiques avec l'environnement<sup>2</sup>

Source : « 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, option architecture et développement durable par Mr Mazari Moahmed. Septembre 2012.

### Annexe n°02 :

#### L'indicateur de l'efficacité d'une protection solaire :

Le principal indicateur de l'efficacité d'une protection solaire est le facteur solaire. Il représente la fraction de l'énergie incidente qui passe effectivement à travers la protection solaire et le vitrage. Un autre indicateur, proposé par la réglementation française RT2000 est le critère

ROSE (Ratio d'Ouverture Solaire Equivalent). Il s'agit du produit :

**Critère ROSE = ouverture x FS x masque**

o l'ouverture est la fraction vitrée de la façade,

o FS (facteur solaire) est la fraction d'énergie solaire incidente pénétrant dans le local à travers la vitre et l'ombrage. Pour un vitrage seul, il s'agit de la valeur généralement appelée « g » (entre 0.6 et 0.7 pour un double vitrage clair, et entre 0.4 et 0.25 pour un vitrage sélectif). Pour un écran extérieur (screen) seul, la valeur g est souvent entre 0.2 et 0.6 en fonction du tissage. La combinaison d'un double vitrage et d'un store très opaque mène donc à une valeur  $FS=0.65*0.2=0.13$ .

o le masque est un coefficient décrivant l'ombre projetée sur la fenêtre. Une évaluation précise de ce coefficient nécessite un calcul géométrique relativement complexe. Par défaut, pour un auvent, la RT2000 propose la valeur 0,75.

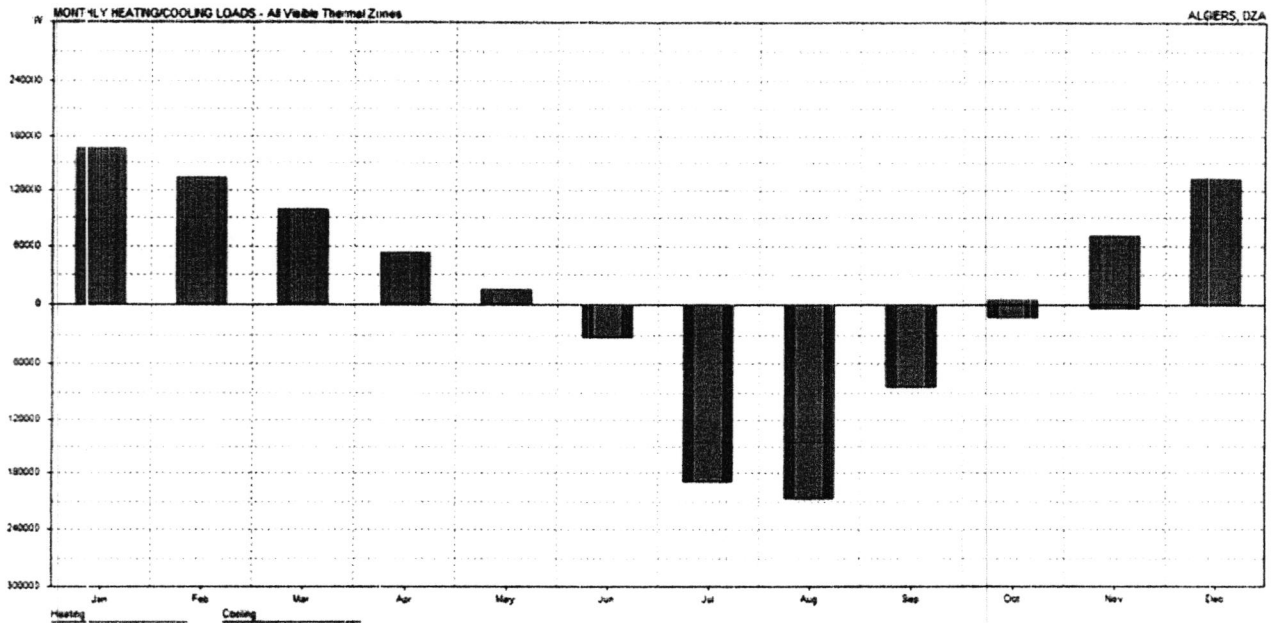
D'autres valeurs pour le masque, ainsi que le détail du calcul de ROSE peuvent être trouvés dans l'article 18 de l'arrêté du 22 décembre 2003, journal officiel de la république française, 7 février 2004, page 2628 à 2630.33

<sup>1</sup> Clo ; unité d'isolement vestimentaire correspond à une résistance uniformément répartir sur tout le corps .  
1Clo= 0.155m<sup>2</sup>/K/W tenue complète d'hiver pour l'intérieur.

