



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

Université Amar Thelidji- Laghouat

FACULTE : GENIE CIVIL ET ARCHITECTURE



DEPARTEMENT : D'ARCHITECTURE

MEMOIRE DE MASTER

Présenté par :

Sahraoui Mohammed

FILIERE: ARCHITECTURE

OPTION : ARCHITECTURE ET ENVIRONNEMENT

THEME RECHERCHE SCIENTIFIQUE :

**CONCEPTION D'UN CENTRE DE RECHERCHE AGRICOLE
DURABLE DANS LES ZONES ARIDES A GHARDAIA**

***Influence de l'indice d'ouverture sur le confort visuel dans
l'espace laboratoire***

Jury de soutenance :

Nom et Prénom	Grade	Qualité
Mr. ATEF SALHI	M.A.A	Président
Mr. MERDJANI HAMZA	M.A.A	Examineur
Mr. KARAMI FAYÇAL	M.A.A	Examineur
Mr. BENHOUHOU MOHAMED NAIM	M.C.B	Rapporteur

Promotion : 2016/2017



Université Amar Thelidji- Laghouat
FACULTE : GENIE CIVIL ET ARCHITECTURE



DEPARTEMENT : D'ARCHITECTURE
RESUME DE MEMOIRE DE MASTER

Filière : Architecture

Option : Architecture et environnement

Thème : conception d'un centre de recherche agricole durable dans les zones aride à Ghardaïa

Présenté par : - Sahraoui Mohamed

Encadré par : Mr. Ben houhou Med Naim,

Résumé :

Nous allons concevoir un centre de recherches agricoles durable dans les zones arides dans la ville de Ghardaïa comme un projet qui s'inscrit dans le cadre du développement durable pour rechercher des solutions viables et durables pour développer l'agriculture et répondre aux défis des conditions climatiques des zones arides, tout en se dirigeant vers une orientation favorable, pour exploiter le maximum de potentialités climatiques et en appliquant des systèmes convenables qui offrent au centre de recherche un confort thermique et visuel tout en préservant l'environnement.

Mots clés : Climat aride– durable – confort



جامعة عمار ثليجي – الأغواط

كلية : الهندسة المدنية و الهندسة المعمارية

قسم الهندسة المعمارية و التعمير

ملخص مذكرة الماستر

الشعبة: هندسة المعمارية .

التخصص: هندسة المعمارية و بيئة .

عنوان المذكرة: تصميم مركز الأبحاث الفلاحية المستدام بالمناطق الجافة بغرداية .

تقديم الطلبة: صحراوي محمد

الأساتذ المؤطر : بن حوحو محمد نعيم

الملخص

قمنا بتصميم مركز البحوث الزراعية مستدام في المناطق الجافة في غرداية كمشروع للتنمية المستدامة سعيا إلى إيجاد حلول مستدامة لتطوير ومواجهة تحديات الظروف الجوية، مع توجيه هذا المشروع بصفة ملائمة، والاستفادة القصوى من الخصائص المناخية و تطبيق الأنظمة المناسبة التي توفر لمركز البحوث رفاهية حرارية وبصرية مع الحفاظ على البيئة.

الكلمات المفتاحية: مناخ جاف - مستدام – راحة.



Amar Thelidji University - Laghouat



ARCHITECTURE DEPARTEMENT

ABSTRACT OF MASTER MEMORY

Career : Architecture.

Option : Architecture and environnement.

Theme:

Presented by : Sahraoui Mohamed

Supervised by : Mr. Ben houhou Med Naim

Abstract:

A Sustainable Agricultural Research Center in Arid Zones in Ghardaia will be designed as a sustainable development project to seek viable and sustainable solutions to develop agriculture and meet the challenges of weather conditions in arid areas, while moving towards a favorable orientation, to exploit the maximum of climatic potentialities and by applying suitable systems which offer to the research center a thermal and visual comfort while preserving the environment.

Key words: Arid climate - sustainable - comfort.

Sommaire

Introduction générale

1. Introduction générale.....	01
2. Choix du thème	01
3. Choix de la ville	02
4. Problématique	02
5. Objectif	02
6. Hypothèses	02
7. Structure du mémoire	03
I. Chapitre 01 : Recherche thématique	
1. Développement durable :	04
1.1. Définition.	04
1.2. Ses trois piliers :	04
2. Architecture durable :	04
1.1 Définition des concepts :	05
1.1.1 La conception bioclimatique	05
- Les techniques d'adaptation à l'échelle de plan de masse	05
- Les techniques d'adaptation à l'échelle de plan architectural	06
1.2 Dispositifs architecturaux.....	09
1.2.1 Les ouvertures.	09
- règles de dimensionnement	09
- l'orientation	10
- les cadres	10
1.2.2 Protections solaires.....	11
- Type de protection solaire	11
3- Confort thermique	13
3.1 Stratégie du froid.....	13
4- La Recherche scientifique	14
5- Définition d'un centre de recherche :	14
6- Analyse d'exemples bibliographique.	15
6.1.Masdar Institute	15
- Description.....	15
- Implantation	16
- La volumétrie	16
- Disposition des blocs.....	16
- Lecture des façades	17
- Rapport plein /vide	17
- Etude des plans	18
- Les Organigrammes.....	19
- Système structurel	20
- Confort thermique.....	20

- Confort visuel	22
Synthese	22
6.2. Centre de recherche des énergies renouvelables	23
- Implantation	23
- La volumétrie.....	23
- Lecture des façades	24
- Etude des plans	24
- Les Organigrammes	27
- Confort thermique.....	29
- Confort visuel.....	30
- Système structurel	31
Synthese	31
II. Chapitre 03 : Etude contextuelle.....	
1. Présentation de la ville de Ghardaïa	32
1.1. Situation géographique.....	32
1.2. Situation astronomique.....	32
1.3. Les données Climatique.....	32
1.3.1. La Température	32
1.3.2. L'enseillement	33
1.3.3. Diagrammes solaires.....	34
1.3.4. Précipitations	35
1.3.5. Les vents	35
2. Motivations du choix du site.....	36
3. Analyse du site	36
3.1. Situation du site par apport à la ville.....	36
3.2. Situation par apport au voisinage	37
3.3. Morphologie du terrain.....	37
3.4. Données climatiques.....	38
3.5. Le bruit	38
3.6. Mobilité	39
Synthèse	39
Conclusion	39

III. Chapitre 04 : Programmation	
1- Objectif du programme	40
2- Analyse du programme	40
3- Programme quantitatif	41
4- Programme qualitatif	43
5- Synthèse.....	48
IV. Chapitre 05 :projet architecturale.	
1. Concepts architecturaux :	49
1) La fluidité et la lisibilité.	49
2) La transparence.	49
3) La simplicité.....	49
4) La géométrie.	49
5) La connexion.	49
6) La flexibilité.	49
2. L'idée du projet.	50
3. Genèse de projet.	50
4. Plan de masse.	54
5. Description du projet.	55
6. Les façades.	56
7. Utilisation d'une toiture rétractable.	57
Conclusion	58
V. Chapitre 06 : recommandation technique :	
1. Le bâtiment	59
1.1- Système constructif.	59
1.1.1- Structure de projet	59
1.2- Les façades.....	60
1.3- La ventilation.	62
1.4- Type de vitrage utilisé.	63
1.5- Détails de la toiture rétractable.	64
1.6- Système Chauffage / refroidissement.	64
1.7- Puits canadien.	68
1.8- Confort Visuel.	69
2. Arbres d'ombrage artificiels.	71
3. La serre.	72
3.1- Système de refroidissement.	72
3.2- Détail de verre.	73
4. Gestion des eaux.	73
5. L'énergie.	73
5.1.L'agrivoltaïque.	73
VI. Chapitre 06 : influence de l'indice d'ouverture sur le confort visuel dans l'espace laboratoire.....	

Problématiques.....	74
Hypothèses	74
Structure de travail	74
1- Confort visuel	75
1.1- Notions de bases pour éclairage	75
1.1.1- Grandeurs photométriques	75
- Le flux lumineux	75
- La luminance	75
- L'éclairage	75
- L'intensité lumineuse	75
1.2- Définition du confort visuel	76
1.3- Les critères du confort visuel.....	76
1.4- Paramètres du confort visuel	77
1.4.1- Un niveau d'éclairage suffisant	77
1.4.2- Facteur de lumière du jour (FLJ)	78
1.4.3- Une répartition harmonieuse de la lumière	78
Synthèse	80
2- Définition de l'éclairage naturel	81
2.1- L'éclairage naturel en architecture	81
2.1.1- La compacité	82
2.1.2- La porosité	82
2.1.3- La transparence	82
2.2- Facteurs influant l'éclairage naturel	82
2.1.1- Environnement extérieur	82
2.1.2- Les caractéristiques géométriques de l'espace	84
2.1.3- Ouvertures en façade.....	85
2.1.4- Impact de l'aménagement intérieur du local sur l'éclairage naturel.....	91
3- dispositifs de distribution de la lumière naturelle	93
3.1- Lightshelf.....	93
3.2- Systèmes anidoliques.....	94
3.3- Second-jours.....	94
3.4- Cheminées de lumière.....	94
3.5- Les atriums	95
Synthese	95
4- Evaluation numérique des conditions d'éclairage dans les laboratoires.....	96
4.1- Présentation des logiciels de simulation informatique	96
4.2- Choix du cas d'étude	97
4.3- Validation numérique de l'éclairage naturel	98
Conclusion	102
 Conclusion générale	 103
Bibliographie	104

Liste de figures

Chapitre I	
Fig I.1 : Les trois piliers du developement durable.....	4
Fig I.2 : Déphasage thermique de mur en brique par différent épaisseur.....	6
Fig I.3 : Types des protections solaires adaptées.....	11
Fig I.4 : Brise solaire horizontale	11
Fig. I.5 : Brise solaire verticale.....	11
Fig. I.6 : La loggia (brise solaire horizontale et verticale.....	12
Fig. I.7 : Brise solaire mobile de complexe de bureaux à Wiesbaden.....	12
Fig. I.8 : Protection végétale contre les rayonnements solaires.....	13
Fig. I.9 : Période chaude: les stratégies de base.....	13
Fig I.10 : implantation du projet.....	16
Fig I.11 : volumétrie du projet.....	16
Fig I.12 :la volumétrie de Masdar institute.....	16
Fig. I.13 :Plan de toiture de Masdar institute.....	18
Fig. I.14 : Plan RDC	18
Fig I.15 :structure du projet	20
Fig I.16 : Détails de façade des logements	20
Fig I.17 : détail façade laboratoire	21
Fig. I.18 : détail de la tour a vent	21
Fig. I.19 : façade laboratoire.....	22
Fig I.20 : implantation du projet	23
Fig I .21 : volumétrie du projet.....	23
Fig I .22 : façade du proje	24
Fig I .23 : Circulation Horizontal/Vertical.....	26
Fig I .24 : les différentes solutions durables pour le confort thermique en été.....	29
Fig I .25 :les différents solutions durable pour le confort thermique en hiver	30
Fig I.26 :vue sur la façade	30
Fig I.27 : Système structurel du bâtiment	31

Chapitre II.....	
Fig. II.1: Carte de la ville de Ghardaïa	32
Fig. II.2: Diagramme de température de la ville de Ghardaïa en 2015.....	33
Fig. II.3: Degrés-jours et ensoleillement de la ville de Ghardaïa en 2015.....	33
Fig. II.4: Courbe de précipitation annuelle (2015).....	35
Fig. II.5 : Courbe de pression de vent (2015).....	35
Fig. II.6: Localisation de la zone d'étude par vue aérienne.....	36
Fig II.7 : Voisinage du site.....	37
Fig II.8 : La topographie du terrain.....	37
Fig. II.9: Les sources de bruit par vue aérienne.....	38
Fig. II.10: Vue aérienne qui indique la mobilité.....	39
Chapitre VI.....	
Fig IV.1 : Système de la façade RDC	56
Fig IV.2 : La façade du laboratoire	56
Fig IV.3 : fonctionnement de la façade cinétique.....	57
Fig IV.4 : Concept de la toiture retractable	57
Chapitre V.....	
Fig V.1 : Structure du projet.....	59
Fig V.2 : Ancrage du poteau.....	59
Fig V.3 : articulation poteau poutre.....	59
Fig V.4 : articulation poutre-poutre	60
Fig V.5 : fixation bardage	60
Fig V.6 : Deatil de fonctionnement d'un pixel de la façade cinétique.....	60
Fig V.7 : Fonctionnement de la façade double peau	61
Fig V.8 : Transfert d'air au travers d'une porte ou par détalonnage.....	62
Fig V.9 : transfert de l'air dans les locaux	63
Fig V.10 : détail du double vitrage	63
Fig V.11 : détail de la toiture rétractable	64
Fig V.12 : Les différentes composantes d'un plafond froids.....	64
Fig V.13 : système de fonctionnement.....	65

Fig V.14: Préparation de l'eau glacée.....	66
Fig V.15 : Organigramme de choix de la gestion et de la commande de l'éclairage intérieur	69
Fig V.16 : Gestion de la commande dans les locaux à temps d'occupation important	69
Fig V.17 : Système de fixation de l'arbre	70
Fig V.18 : Système de refroidissement de la serre.....	70
Fig V.19 : Composition du verre utilisée dans la serre.....	71
Fig V.20: système d'agrivoltaïque	72
Chapitre VI.....	
Fig. VI.1 : Types de grandeurs photométriques	75
Fig. VI.2 : Eléments du confort visuel	79
Fig.VI.3 : spectre de différentes sources de lumière.....	81
Fig VI.4 : Influence des masques sur l'éclairage naturel	82
Fig VI.5 : Influence de l'orientation sur la distribution des luminances	83
Fig VI.6 : Influence de l'orientation sur la distribution des luminances	83
FigVI.7. : zone centrale obscure dans les espaces des grandes surfaces au sol	84
Fig. VI.8 : Relation entre la forme et la distribution de la lumière naturelle	84
Fig VI.9: Influence de la forme de l'ouverture sur l'éclairage intérieur	87
Fig VI.10 : Influence des embrasures sur la captation de la lumière naturelle.....	87
Fig VI.11 : Influence de la menuiserie sur la pénétration de la lumière naturelle.....	88
Fig.VI.12: Influence de vitrage sur l'espace intérieur.....	89
Fig VI.13 : Zone d'influence d'une ouverture.....	90
Fig VI.14: influence des faux-plafond sur la pénétration de lumière naturelle	91
Fig VI.15 : influence de la clarté des parois sur la quantité de lumière disponible en fond de la pièce.....	92
Fig VI.16 : influence de la clarté du plafond sur la lumière naturelle.....	92
Fig VI.17 : influence de la Brillances des revêtements sur confort visuel.....	92
Fig VI.18: facteur de réflexion en (%) pour différentes couleurs.....	93
Fig VI.19 : Facteurs de lumière du jour en fonction du type lightshelf.....	93
Fig VI.20 : Impact d'un plafond anidolique sur la pénétration de lumière.....	94
Fig VI.21 : influence de la disposition du second-jours sur la quantité de lumière naturelle pénétrante	94
Fig VI.22 : Utilisations des cheminées de lumière.....	94

Fig. VI.23 :Vue sur la fenêtre de logiciel Ecotect.....	96
Fig. VI.24 : Vue sur la fenêtre de logiciel Radiance.....	96
Chapitre VII	
Fig. VII.1 :Valeurs exprimées en Clo des tenues vestimentaires	106
Fig.VII.2 : L'interaction thermique de corps humain en activité	106
Fig. VII.3 : Gains thermiques interne d'un espace	107
Fig VII.4 Diagramme de Givoni.....	111
Fig VII.5 : Variation de la température dans Une paroi isolée.....	116

Liste de tableaux

TAB I.1 : Caractéristiques thermo physiques des matériaux du gros œuvre	7
TAB I.2 : Caractéristiques thermo physiques des matériaux isolant	7
TAB I.3 : Comparaison entre les principes de l'isolation thermique	8
TAB I.4 : Coefficient d'absorption de la chaleur de différents matériaux et couleurs.....	9
TAB I.5 : Bilan énergétique (gaine-pertes) de 1 m ² de fenêtre en tableau sur une saison de chauffage en fonction de son orientation et de type de vitrage	10
TAB I. 6 : Matériaux utilise pour le châssis.	10
TABVI.1 : Eclairagements recommandés.....	77
TAB VI.2 : Ambiance lumineuse perçue et relation du local avec l'extérieur en fonction du facteur de lumière du jour.....	78
TAB VII.1 : Valeur de référence de température de l'air.....	105
TAB VII.2 : tables de Mahony.....	112

Introduction générale :

Notre environnement est en constante évolution. Cependant, à mesure que notre environnement évolue, il devient aussi nécessaire de prendre de plus en plus conscience des problèmes générés par cette évolution. Avec un afflux massif de catastrophes naturelles, de périodes de réchauffement et de refroidissement, de différents types de conditions météorologiques et bien plus encore, les gens doivent être conscients des types de problèmes environnementaux auxquels on est confrontée, notre planète est à la hauteur d'une grave crise environnementale. Les problèmes environnementaux actuels nous rendent vulnérables aux catastrophes et aux tragédies, maintenant et à l'avenir. Nous sommes dans un état d'urgence planétaire.

Le développement durable est la notion qui définit le besoin de transition et de changement dont a besoin notre planète et ses habitants pour vivre dans un monde plus équitable, en bonne santé et en respectant l'environnement.

Le développement durable est appliqué à plusieurs domaines, parmi ses domaines, le domaine de l'architecture, où on trouve plusieurs démarches qui s'inscrivent dans ce dernier, qui consiste à la recherche d'une synthèse harmonieuse entre la destination du bâtiment, le confort des utilisateurs et le respect de l'environnement ainsi à la réduction des besoins énergétiques par le recours à l'énergie renouvelable.

Alors nous allons essayer à travers la conception de notre centre de recherche de s'inscrire dans la démarche de développement durable et de faire une combinaison entre l'aspect architectural original, durable et symbolique associé à une technologie moderne du 21^{ème} siècle, et qui offre un niveau de fonctionnement optimal tout en essayant de cibler des solutions architecturales et techniques potentiellement porteuses de valeurs environnementales.

On aura pour mission de faire synthèse des données analysées qu'elles soient inhérentes au cadre urbain, au site d'intervention ou à la thématique abordée.

Choix du thème :

Les déserts couvrent 40% de la surface terrestre et abritent 2,5 milliards de personnes, un pourcentage important de la population mondiale. En Algérie, un immense désert qui s'étend au sud de l'Atlas saharien couvre 84 % de la superficie du pays.

Les déserts sont caractérisés par des climats arides avec une humidité faible, un sol pauvre, une végétation et des animaux rares.

Cette désertification s'accompagne de la disparition de régions cultivables et des végétaux en général, l'absence des végétaux accentue l'érosion, appauvrit les sols, fragilise les écosystèmes. Alors notre objectif est comment reverdir nos déserts à travers la création d'un centre de recherches agricoles dans cette région.

Choix de la ville :

Ghardaïa avec son climat aride et sa position stratégique représente un lieu parfait pour les expérimentations et le déroulement des recherches dans le cadre du développement de l'agriculture dans les zones arides

Problématique :

L'avancée des connaissances et le foisonnement des technologies sont devenus extrêmement rapides. La vitesse d'évolution du progrès technoscientifique est très élevée, de plusieurs ordres de grandeurs, En seulement quelques 100 années, nous sommes passés de la traction animale à l'exploration de l'espace, alors que l'Algérie n'a pas encore prit place parmi les géants de l'évolution scientifique à cause de la rareté de ses établissements de recherche

- Comment concevoir un centre de recherche durable adapté un climat aride et qui participe à l'amélioration de la recherche en Algérie?

Objectifs :

- Concevoir un équipement dont le rôle sera d'enseigner, conserver et diffuser le savoir scientifique.
- Concevoir un ensemble stable qui abritera les lieux réservés à la recherche scientifique.
- Offrir au publique une architecture attractive par ces formes dynamiques ainsi par sa préservation du patrimoine local
- Concevoir un équipement qui profite des potentialités du site et de la région
- Concevoir un projet avec un faible impact environnemental
- Concevoir un projet économe en terme de consommation d'énergie

Hypothèses :

Pour répondre à la problématique posée nous avons proposé ces hypothèses :

- Exploitation maximal des potentialités de la région (Climatique) dans la conception du projet
- Concevoir un projet avec un faible impact environnemental

Structure du mémoire :

Notre travail sera pratiquement présenté sous forme de sept chapitres précédé par une partie introductive dont les chapitres sont les suivants :

Chapitre I : Une Recherche thématique basée sur des recherches et une lecture des Exemples bibliographique.

Chapitre II : Une étude contextuelle, la présentation de l'environnement ainsi qu'une analyse du site.

Chapitre III : programmation, une étude des différentes parties du projet.

Chapitre IV : Une présentation du projet architectural et de ses différentes phases d'évolution.

Chapitre V : recommandations techniques qui couvrira les différents systèmes utilisé dans notre projet

Chapitre VI : Simulation numérique de l'éclairage naturel pour l'espace laboratoire.

Simulation numérique du confort thermique pour l'espace laboratoire.

Dans ce chapitre nous allons définir les notions de bases du développement durable, les différentes techniques de conception bioclimatique et les différentes notions en relations avec la thématique de recherche

I.1. Développement durable :

I.1.1. Définition :

Sa définition officielle est donnée en 1987 au moment de préparation du 3^{ème} sommet de la terre à RIO « Un développement durable est un développement qui répond au besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs » C'est-à-dire la croissance doit se faire dans le respect de la nature et des hommes et veiller à un bon équilibre entre société et ressources naturelles en assurant le développement et en réduisant les inégalités entre les personnes « **Source : rapport Brundtland en 1987** »

I.1.2. les piliers du développement durable :

1. L'équité entre les nations, les individus et les générations, en favorisant l'accès pour tous à l'emploi, à l'éducation, aux services médicaux et sociaux et à un logement de qualité en prônant le respect des droits de la personne, en permettant la participation, pour l'ensemble des groupes de la société, aux différents processus de prise de décision.

2. L'efficacité économique en favorisant la gestion optimale des ressources humaines, naturelles et financières afin de permettre la satisfaction des besoins des communautés humaines.

3. L'intégrité de l'environnement : il s'agit d'inclure, dans l'ensemble des actions de communauté humaines, la préoccupation de la vitalité et de la diversité des gènes, des espèces et de l'ensemble des écosystèmes naturels terrestres et aquatiques.

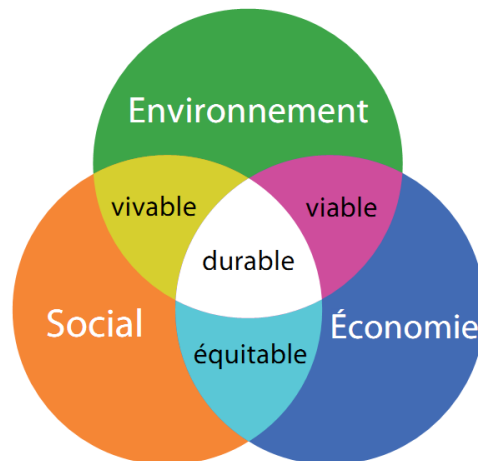


Fig I.1 : Les trois piliers du développement durable

I.2. Architecture durable :

L'architecture durable est une discipline de l'architecture, l'art et le savoir-faire de tirer le meilleur parti des conditions d'un site et de son environnement, pour une architecture naturellement la plus confortable pour ses utilisateurs.

Dans la conception d'une architecture durable, les conditions du site et de l'environnement (le climat et le microclimat, la géographie et la géomorphologie) ont une place prépondérante dans l'étude et la réalisation du projet d'architecture qui y est prévu. Une étude approfondie du site et de son environnement permet d'adapter l'architecture (le projet d'architecture) aux caractéristiques et particularités propres au lieu d'implantation, et permet d'en tirer le bénéfice des avantages et se prémunir des désavantages et contraintes.

L'architecture bioclimatique fait appel à des stratégies, techniques et constructions simples qui permettent de chauffer, rafraîchir, ventiler l'intérieur d'une construction. Ces techniques utilisent généralement des savoir-faire, des matériaux et des systèmes simples bien que, de plus en plus, certains systèmes utilisent l'électronique pour un contrôle automatique.

I.2.1. Définition des concepts :

I.2.1.1 La conception bioclimatique :

A-les techniques d'adaptation à l'échelle du plan de masse :

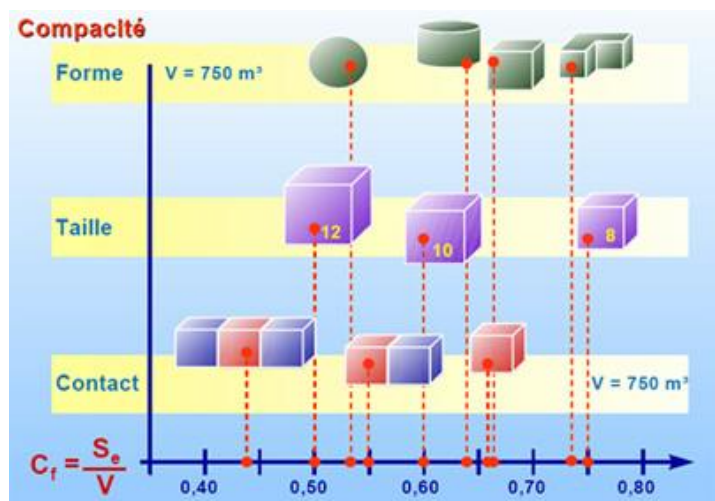
- Orientation et implantation :

L'objectif est de récupérer au maximum les apports solaires passifs en hiver et de les réduire en été pour respecter le confort d'été. La bonne règle : le maximum de fenêtres sera orienté au Sud. Mieux vaut éviter les expositions directes est et ouest qui suivent la courbe du soleil qui occasionne le plus souvent des « surchauffes » et un inconfort visuel. Au Nord, Il faudra limiter les ouvertures afin de minimiser les déperditions thermiques du bâtiment. De manière générale il est conseillé de respecter un ratio de surface vitrée d'environ 20 % de la surface habitable, répartie comme suit : 50 % au sud, 20 à 30 % à l'Est, 20% à l'ouest et 0à 10% au nord Cette règle est très importante car la bonne maîtrise des apports solaires peut représenter un gain gratuit de 15 à 20 % de besoins d'énergie (réduction de la consommation).

- L'architecture et la forme

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

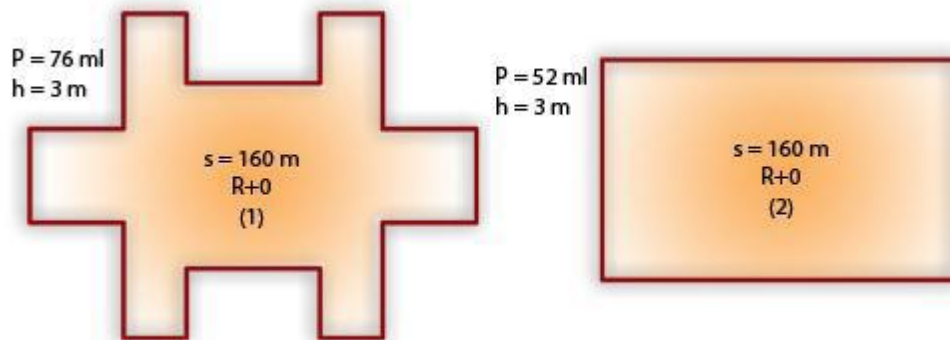
Elle varie suivant la forme, la taille et le mode de contacts des volumes construits. En effet, la mitoyenneté et l'habitat collectif favorisera la réduction des surfaces de déperditions une très bonne compacité.



La figure ci-dessous représente deux (2) variantes d'une construction de surface habitable identique $S = 160 \text{ m}^2$ et $h = 3 \text{ m}$

On calcule le **coefficient G** :

$$G = \frac{Ht}{V} = \frac{U.S}{V}$$



$$G1 = 0.8 \text{ U w/m}^3 \cdot \text{c} \text{ ET } G2 = 0.65 \text{ U w/m}^3 \cdot \text{c}$$

A partir ce résultat on déduit que plus le ratio est petit plus la forme est performante du point de vue thermique.

Aussi plus que la forme présente des surfaces expose au froid ou à la chaleur plus la balance thermique devient négative.

B - les techniques d'adaptation à l'échelle de plan architectural :

- Les matériaux de construction :

Les matériaux de construction sont divisés en deux grandes familles

-Les matériaux du gros œuvre :

Les matériaux de gros œuvre doivent conférer aux murs de bonnes qualités d'isolation et d'accumulation de la chaleur pour atténuer les variations de température extérieure au cours de la journée : c'est l'inertie. La chaleur emmagasinée pendant la journée par les murs est restituée pendant la nuit. Cette caractéristique est définie par le temps de transfert. Plus celui-ci est grand, plus l'inertie est importante.