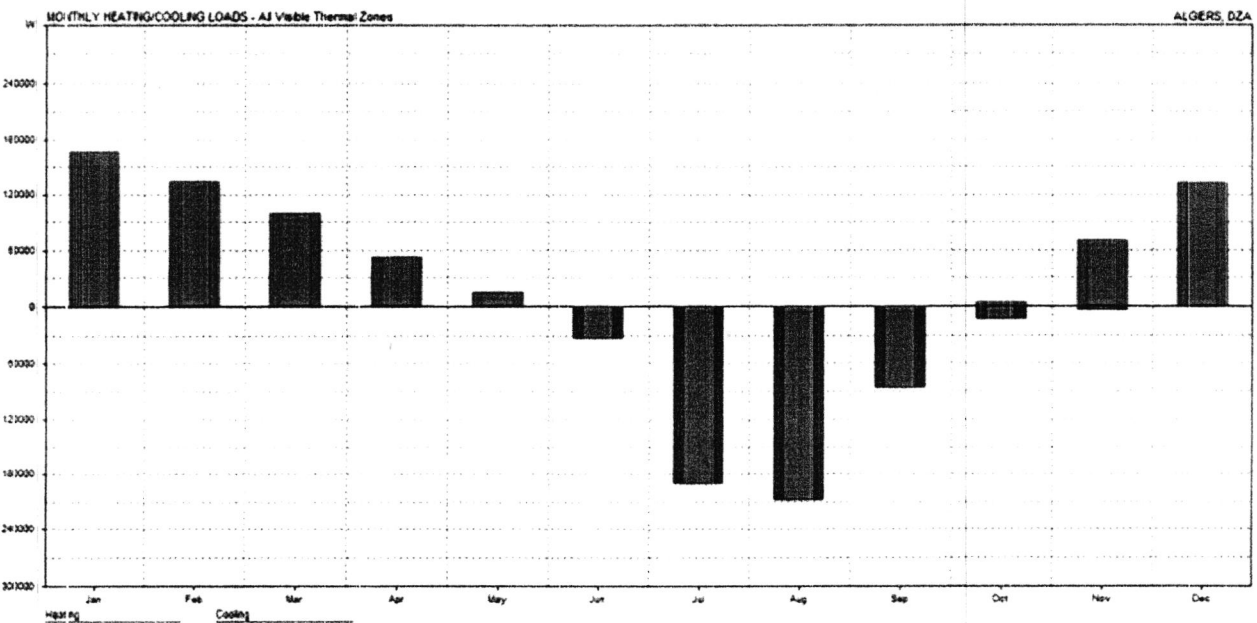
<sup>2</sup> Thellier Françoise « l'homme et son environnement thermique- modélisation ».Université de Paul Sabatier de Toulouse, 1999,p 65.

Hurges Boivin « la ventilation naturelle Développement d'un outil d'évaluation du potentiel de la climatisation passive et d'aide à la conception architecturale », Mémoire de maitrise, Univeristé

**Annexe n°03 :**  
**Résultats de la simulation des besoins énergétiques pour le scénario**  
**des caractéristiques des lamelles ( distance entre les lames )**

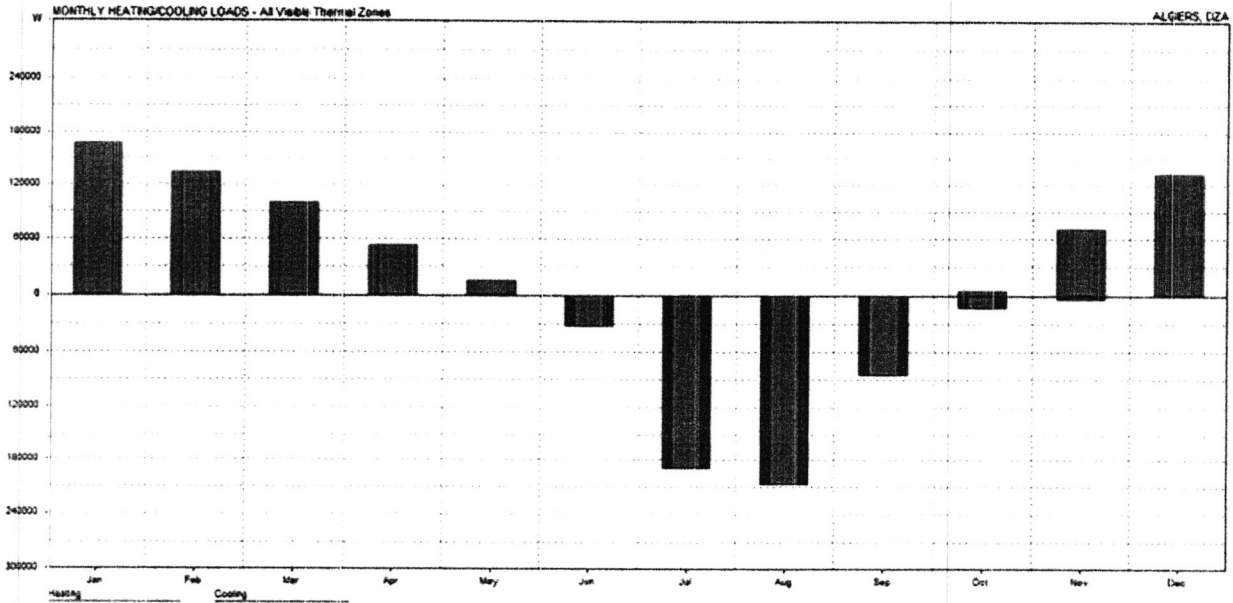


Scénario 02 : A. Caractéristiques des lamelles/ Résultats de la simulation des lamelles présentant une moyenne distance entre elles. Source: de l'auteur .