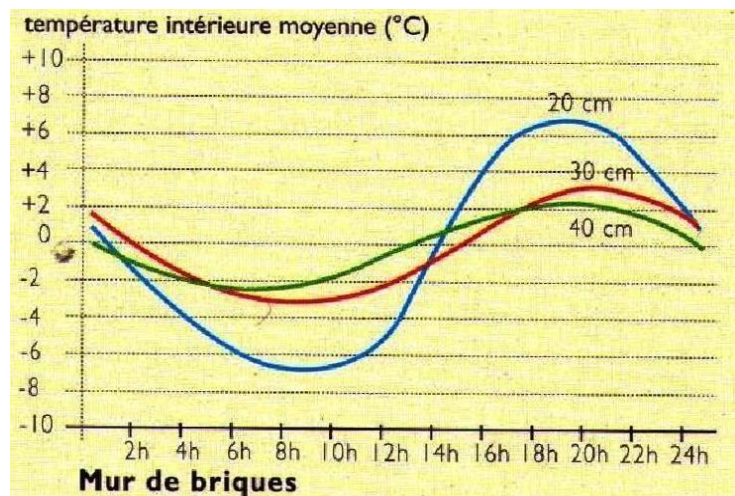


Fig I.2: Déphasage thermique de mur en brique par différent épaisseur. Source : Samuel Courgey et al 2012

Dans les matériaux de gros œuvre, on distingue les matériaux traditionnels, les blocs de ciment, brique creux, pierre naturelle et ...etc.

A partir du DTR (Les Documents Techniques Réglementaires) Algérien les caractéristiques de ces matériaux sont présentés dans le tableau suivant :

TAB I.1 : Caractéristiques thermo physiques des matériaux du gros œuvre
Source : D.T.R. C 3-2

matériaux	Masse volumique Matériau sèche □□ (kg/m ³)	Conductivité thermique □□ (W/m.c°)	Capacité thermique c (J/kg. °C)
Pierre dures	2350 à 2580	2.4	936
Marbre	≥2590	2.9	936
Béton plein	2200 à 2500	1.75	1080
Dalle compression	1450	1.45	1080
Brique creuses	900	0.48	900

-Les matériaux d'isolation :

Les matériaux d'isolation sont de différentes natures : les isolants synthétiques, minéraux et végétaux. A partir le DTR Algérienne les caractéristiques de ces matériaux sont présentés dans le tableau suivant :

TAB I.2 : Caractéristiques thermo physiques des matériaux isolant
Source : D.T.R. C 3-2

Nature d'isolant	matériaux	Masse volumique Matériau sèche □□ (kg/m ³)	Conductivité thermique □□ (W/m. °C)	Capacité thermique c (J/kg. °C)	
synthétiques	Polystyrène expansé	9 à 13	0,046	1404	
		16 à 20	0,040	1404	
	Mousse de polyuréthane	30 à 40	0,031	1404	
		40 à 60	0,034	1404	
minéraux	Laines de roche	18 à 25	0,047	612	
		25 à 35	0,041	612	
		35 à 80	0,038	612	
	Laines de verre	12 à 18	0,039	612	
		18 à 25	0,037	612	
	végétaux	Liège			
• Comprimé			500	0,10	1512
• Expansé			100 à 150	0,044	1512
pur □ en granulats en vrac			120	0,06	1512

L'objectif majeur d'utilisation l'isolant thermique c'est pour limité la déperdition thermique, les ponts thermiques sont des défauts dans l'enveloppe isolante, responsables des problèmes d'inconfort, des consommations supplémentaires et de dégradations dans le bâtiment. Les ponts thermiques créés par liaison paroi/enveloppe présentent de valeurs de coefficient de transmission linéique important.

Pour traiter les problèmes des ponts thermiques on pose les matériaux isolant selon trois (3) principes soit à l'intérieur ou soit à l'extérieur ou repartie

Le tableau ci-dessous représente une comparaison entre le trois principe

TAB I.3 : Comparaison entre les principes de l'isolation thermique Source : Thierry Gallauziaux et al (2011)

	Isolation intérieur	Isolation extérieur	Isolation repartie
Inertie thermique	L'inertie de mur n'est pas utilisable	Le confort intérieur améliore par la capacité d'accumulation de chaleur des murs	Le confort intérieur améliore par la capacité d'accumulation de chaleur des murs
Ponts thermique	Il est difficile d'éviter les ponts thermiques	Les ponts thermiques sont pratiquement inexistant	Solution satisfaisant dans la plupart des cas. Soigner les détails pour éviter les ponts thermiques
Humidité	L'isolant doit disposer d'un pare-vapeur efficace pour éviter tout risque de condensation	Le vapeur d'eau doit pouvoir migrer de l'intérieur vers l'extérieur à travers le revêtement extérieur.	Le vapeur d'eau doit pouvoir migrer de l'intérieur vers l'extérieur à travers le revêtement extérieur.
Contraint liées à la position de l'isolant	L'isolant doit être recouvert d'une peau intérieure (plâtre, lambris, contre cloisons).	L'isolant doit être protégé par une peau extérieure pour éviter sa dégradation.	Cette solution est la plus durable si les conditions de mise en œuvre ont été bien respectées.
entretien	Avec une finition bien réalisée, ne nécessite qu'un entretien courant du revêtement intérieur.	Par nature, la peau extérieure peut nécessiter un entretien régulier.	L'entretien dépend de la nature et de la texture du revêtement ou du matériau extérieur (mur double

Il y a d'autres paramètres qu'il joue un rôle très important dans la stratégie de captage de la chaleur du rayonnement solaire **c'est la couleur du matériau**

Le tableau ci-dessous représente le coefficient d'absorption de la chaleur des différents matériaux et couleurs.

TAB I.4 : Coefficient d'absorption de la chaleur de différents matériaux et couleurs.
Source : guide de l'écoconstruction (2006)

Couleur	Coefficient d'absorption
<i>Matériaux</i>	
Béton brut	0.6
Plâtre	0.07
Brique rouge	0.55
<i>Peintures à l'huile</i>	
Noire	0.90
Blanc cassé	0.33
Gris clair	0.55
Rouge	0.74
Jaune paille	0.45
<i>Peintures cellulosiques</i>	
Bleu foncé	0.91
Marron	0.79
Vert	0.79
Orange	0.41
Rouge foncé	0.57
Blanche	0.12

I.2.2 dispositifs architecturaux :

I.2.2.1 Les ouvertures :

Les ouvertures sont les points faibles de l'enveloppe du bâtiment du point de vue leur résistance thermique.

- Règles de dimensionnement :

Prévoir plutôt de grandes fenêtres que plusieurs petites pour la même surface de vitrage, car les pertes thermiques par les cadres et les bords sont les plus élevées que celles par le vitrage.

-L'orientation :

Le tableau ci-dessous présente le bilan énergétique (gaine-perdes) de 1 m^2 de fenêtre pour une saison de chauffage en fonction de son orientation et de type de vitrage (châssis en bois) en Île-de-France.

TAB I.5 : Bilan énergétique (gaine-perdes) de 1 m^2 de fenêtre en tableau sur une saison de chauffage en fonction de son orientation et de type de vitrage

Source : Samuel Courgey et al 2012

	Sud	Sud-est / sudouest	Est / Ouest	Nord
Simple vitrage $U_w = 4.95 \text{ W/m}^2.k$	-75	-86	-137	-203
Double vitrage $U_w = 2.95 \text{ W/m}^2.k$	41	30	-22	-87
Double vitrage + volet $U_w = 2.25 \text{ W/m}^2.k$	81	70	19	-47
Double vitrage a isolation renforcé $U_w = 1.80 \text{ W/m}^2.k$	107	96	45	-21
Double vitrage a isolation renforcé + volet $U_w = 1.5 \text{ W/m}^2.k$	125	114	62	-4

À partir du tableau 5 la façade la plus favorable dans la saison de chauffage pour orienter notre ouverture c'est la façade sud parce qu'il est possible d'obtenir jusqu'à 125 W/K lorsqu'on utilise du vitrage performant. La façade Nord est la façade de grandes déperditions thermiques -203 W/k lorsqu'on utilise des ouvertures avec simple vitrage.

-Les cadres

Il y a plusieurs matériaux utilisés pour le châssis des fenêtres parmi ces matériaux on cite :

TAB I. 6: Matériaux utilisés pour le châssis.

Source : R. Contini Knoblel, al. (1991)

Le matériau	La conductance thermique U ($\text{w/m}^2.k$)	
Bois	Pin ou sapin	1.6 - 2.0
Bois-métal		1.6 - 2.0
Aluminium	Sans barre isolante :	5.2 - 6.1
	Avec barre isolante :	2.0 - 4.0
Plastique (PVC)	Sans raidisseur métallique :	1.7 - 2.1
	Avec raidisseur métallique :	2.0 - 2.3

I.2.2.2. Protections solaires :

Les protections solaires sont les compléments indispensables des fenêtres dès qu'il faut limiter les surchauffes et l'éblouissement en période d'ensoleillement.

- éviter les surchauffes solaires en été
- permettre des gains solaires en hiver
- éviter des éblouissements intérieurs esthétique

La figure I. 3 permet de définir le type de protection solaire a utilisée selon l'orientation

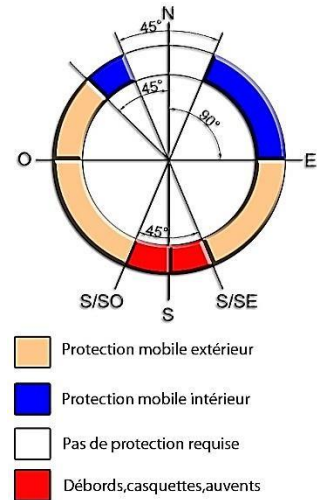


Fig I. 3: Types des protections solaires adaptées Source : Samuel Courgey et al 2012

-Type de protection

Les principales familles de protection solaire sont

a- Le masque architectural fixe : Il y a trois groupes

- **Brise solaire horizontale**

Les brises soleils horizontaux sont utilisées pour protéger les façades orienter sud

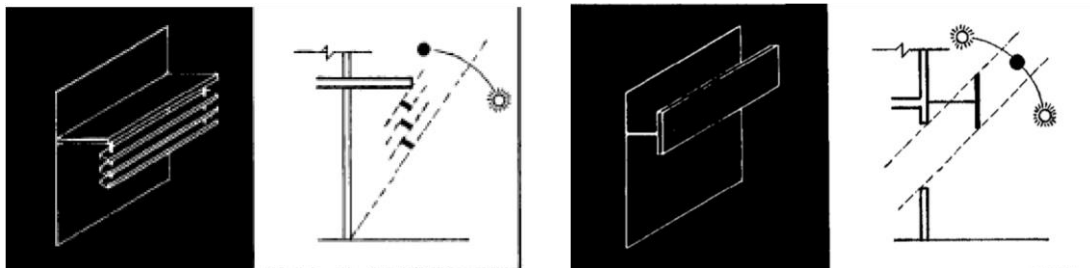


Fig. I.4 : Brise solaire horizontale Source : R. Contini Knobler, al. 1991

- **Brise solaire verticale**

Les brises soleil verticaux sont utilisées pour protéger les façades est et ouest

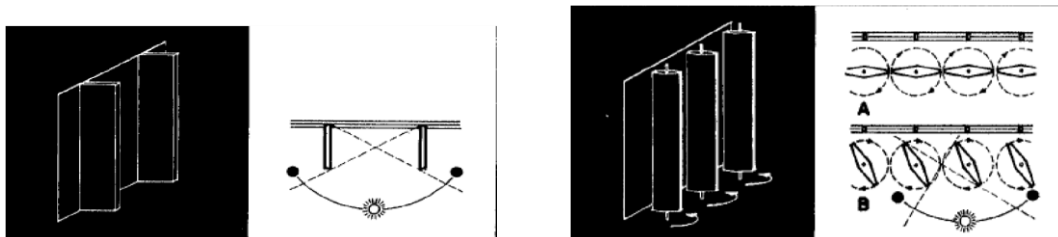


Fig. I.5 : Brise solaire verticale Source : R. Contini Knobler, al. 1991

• La loggia (brise solaire horizontale et verticale)

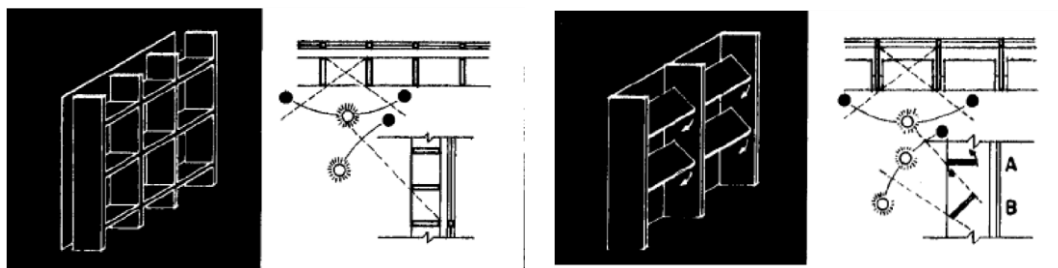


Fig. I.6 : La loggia (brise solaire horizontale et verticale) Source : R. Contini Knobler, al. 1991

- Le masque architectural mobile :

Les stores ou à lamelles peuvent être mobiles manuellement suivant les désirs de l'occupant ou en automatique en fonction du régulateur.

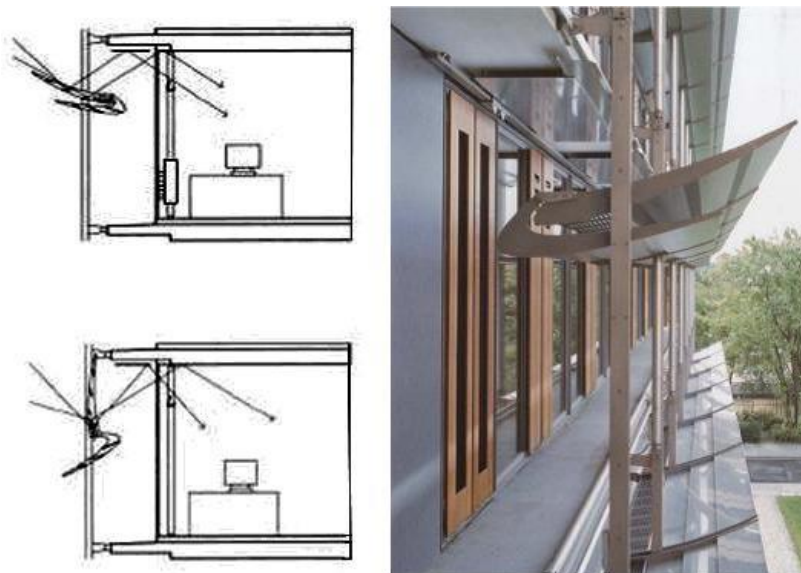


Fig. I.7 : Brise solaire mobile de complexe de bureaux à Wiesbaden Source ROBERTO GONZALO et al ,2008

I.3. Confort thermique :

Le confort thermique est défini comme l'absence de gêne thermique, en physiologie il y a un confort thermique pour une activité sédentaire et un habillement donné, les systèmes thermorégulateur n'ont pas à intervenir selon des taux dépassant les valeurs de seuil.

La marge de confort thermique situe entre 22°C et 25°C, pour atteindre les conditions de confort thermique, soit pendant la période hivernale ou la période estivale, plusieurs stratégies et technique sont adoptées.

Puisque on va concevoir notre centre de recherches a Ghardaïa on s'est basé principalement sur la stratégie du froid

I.3.1. Stratégie du froid :

Le choix d'une architecture plus ouverte sur l'extérieur

Augmente sa sensibilité aux éléments climatiques.

Si la stratégie pour la période froide était de Laisser entrer le soleil dans le bâtiment, et de limiter les pertes de chaleur, celle de la période chaude sera Plutôt de minimiser tous les gains et de privilégier leur évacuation vers l'extérieur.

On applique les principes suivants:

- Minimiser les gains solaires: dès que la température extérieure excède la limite inférieure du confort, les gains solaires ne devraient pas rajouter à l'inconfort.
- Minimiser les gains par transmission et infiltration: retenir la chaleur à l'extérieur.
- Favoriser la ventilation: évacuer la chaleur captée en utilisant le renouvellement d'air par effet de cheminée ou par le vent, favoriser les échanges de chaleur entre le corps humain et l'air en augmentant les mouvements d'air.
- Déphaser les gains du jour sur la nuit généralement fraîche même en été.

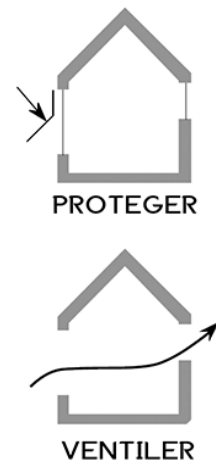


Fig. I.9 : Période chaude: les stratégies de base
Source :Architecture climatique équilibrée

I.4. La Recherche scientifique:

La recherche scientifique est un processus ou une démarche rationnelle qui permet d'examiner des phénomènes, des problèmes à résoudre et d'obtenir des réponses précises à partir d'investigation. Ce processus se caractérise par le fait qu'il est systématique et rigoureux et conduit à l'acquisition de nouvelles connaissances. Les fonctions de la recherche sont de décrire, d'expliquer, de comprendre, de contrôler, de prédire des faits, de phénomènes et des conduites.

La rigueur scientifique est guidée par la notion d'objectivité, c'est-à-dire que le chercheur ne traite que des faits, à l'intérieure d'un canevas défini par la communauté scientifique.

I.5. Définition d'un centre de recherche :

Un CENTRE DE RECHERCHE est un lieu privilégié de développement de la recherche jouissant d'une certaine stabilité. Son rôle consiste pour l'essentiel à consolider des ressources humaines autour d'une thématique bien définie, généralement multidisciplinaire, et à coordonner les activités de plusieurs chercheurs ou équipes de chercheurs, soit par le regroupement physique d'infrastructures existantes (locaux, équipements et matériels, personnel de soutien technique et administratif, ressources financières), soit par la création d'infrastructures nouvelles.

I.6. Analyse d'exemples bibliographiques :



Le mode d'expression de la thématique de recherche en architecture a connu une évolution frénétique Il serait, donc, intéressant et profitable, d'ouvrir notre champ de lecture et d'étude à différents projets qui existent, à travers le monde, pour mieux cerner les différents langages architecturaux, par le biais desquels, les architectes ont matérialisé ces lieux de soins Les exemples qui vont suivre, chacun par un aspect précis, incarnent l'inspiration et le reflet du projet auquel nous avons l'ambition d'aboutir et constituent une somme de références et d'influences nécessaires dans le processus de conception.

I.6.1.Masdar Institute



Fiche de présentation du projet :

Conception : [Foster + Partners](#)

Lieu du projet : [Masdar City /Abu Dhabi](#)

Date d'achèvement : 2015

Superficie : 5000 m²

-Description :

Beaucoup ont rêvé d'un projet utopique qui serait alimenté par l'énergie solaire. L'ouverture officielle d'aujourd'hui de la phase initiale du campus de Masdar Institute à Masdar City est une première réalisation de cette quête. Sa communauté étudiante est déjà active, vivant et travaillant dans leurs quartiers. Cette communauté, indépendante de tout réseau électrique, développe un excédent de 60% de ses propres besoins énergétiques, traite ses eaux usées sur le site, qui est recyclé et pionnier de nombreux concepts d'économie d'énergie. C'est une expérience audacieuse qui va changer et évoluer avec le temps - déjà il abrite douze projets de recherche distincts avec des applications mondiales potentielles.

-Implantation :

Plan de masse inspiré de la ville arabe traditionnel (utilisation des passages étroits, la compacité, le patio)

Le projet est Implanté de manière a profité des vents dominants pour le rafraichissement

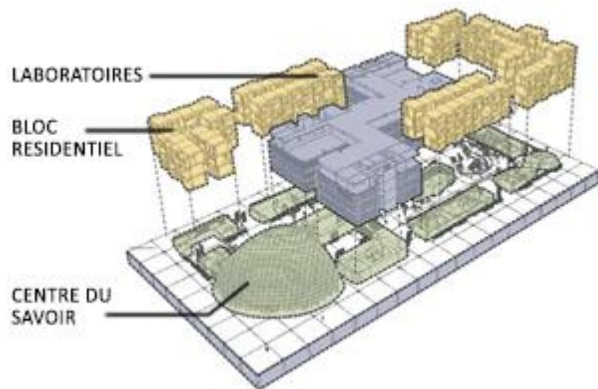


Fig I.10 : implantation du projet

-La volumétrie :

Le projet a une forme rectangulaire compacte pour minimiser les surfaces exposées à l'environnement extérieur avec des patios ombrés étroits et des passages piétons



Fig I.11 : volumétrie du projet

-Disposition des blocs : Les laboratoires sont disposée de manière à profiter de l'éclairage naturel par la présence de patios tout restant protégé des rayons solaire par l'effet d'ombre créer par les blocs résidentiels

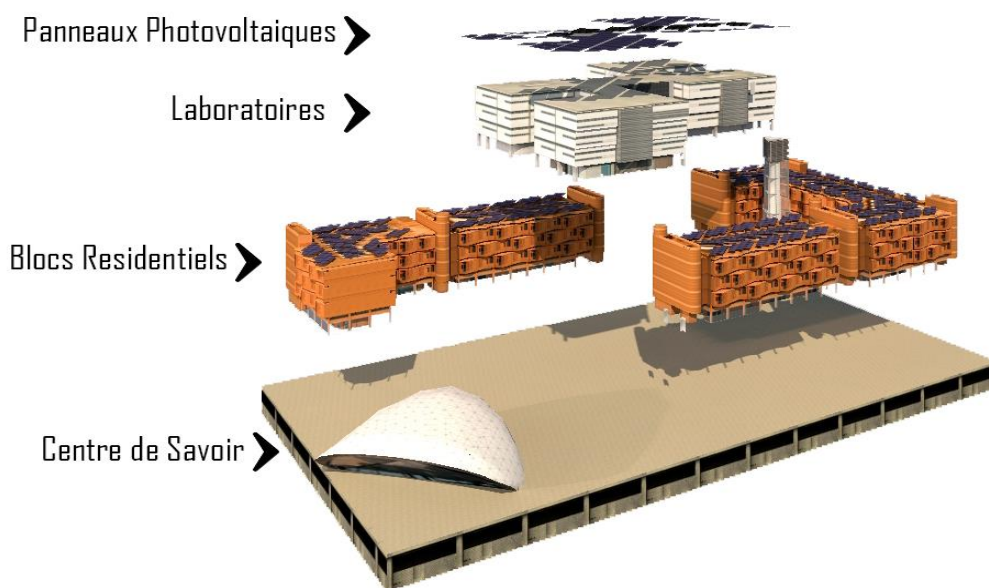


Fig I.12 : la volumétrie de Masdar institute

-Lecture des façades :

- Pour les blocs résidentiels Utilisation d'une façade perforée en BFV (Béton renforcé vitrifié) coloré avec du sable local
- utilisation de la moucharabieh inspiré de l'architecture islamique traditionnel
- Changement de rythme horizontal par des tours cylindriques représentant les cages d'escaliers
- Pour les laboratoires utilisation d'une façade modern en acier recycle avec le marquage de cage d'escalier

-Rapport plein /vide :

Le rapport des façades ouvertes varie entre les zones inférieures ombrées et les parties supérieures exposées. Les ouvertures de façade varient en fonction de leur position - les étages supérieurs sont plus solides, avec environ 25 pour cent de verre, tandis que les étages inférieurs ombragés ont une plus grande proportion de surface vitrée, environ 45 pour cent.



-Etude des plans :

5000 m² de panneaux photovoltaïques sont intégrés sur la toiture du projet ce qui permet de générer plus d'énergie qu'il en consomme

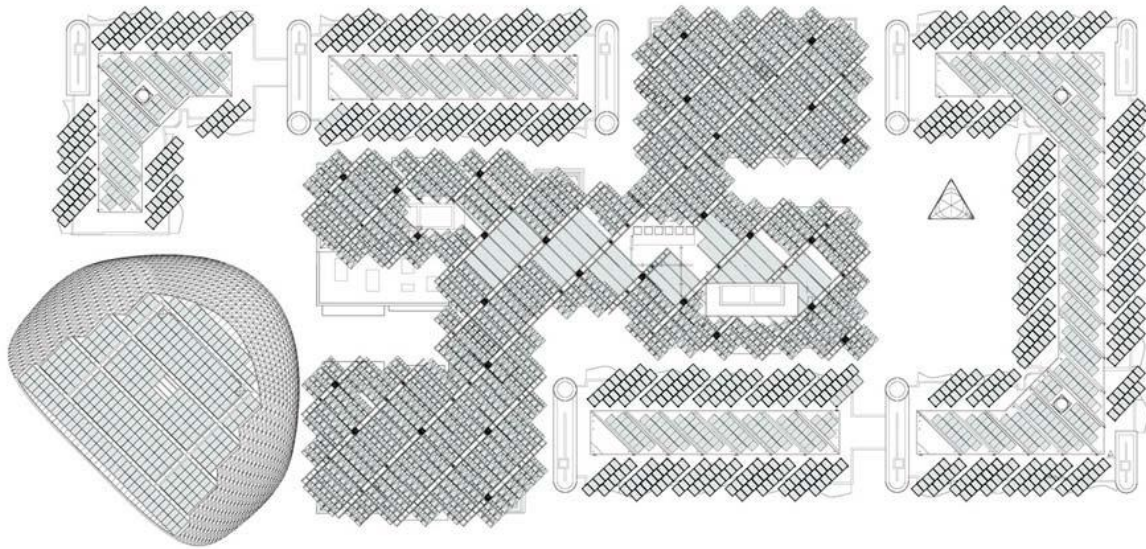


Fig. I.13 : Plan de toiture de Masdar institute



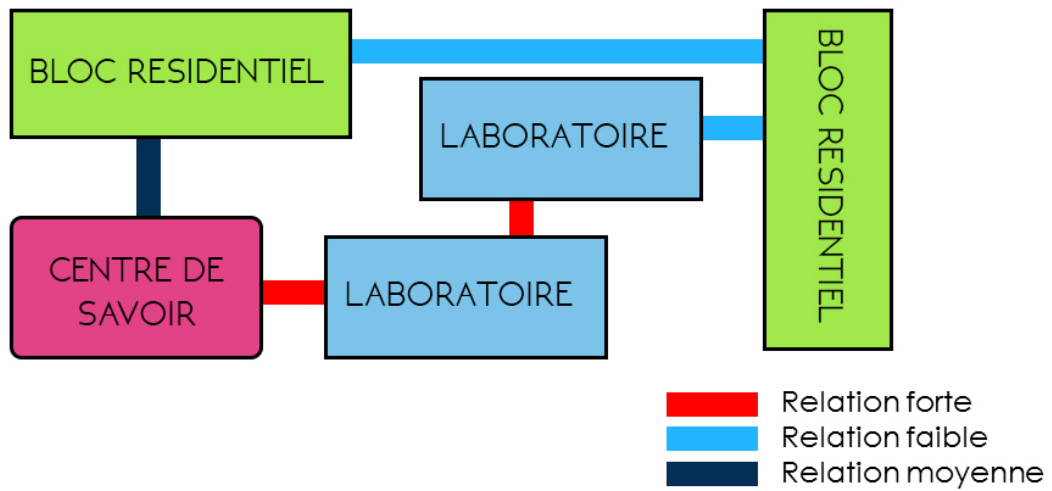
Fig. I.14 : Plan étage courant

- création de patios urbains afin d'assurer une bonne ventilation
- afin d'assurer une bonne fluidité Les escaliers sont positionnés de manière à accéder au bloc de n'importe quel point de la cour

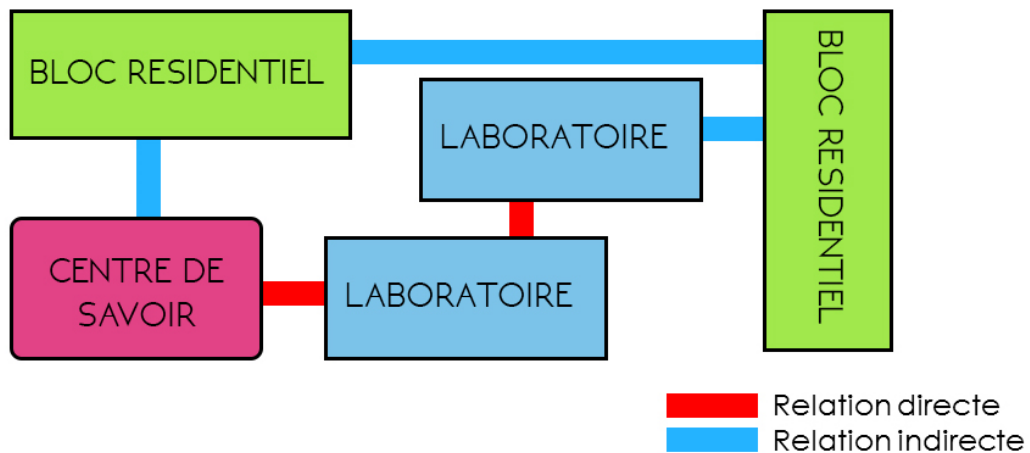
- les chambres sont positionnées en parallèle de manière linéaire afin d'assurer une bonne aération et la vue sur l'extérieur
- avec un couloir au milieu
- les laboratoires sont incrustés au centre afin d'assurer leur protection des rayons par les blocs résidentiels tout en préservant
- la compacité du bâtiment