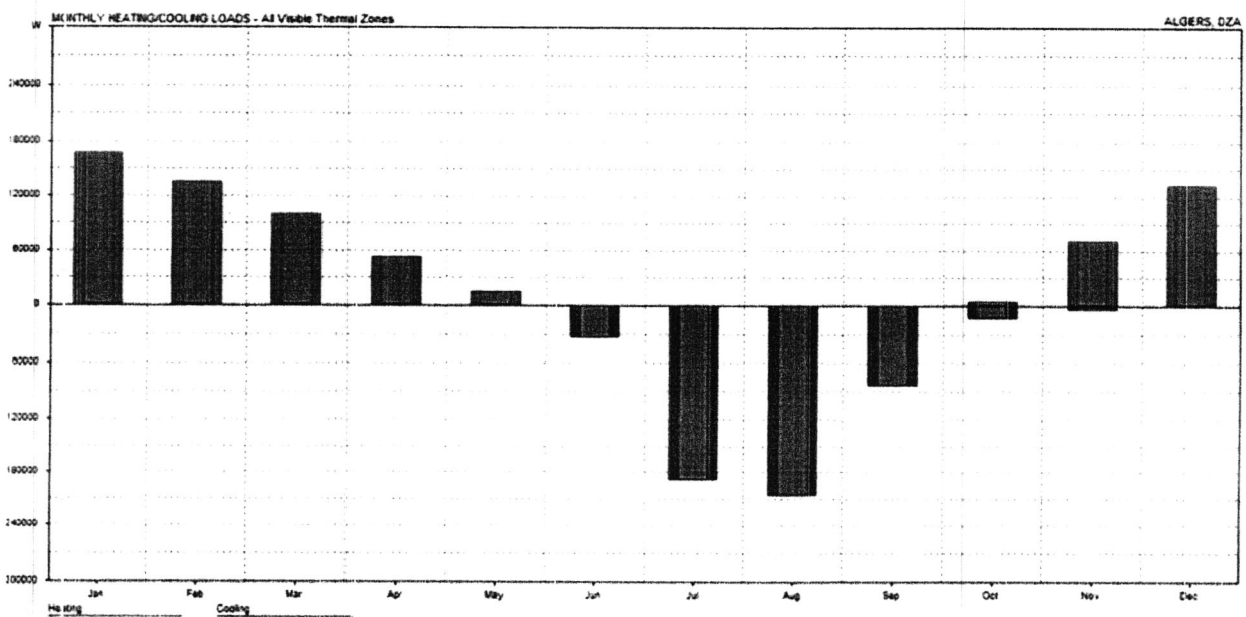


Scénario 02 : A. caractéristiques des lamelles/ Résultats de la simulation des lamelles présentant une grande distance entre elles. Source: de l'auteur .

**Annexe n°04 :**  
**Résultats de la simulation des besoins énergétiques pour le**  
**scénario des caractéristiques des lamelles ( inclinaison des lames )**

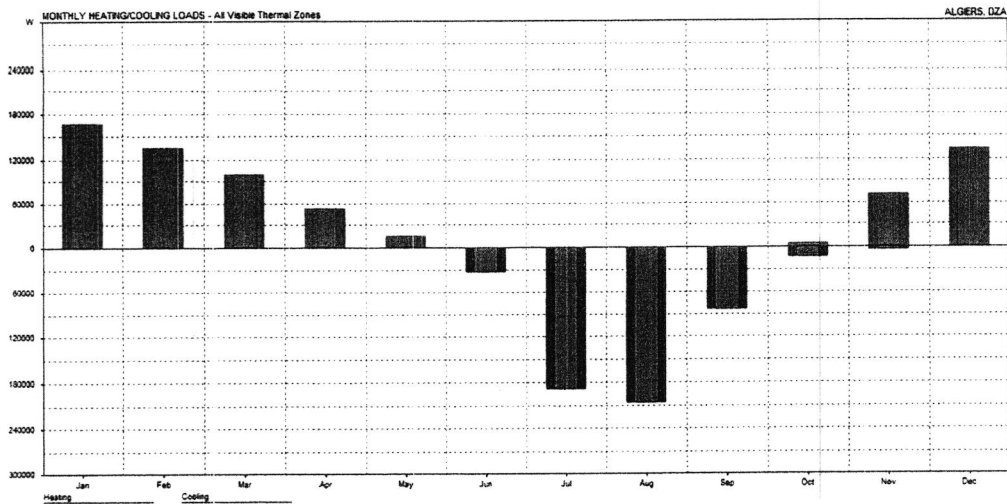


Scénario 02 :B. caractéristiques des lamelles/ Résultats de la simulation des lamelles présentant un angle d'inclinaison de -45°.Source: de l'auteur .