-Les Organigrammes

-Organigramme fonctionnel :



-Organigramme Spatial :



-Système structurel :

La structure utilisée dans ce projet est une structure poteau-poutre en béton armé avec un plancher corps-croix



Fig I.15 : structure du projet

-Confort thermique:**-Façade des logements :**

Utilisation d'une façade de plusieurs couches permettant d'assurer un confort thermique à l'intérieur des logements

Façade en cuivre

Haute réflectance -Lumière pour la rue -Conductivité thermique élevée -Se refroidit rapidement

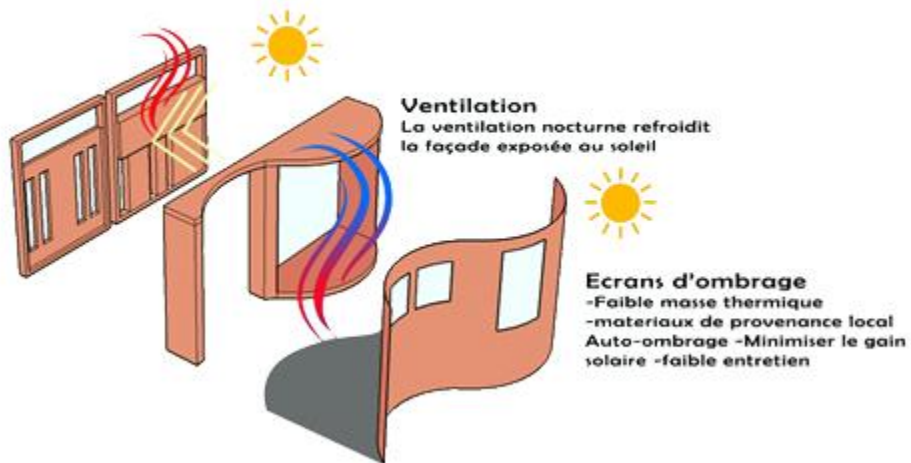


Fig I.16 : Détails de façade des logements

-Façade des laboratoires :

La façade se compose d'un film plastique derrière se trouve une couche d'air et enfin un miroir lorsque le soleil traverse les premières couches il est reflété par le miroir, la chaleur ne peut donc pas entrer dans le bâtiment, en passant par cette couche de plastique ponctuée de pastille le rayonnement est alors diffusé de manière à ce que la lumière parvienne jusqu'à la rue mais pas la chaleur

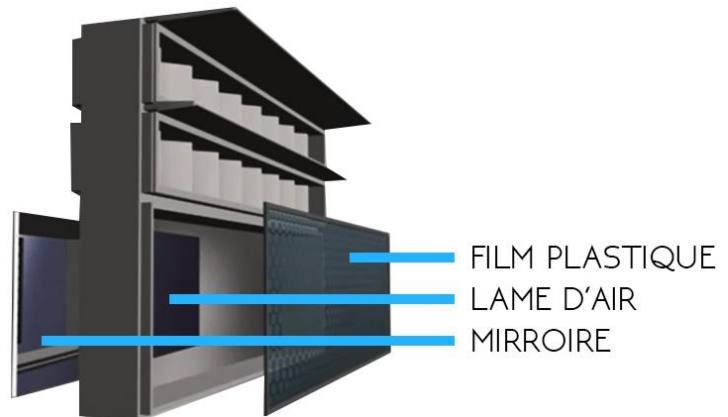


Fig I.17 : détail façade laboratoire

Source : Foster + Partners

-Utilisation d'une tour a vent

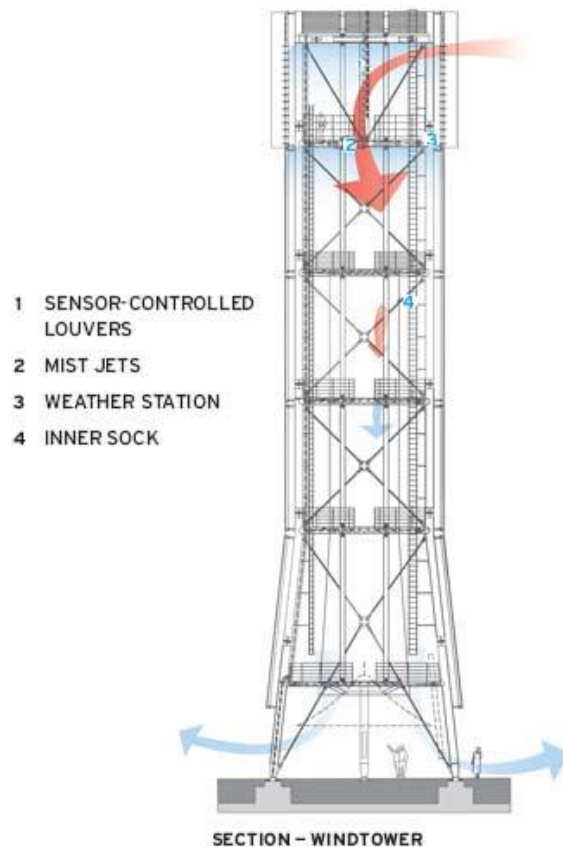


Fig. I.18 : détail de la tour a vent

Source :Foster + Partners

Inspirée de la tour a vent traditionnel la tour a vent de l'institut de Masdar est équipée d'une station météo au sommet qui indique d'où vient le vent, son humidité, sa chaleur et s'il est chargé de poussière, toute ses informations serviront à déterminer quel côté du triangle va ouvrir ses persiennes au sommet tandis que l'air est refroidit grâce un cercle de brumisateur

-Confort visuel :

- Pour éviter les rayons solaires directs on a essayé de limiter la quantité de vitres
- Le principe de base était de ne jamais avoir plus de 30 % de vitres sur une façade
- Les deux premiers rangs inférieurs permettent de recevoir la lumière quand les scientifiques sont assis en train de travailler et une ranger de plus qui permet de voir dehors quand ils sont debout
- Un ranger supérieur qui fournit de la lumière supplémentaire au niveau du plafond

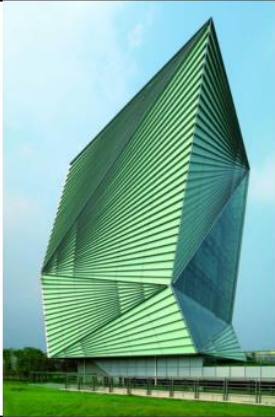


Fig. I.19 : façade laboratoire

Synthèse :

- L'utilisation de matériaux de provenance locale
- 70% des matériaux utilisés sont des matériaux recyclés
- Utilisation de patios pour l'éclairage et le rafraîchissement
- L'Architecte a profiter des vents dominants pour rafraîchir le projet à travers une tour à vent
- Les laboratoires sont positionnés au milieu du projet pour éviter les rayons solaires directs et profiter de l'effet d'ombrage généré par les blocs résidentiels
- La compacité
- La présence d'une fontaine qui coule sans fin utilisée pour le rafraîchissement sans que les eaux ne soient recyclées

I.6.2. Centre de recherche des énergies renouvelables



Fiche de présentation du projet :

Conception : Mario Cucinella Architects

Lieu du projet : Ningbo, Zhejiang, China

Date d'achèvement : 2008

Superficie : 1300 m²

- Implantation

Le projet est implanté dans un milieu naturel auprès d'un fleuve avec de deux grandes fermes d'éoliennes avec de grandes ouvertures côté sud pour capter les rayons solaires



Fig I.20 : implantation du projet

-La volumétrie :

Le volume est inspiré par des lanternes en papier et en forme d'éventail de la tradition chinoise
Le bâtiment est entièrement recouvert d'une double peau en verre avec des motifs sérigraphiés qui évoquent des bâtiments historiques dans la région et montre un aspect qui tourne du jour à la nuit.



Fig I.21 : volumétrie du projet

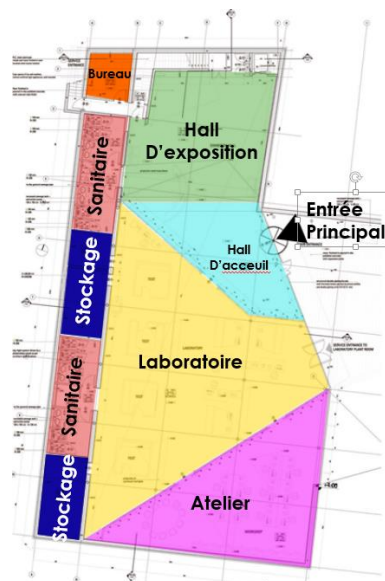
-Lecture des façades :

- La façade est en forme d'éventail inspiré des traditions chinoises
- Utilisation d'une double peau de verre avec des motifs sérigraphiés qui évoquent les bâtiments historiques dans la région
- Rapport plein/vide

50 % pour profiter au maximum de la lumière naturelle pour éclairer les laboratoires et minimiser le besoin en éclairage artificiel

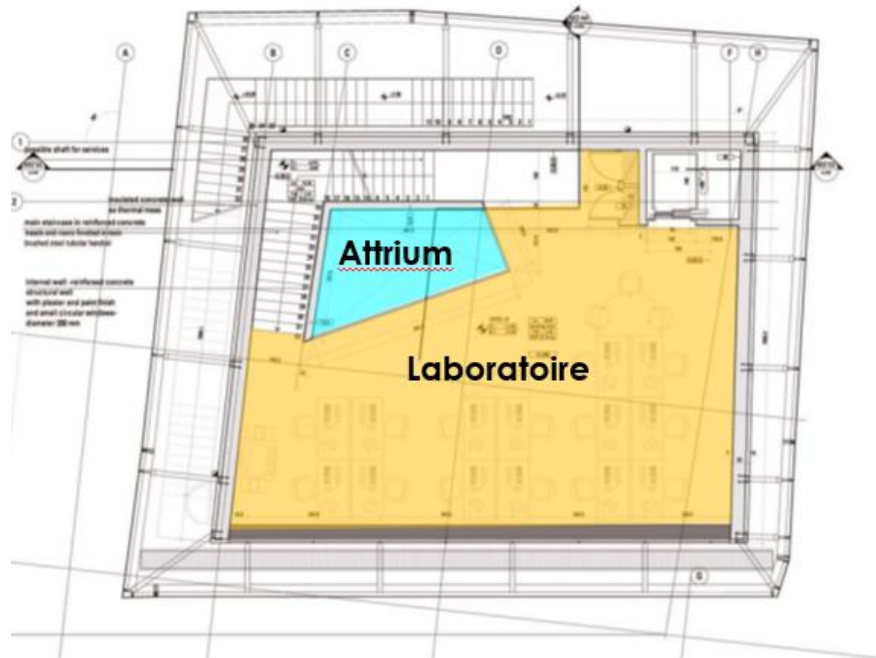


Fig I .22 : façade du projet

-Etude des plans :**Plan RDC :**

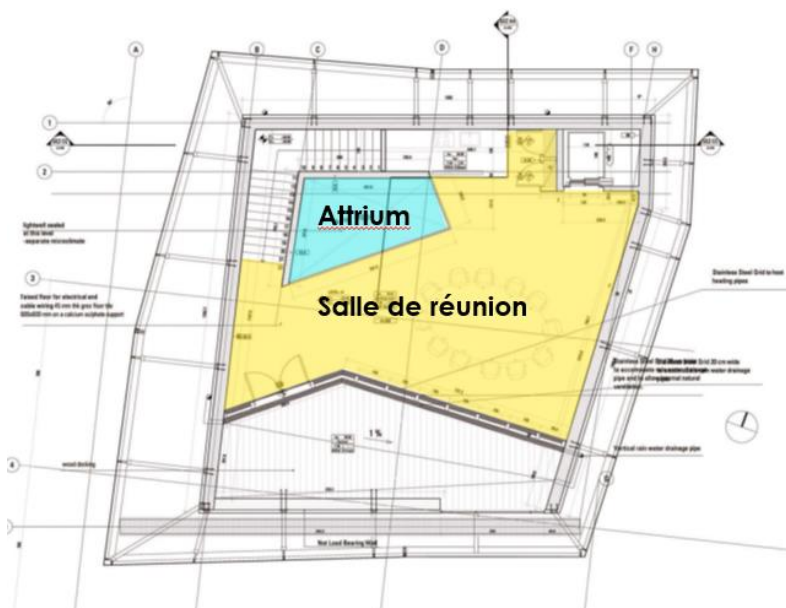
Le RCD est occupé par un grand hall d'accueil qui donne sur un laboratoire et un hall d'exposition tandis que les escaliers sont situés en périphérie

Plan 1^{er} et 2^{eme} Etage :



Pour le premier et deuxième étage sont occupé par des escaliers et un grand laboratoire dont leur éclairage est assuré par un grand atrium

Plan 3^{eme} étage :



pour le 3^{Eme} étage la même organisation que les deux niveaux précédents en remplaçant le laboratoire par une salle de réunion

Circulation Horizontal/Vertical :

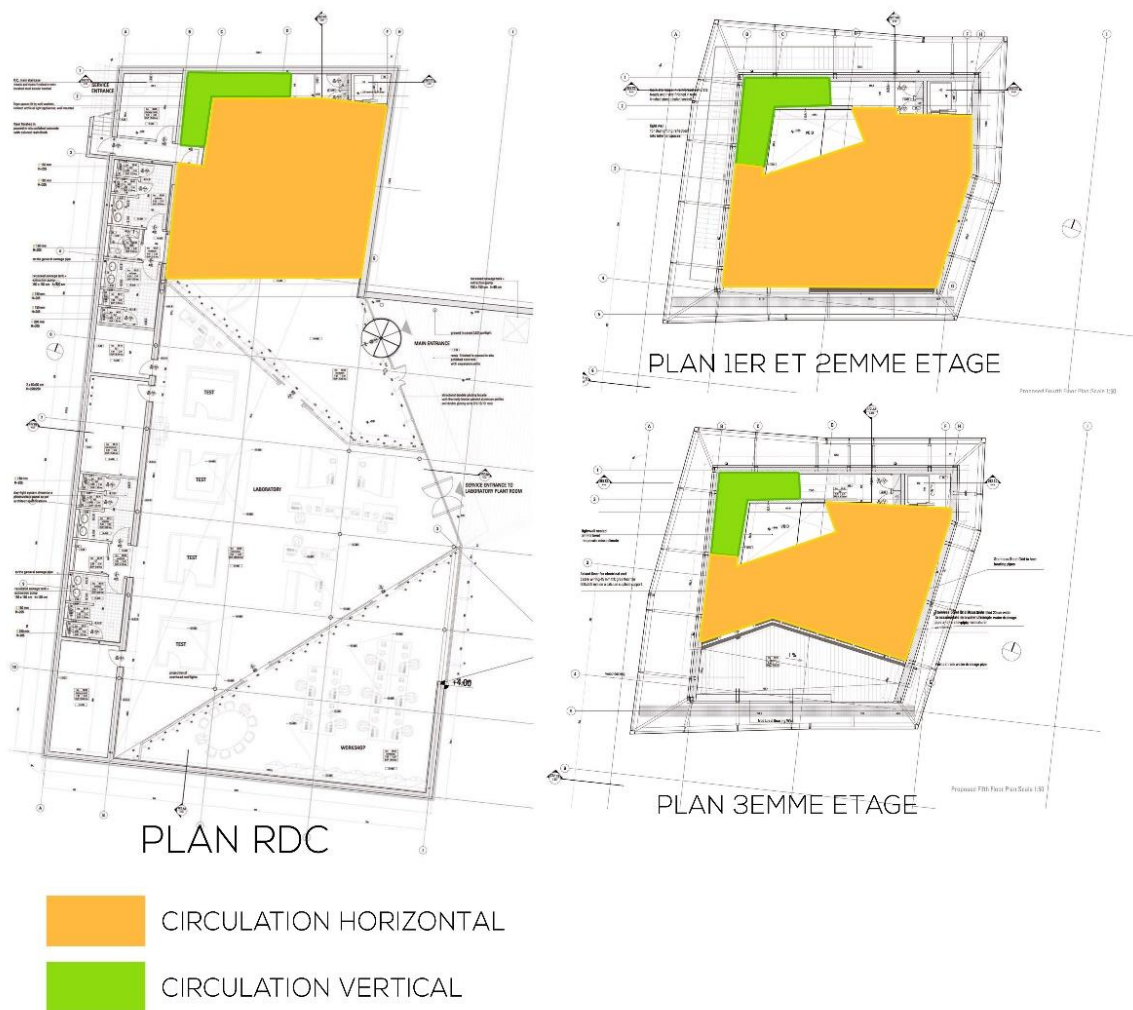
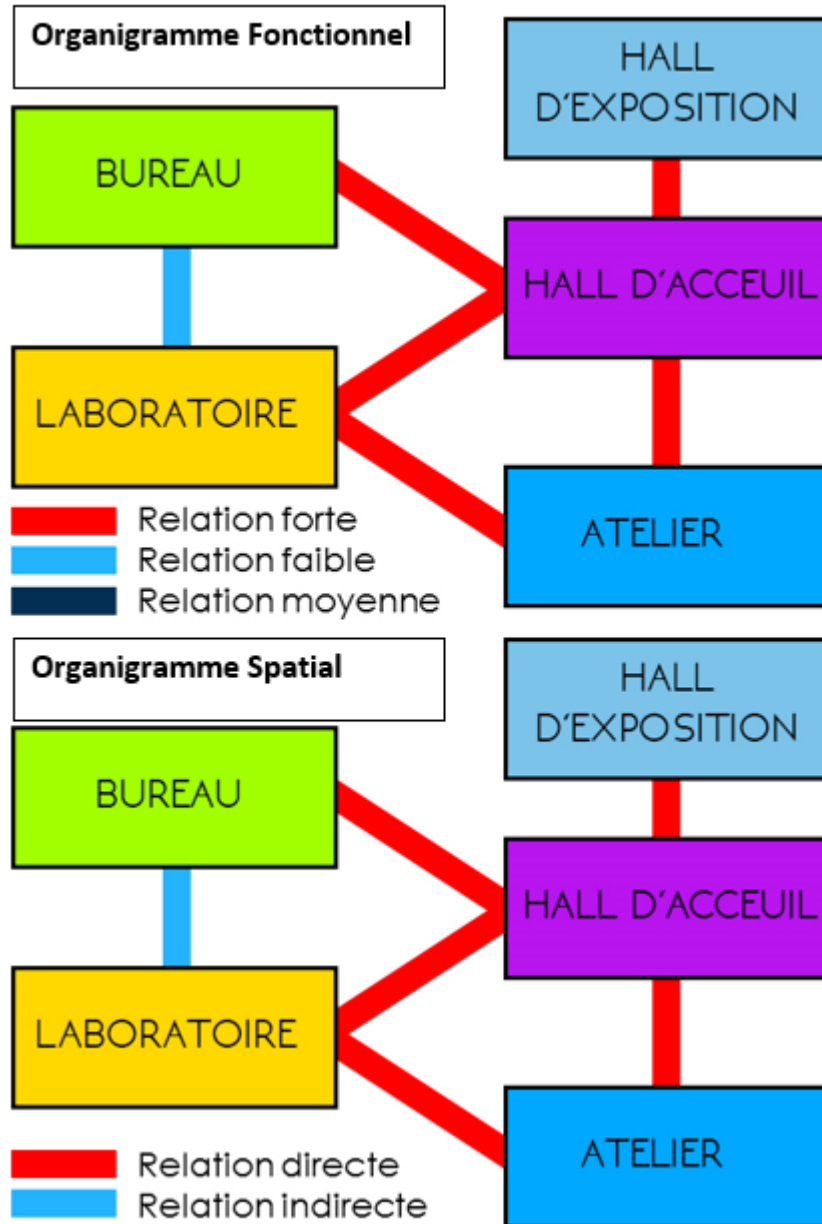


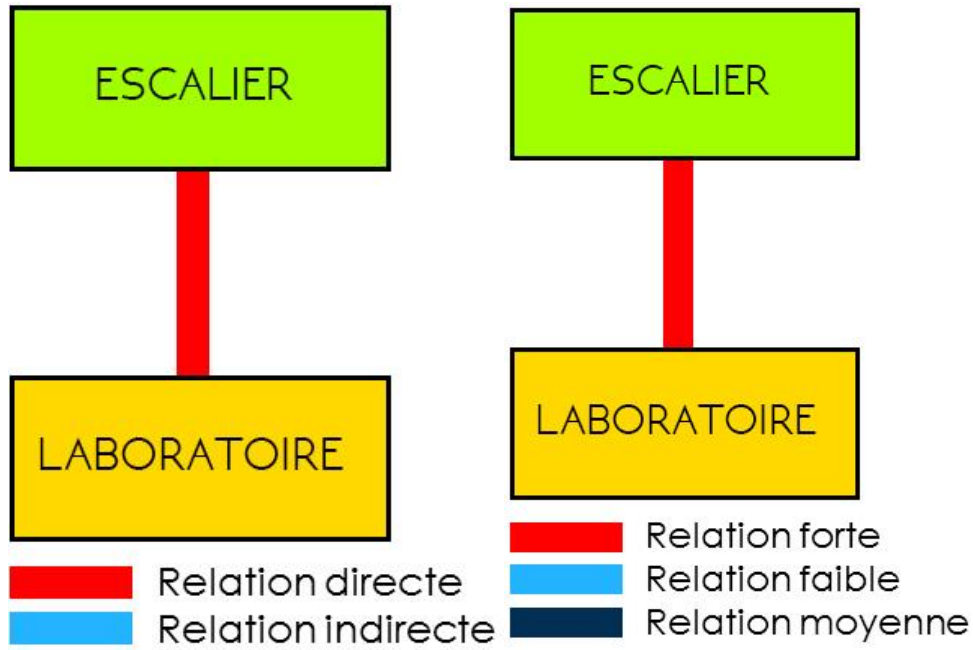
Fig I .23 : Circulation Horizontal/Vertical

- La circulation verticale est assurée par un escalier situé dans l’angle qui permet de connecter les différents niveaux du projet

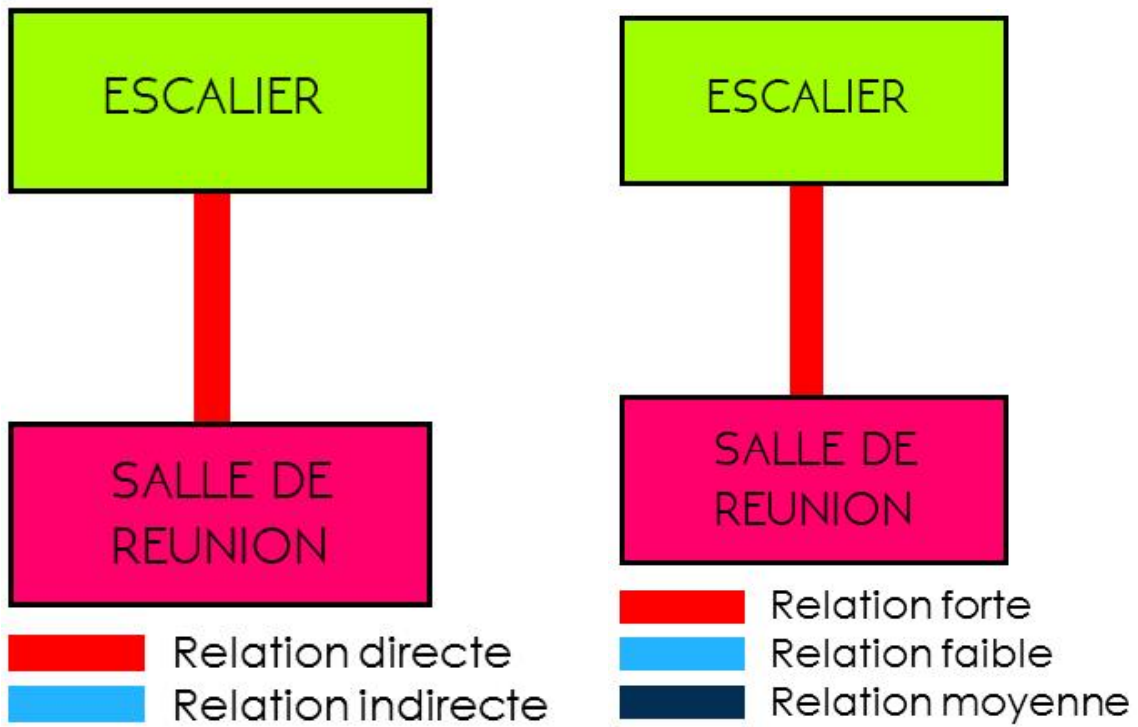
-Les Organigrammes :



Organigrammes RDC



Organigrammes 1^{er} et 2^{ème} étage



Organigrammes 3^{ème} étage

-Confort thermique

En été :

- Utilisation du puits canadien pour le rafraîchissement
- Utilisation d'une façade double peau pour préchauffer l'air emprisonné entre les parois afin d'éviter la notion de parois froides
- Les surfaces exposées de la façade ont une très forte inertie thermique
- Utilisation d'un système de ventilation actif qui permet de refroidir l'air pénétrant dans le bâtiment
- Utilisation des toitures végétalisée (Forte inertie thermique) permet d'éviter le surchauffage du sous-sol

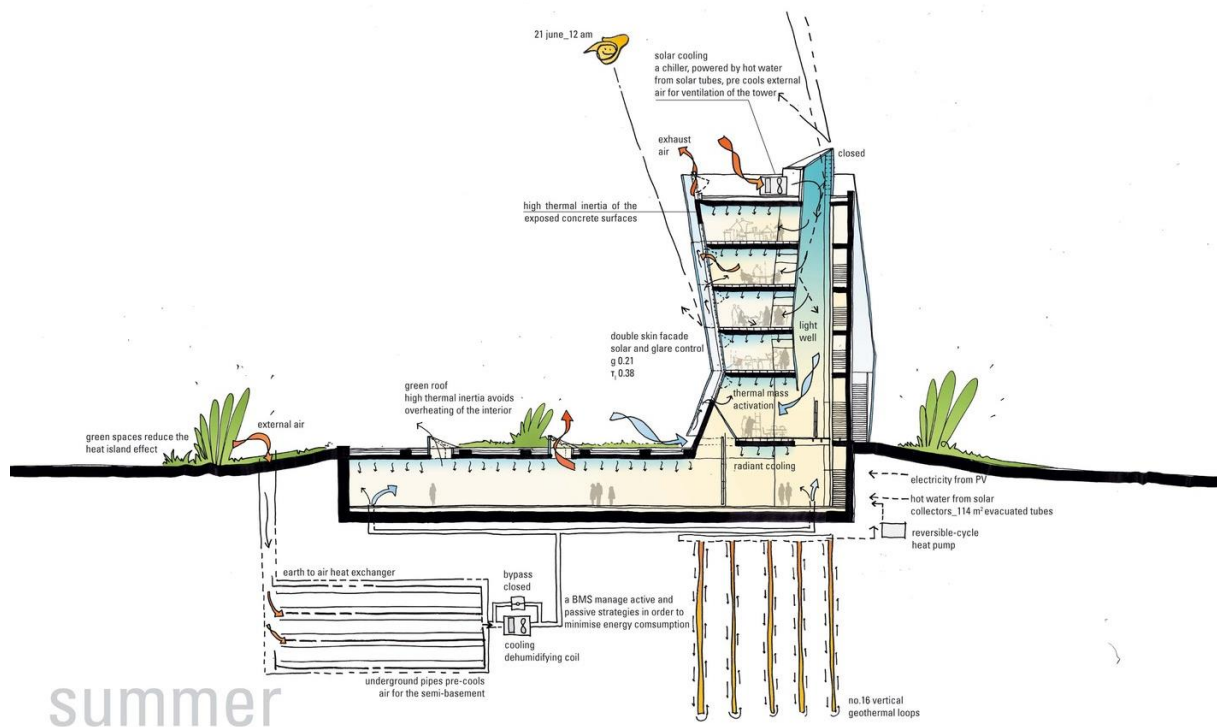


Fig I .24 : les différentes solutions durables pour le confort thermique en été

En Hiver :

- Utilisation de la géothermie et un puits canadien avec un échangeur thermique pour le chauffage
- La façade double peau permet de préchauffer l'air ventilée