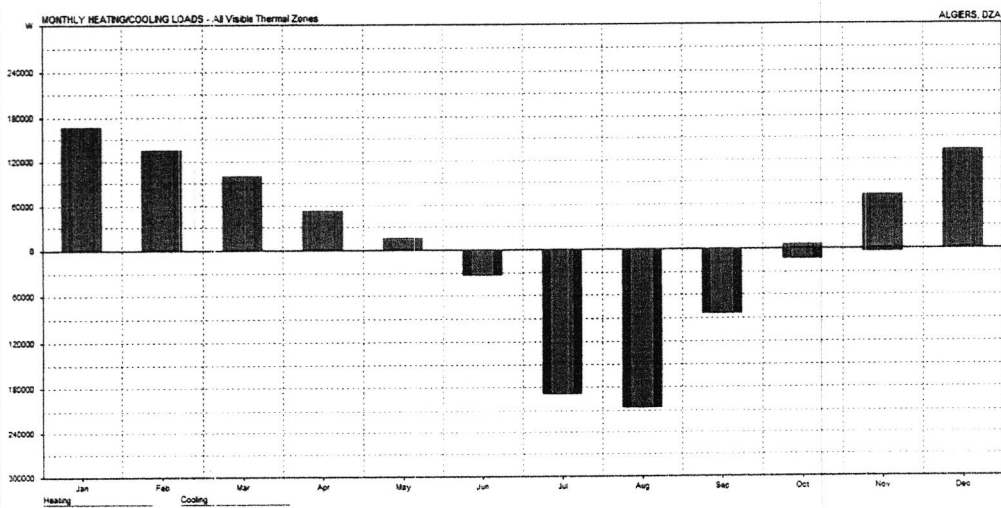


Scénario 02 : B. caractéristiques des lamelles/ Résultats de la simulation des lamelles présentant un angle d'inclinaison de 90°. Source: de l'auteur .

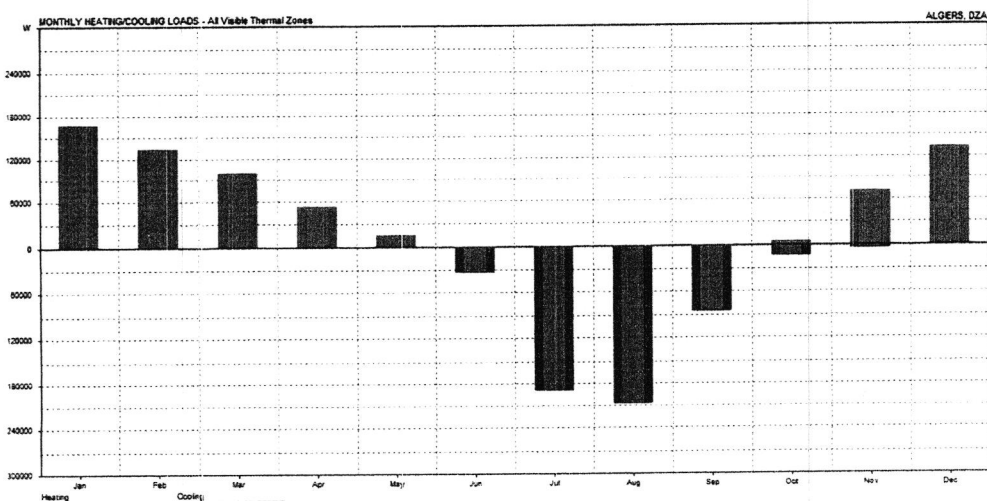
## Annexe n°05 : Résultats de la simulation des besoins énergétiques pour le scénario des caractéristiques des lamelles ( orientation des lames )



Scénario 02 : C. caractéristiques des lamelles/ Résultats de la simulation des lamelles verticales inclinées à 45°. Source: de l'auteur .

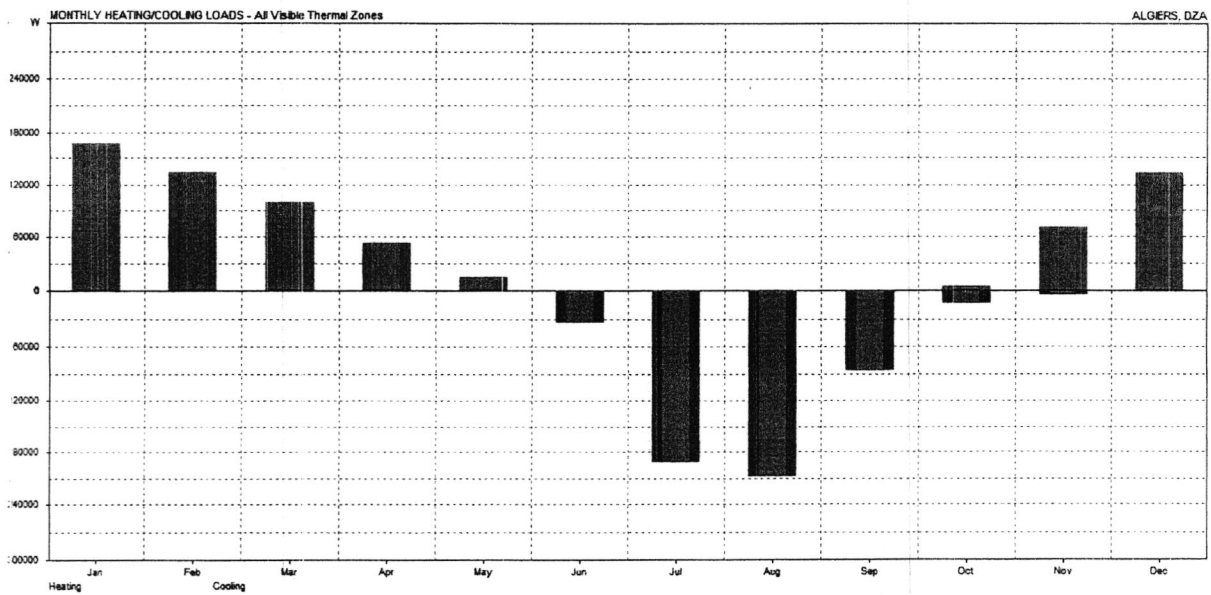


Scénario 02 : C. caractéristiques des lamelles/ Résultats de la simulation des lamelles verticales inclinées à 90°. Source: de l'auteur .

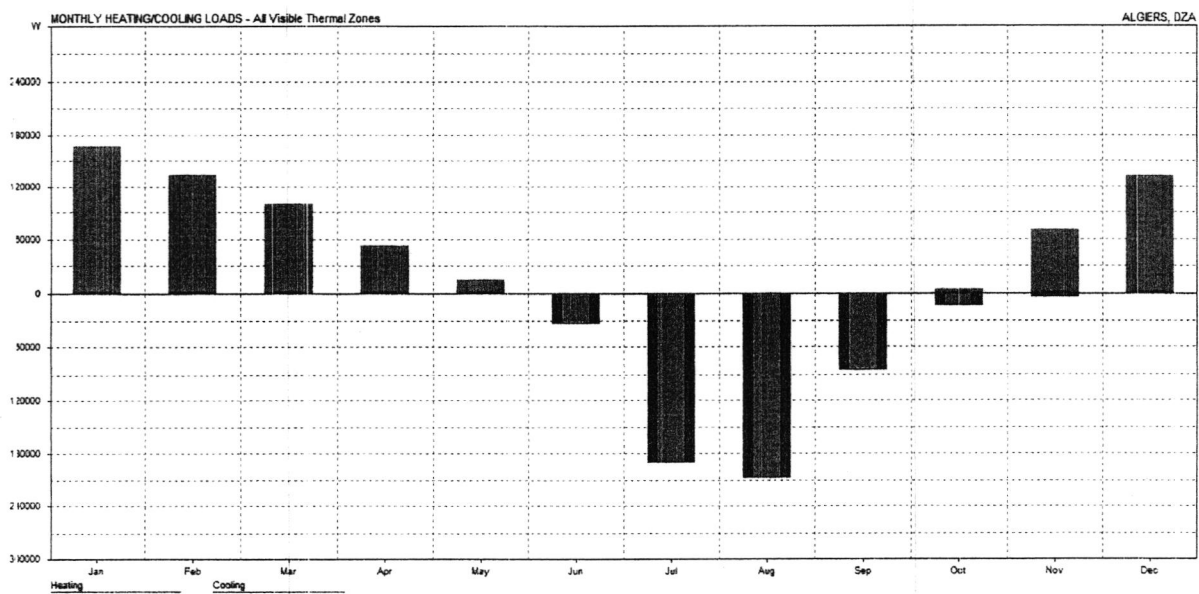


Scénario 02 : C. caractéristiques des lamelles/ Résultats de la simulation des lamelles verticales inclinées à -45°. Source: de l'auteur

## Annexe n°07 : Résultats de la simulation des besoins énergétiques pour le scénario des matériaux des brise-soleil :



Scénario 04 : matériaux des brise-soleil. Cas des brise-soleil transparents  
Source: de l'auteur .



Scénario 04 : matériaux des brise-soleil. Cas des brise-soleil translucides.  
Source: de l'auteur .