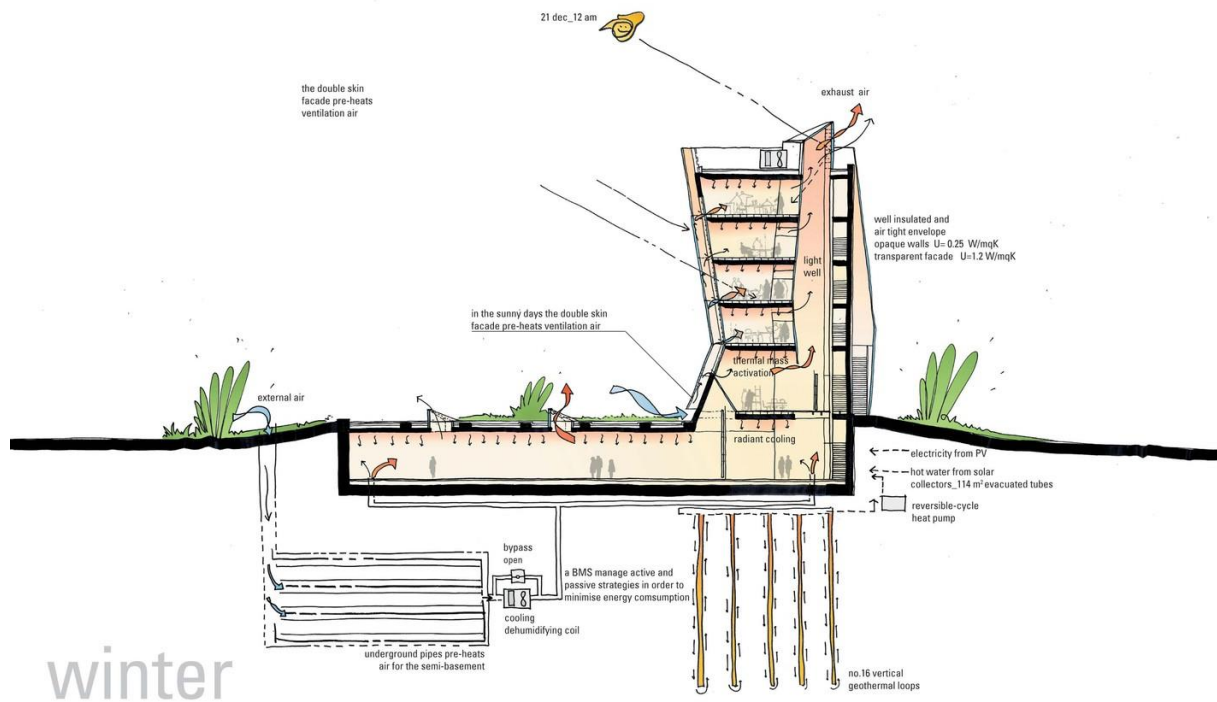


Fig I .25 : les différents solutions durable pour le confort thermique en hiver

-Confort visuel

- L'éclairage naturel est assuré par de grandes baies vitrées qui laissent pénétrer de grandes quantités de lumière
- La présence d'un atrium qui permet à la lumière d'atteindre tous les étages
- Le sous-sol est éclairé par la présence d'ouvertures de forme triangulaire



Fig I.26 : vue sur la façade

-Système structurel :

La structure de la tour est en béton qui fonctionne comme un noyau.

-L'enveloppe externe est faite d'acier et fixer a l'aide d'un système de fixation mécanique.

-Les barres d'acier sont forment une articulation entre structure métallique intérieure et la paroi en béton



Fig I.27: Système structurel du bâtiment

Synthèse :

- Le projet est orienter sud de manière a profité des rayons solaire pour l'éclairage
- Utilisation d'un atrium qui permet à la lumière naturel d'atteindre tous les niveaux
- Utilisation de la géothermie et le puits canadien pour le chauffage et rafraichissement
- Utilisation de matériaux de provenance locale

Afin d'approfondir nos connaissances en terme de durabilité nous avons essayé d'analyser d'autre exemples durables dans le but d'extraire les concepts et les techniques que leur concepteurs ont utilisés. Ces exemples seront inclut dans le tableau qui suit

II.1. Présentation de la ville de Ghardaïa

II.1.1. Situation géographique :

La Wilaya de Ghardaïa se situe au centre de la partie Nord de Sahara. Elle est issue du découpage administratif du territoire de 1984.

La Wilaya de Ghardaïa est limitée :

- Au Nord par la Wilaya de Laghouat (200 Km) ;
- Au Nord Est par la Wilaya de Djelfa (300 Km) ;
- A l'Est par la Wilaya de Ouargla (200 Km) ;
- Au Sud par la Wilaya de Tamanrasset (1.470 Km) ;
- Au Sud- Ouest par la Wilaya d'Adrar (400 Km) ;
- A l'Ouest par la Wilaya d'El-Bayadh (350 Km) .



Fig. II.1: Carte de la ville de Ghardaïa
Source : Google Maps

II.1.2. Situation astronomique :

- Latitude : 31° 4' 59 N
- Longitude : 3° 10' 0 E
- Altitude : 469 m

II.1.3. Les données Climatique :

Le climat local est caractérisé par un excès de chaleur en été, les écarts considérables de température et un taux d'humidité faible.

II.1.3.1. La Température

Les températures moyennes au mois de Janvier est de 10 °C, avec une amplitude journalière de 12 °C, au mois de Juillet la température moyenne est de 33°C avec une amplitude journalière de 17°C, cependant la température maximale enregistrée a Ghardaïa est de plus de 50°C et un minimum de 1°C enregistré en moyenne pour une période hivernale. Quelquefois, elles peuvent chuter jusqu'à 0°C, ce qui génère de la neige Il faut tenir compte également du fait que les moyennes de températures sont relevées à l'ombre .et celle-ci est rare au Sahara où la température au sol peut dépasser 60 °C .

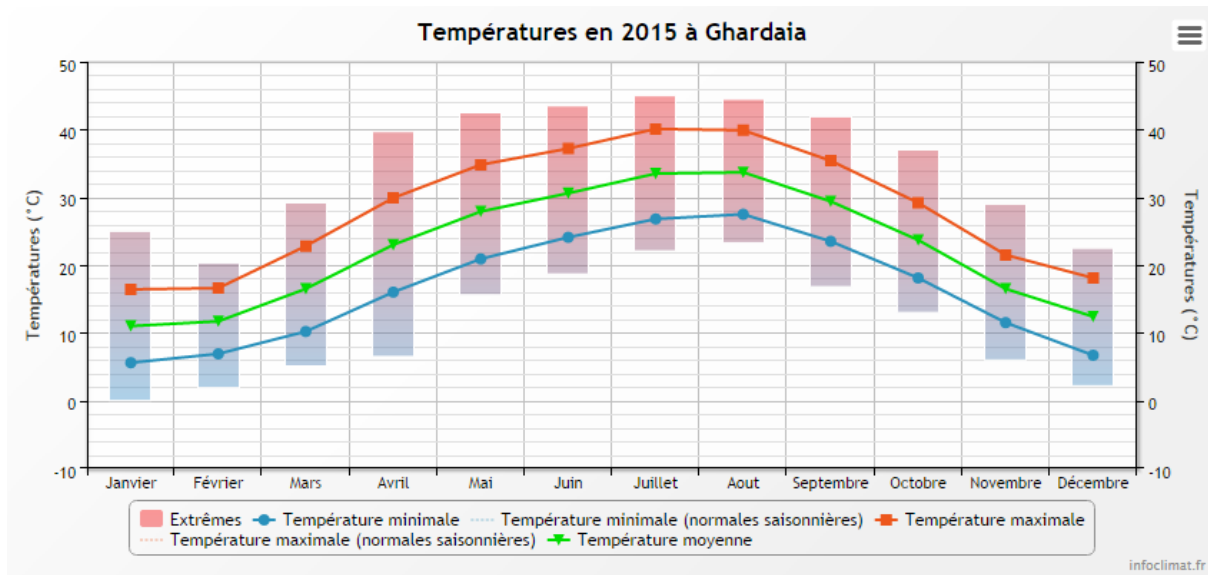


Fig. II.2: Diagramme de température de la ville de Ghardaïa en 2015
 Source : <http://www.infoclimat.fr/climatologie/annee/2015/ghardaia/valeurs/60566.html>

II.1.3.2.L'ensoleillement

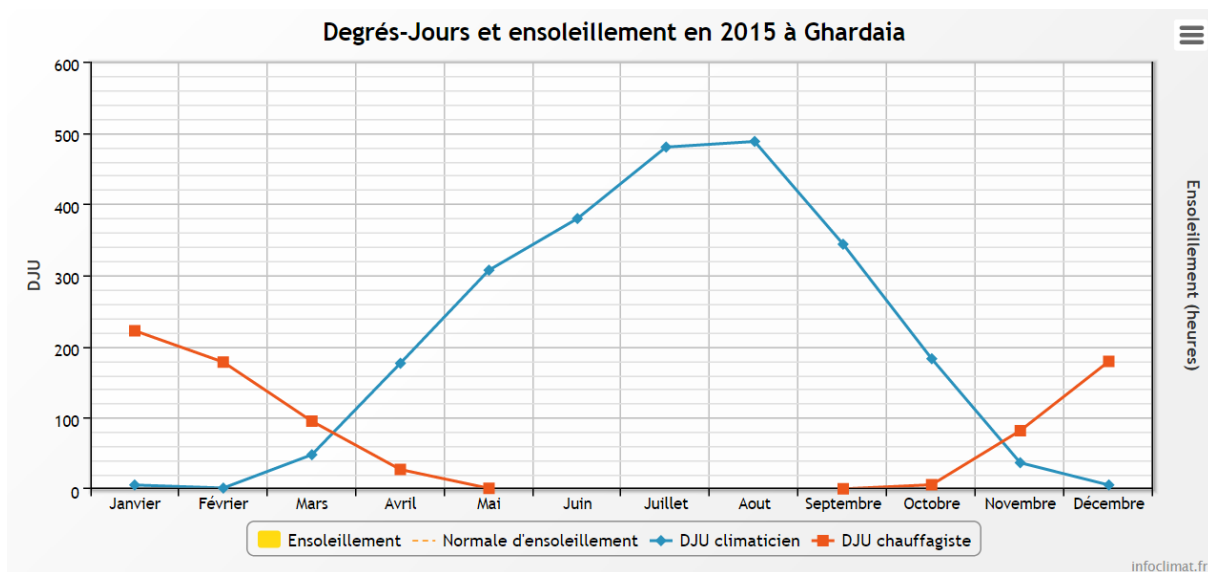


Fig. II.3: Degrés-jours et ensoleillement de la ville de Ghardaïa en 2015
 Source : <http://www.infoclimat.fr/climatologie/annee/2015/ghardaia/valeurs/60566.html>

En été: Les valeurs moyennes maximales enregistrées sont pour le mois de Juin, avec 329,46 heures et le mois de juillet avec 355,53 heures. Les variations sont brusques entre les mois de mars et avril avec une amplitude de 33,45 heures et entre le mois d'août et septembre avec 51,73 heures.

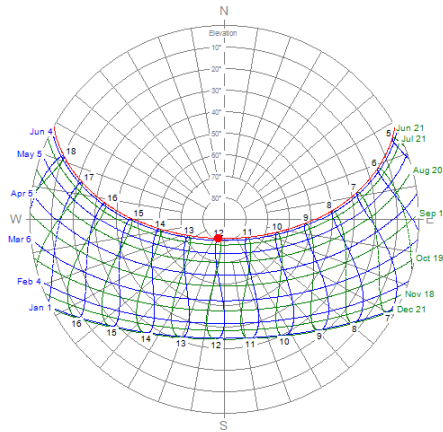
En hiver: Les valeurs moyennes minimales sont enregistrées pendant le mois de novembre avec 238,56 heures, le mois de décembre avec 243,68 heures et janvier avec 241,22 heures.

II.1.3.3. Diagrammes solaires

A l'aide du logiciel SOLARBEAM on a pu tracer les digrammes solaires de la ville de Ghardaïa pour le 21 juin, 21mars et 21decembre.

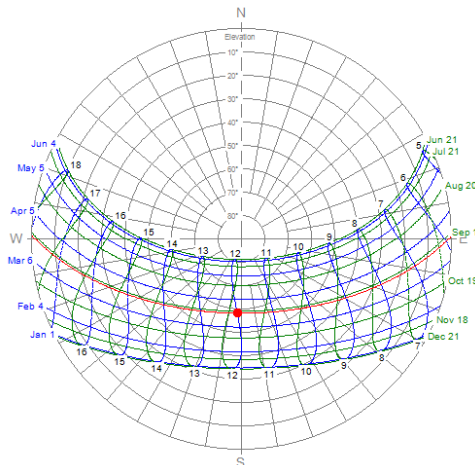
21 Juin

1. Azimut : 198,24°
2. Latitude : 80,52°
3. Lever : 04:38
4. Coucher : 18:55



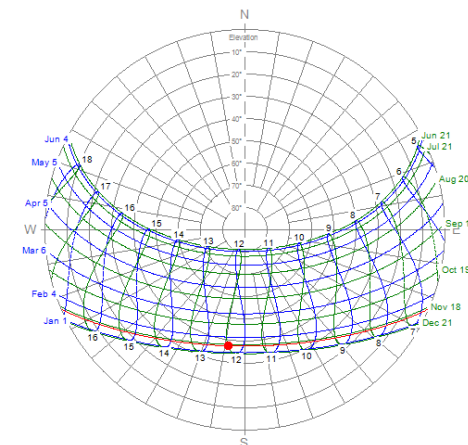
21 Mars

5. Azimut : 183,60°
6. Latitude : 57,90°
7. Lever : 05:47
8. Coucher : 17:57



21 Décembre

9. Azimut : 188,49°
10. Latitude : 37,08°
11. Lever : 06:20
12. Coucher : 16:41



II.1.3.4. Précipitations

Le taux de précipitation augmente en mois de février, aout et septembre en revanche de mars jusqu'à juillet et le mois de décembre sont rares presque nulles

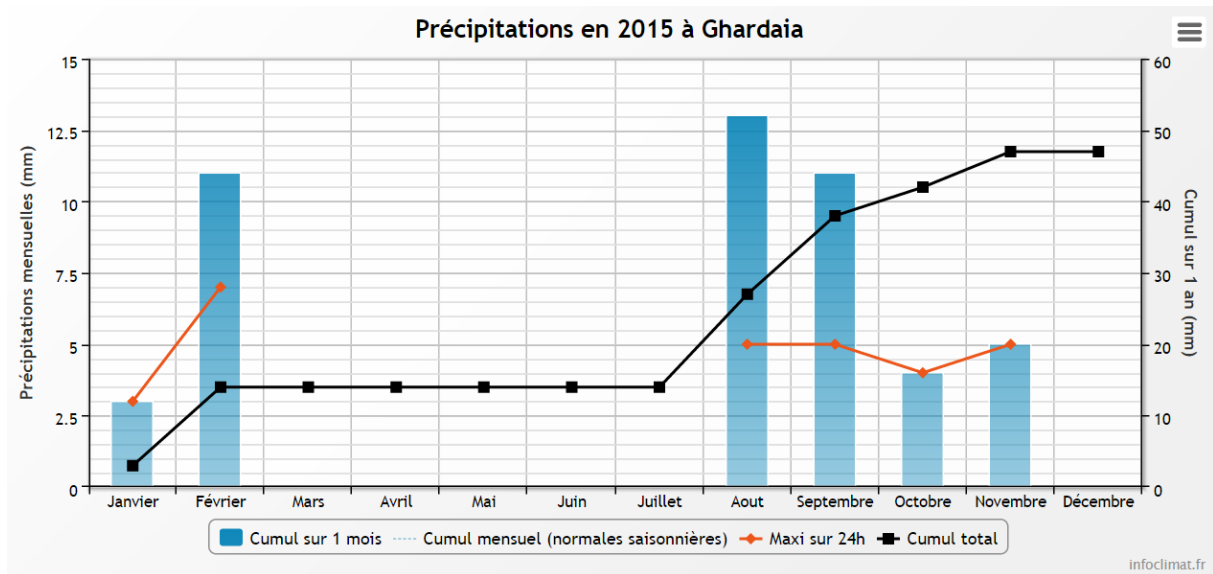


Fig. II.4: Courbe de précipitation annuelle (2015)

Source : <http://www.infoclimat.fr/climatologie/annee/2015/ghardaia/valeurs/60566.html>

II.1.3.5. Les vents

- Les vents d'hiver soufflent du Nord-Ouest et sont froids et relativement humides.
- Les vents d'été soufflent du Nord-Est et sont secs et chauds.
- Les vents de sable soufflent du Sud-Est, environ 20 jours par an surtout en Mars, Avril et Mai.

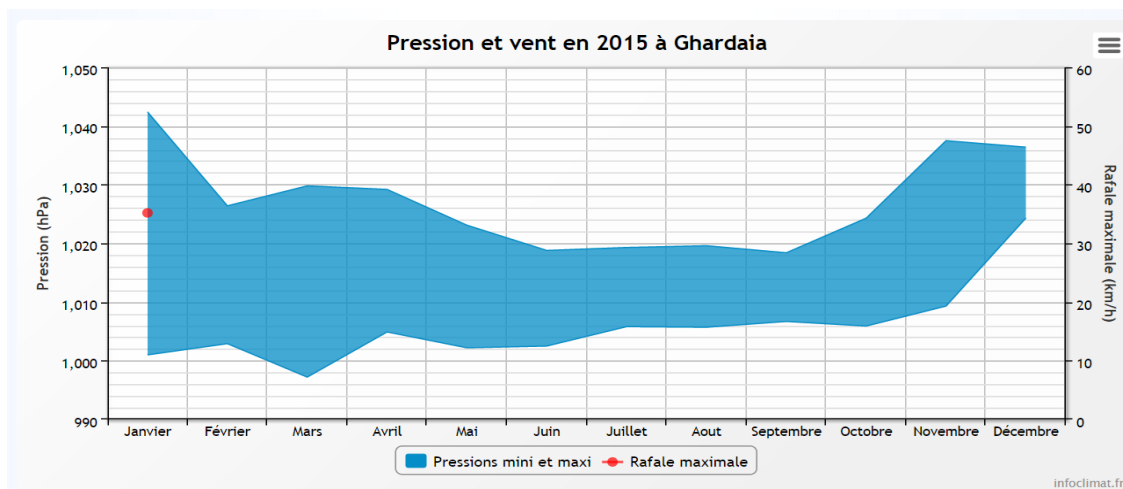


Fig. II.5 : Courbe de pression de vent (2015)

Source : <http://www.infoclimat.fr/climatologie/annee/2015/ghardaia/valeurs/60566.html>

II.2. Motivations du choix du site :

- La présence d'un centre de recherche des énergies renouvelables
- Sa proximité de l'université de Ghardaïa
- Sa proximité de l'aéroport de Ghardaïa
- Sa proximité de la route nationale 01

II.3. Analyse du site

Notre intervention dans la zone sud est de la ville de Ghardaïa sera par la projection d'un centre de recherches agricoles durable dans les zones arides

Et pour cela, il faut faire lecture analytique pour une action de reconnaissance du site :

II.3.1. Situation du site par rapport à la ville :

La zone étudiée se situe au sud-est de la ville de Ghardaïa



Fig. II.6: Localisation de la zone d'étude par vue aérienne
Source : Google Earth

II.3.2. Situation par rapport au voisinage :

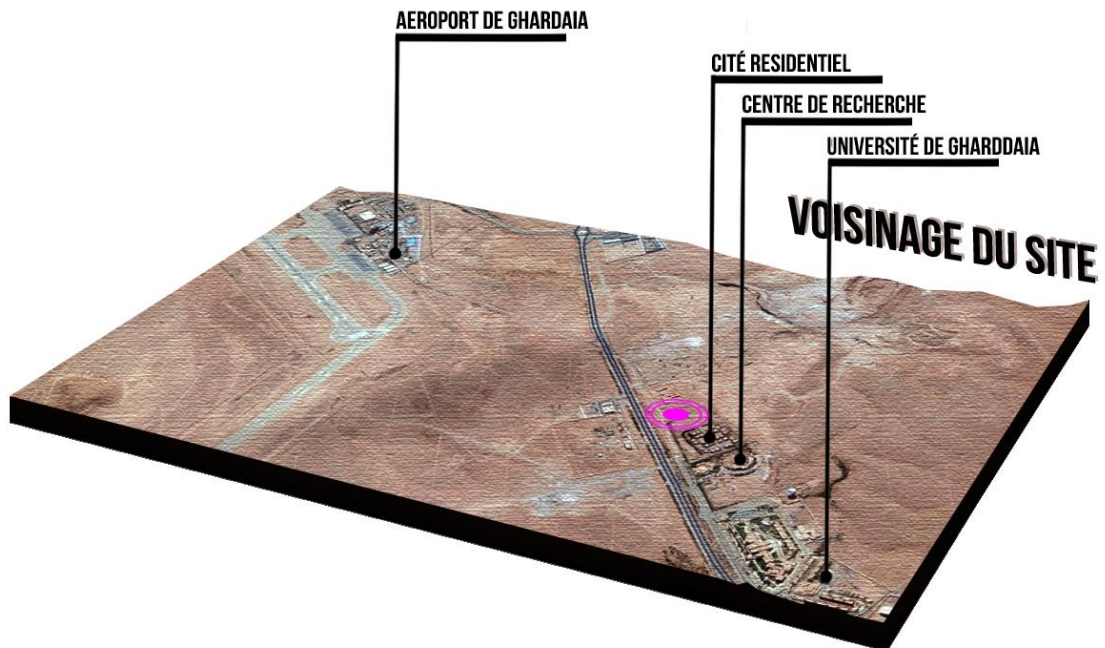


Fig II.7 : Voisinage du site

II.3.3. Morphologie du terrain :

Notre site d'intervention est relativement plat

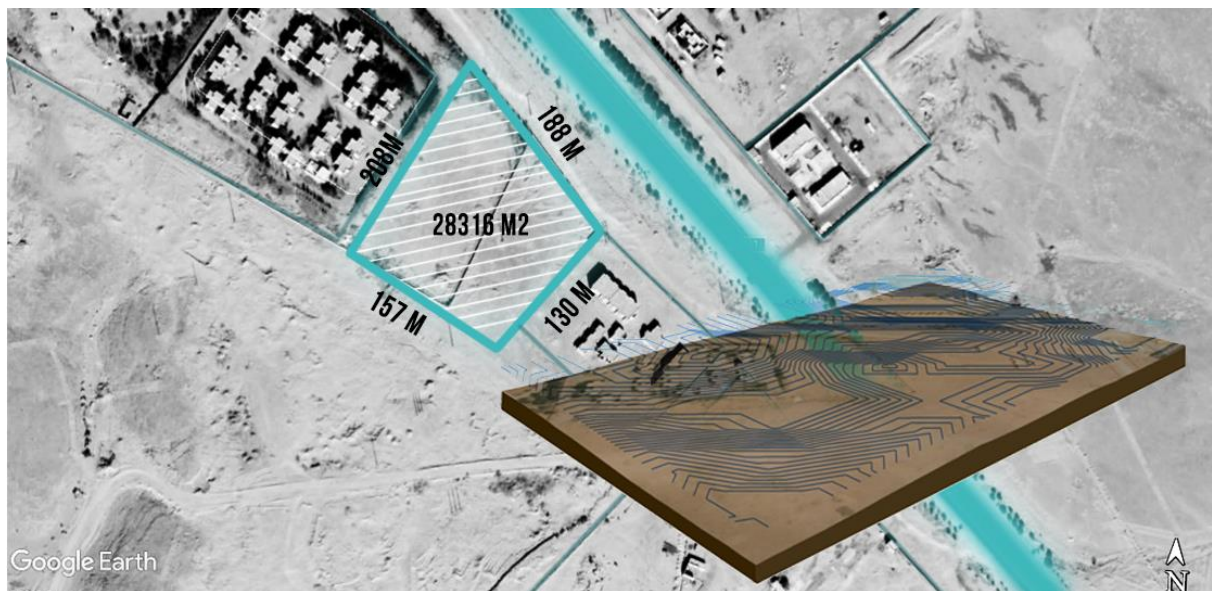
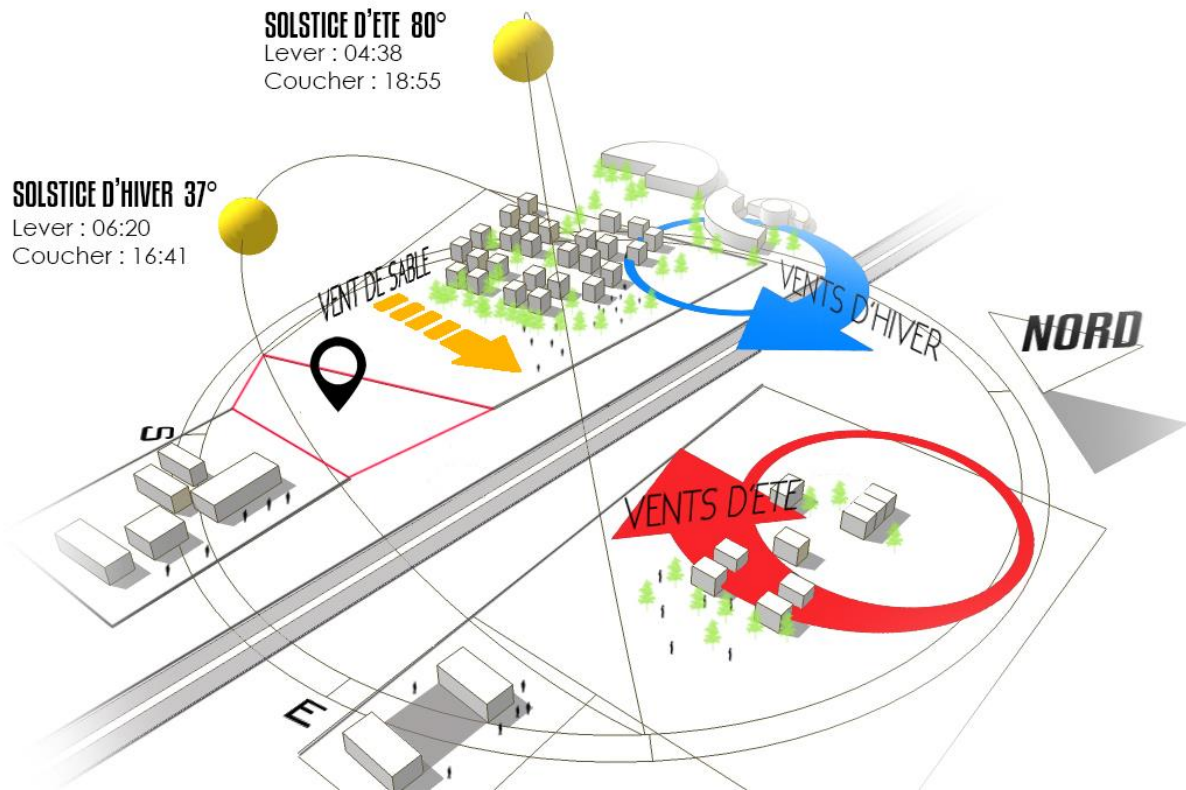


Fig II.8 : La topographie du terrain
Source : Google Earth

II.3.4. Données climatiques :



II.3.5. Le bruit :

Les bruits proviennent des véhicules qui circulent sur la N01 et les avions qui atterrissent à l'aéroport « Moufdi Zakaria »

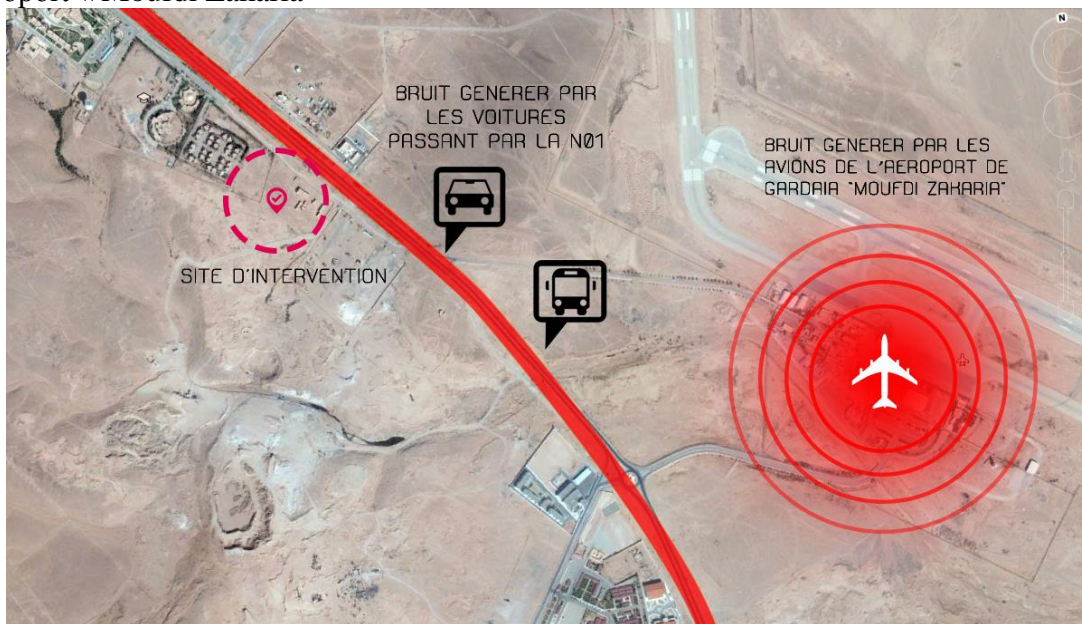


Fig. II.9: Les sources de bruit par vue aérienne
Source : Google Earth

II.3.6.Mobilité :

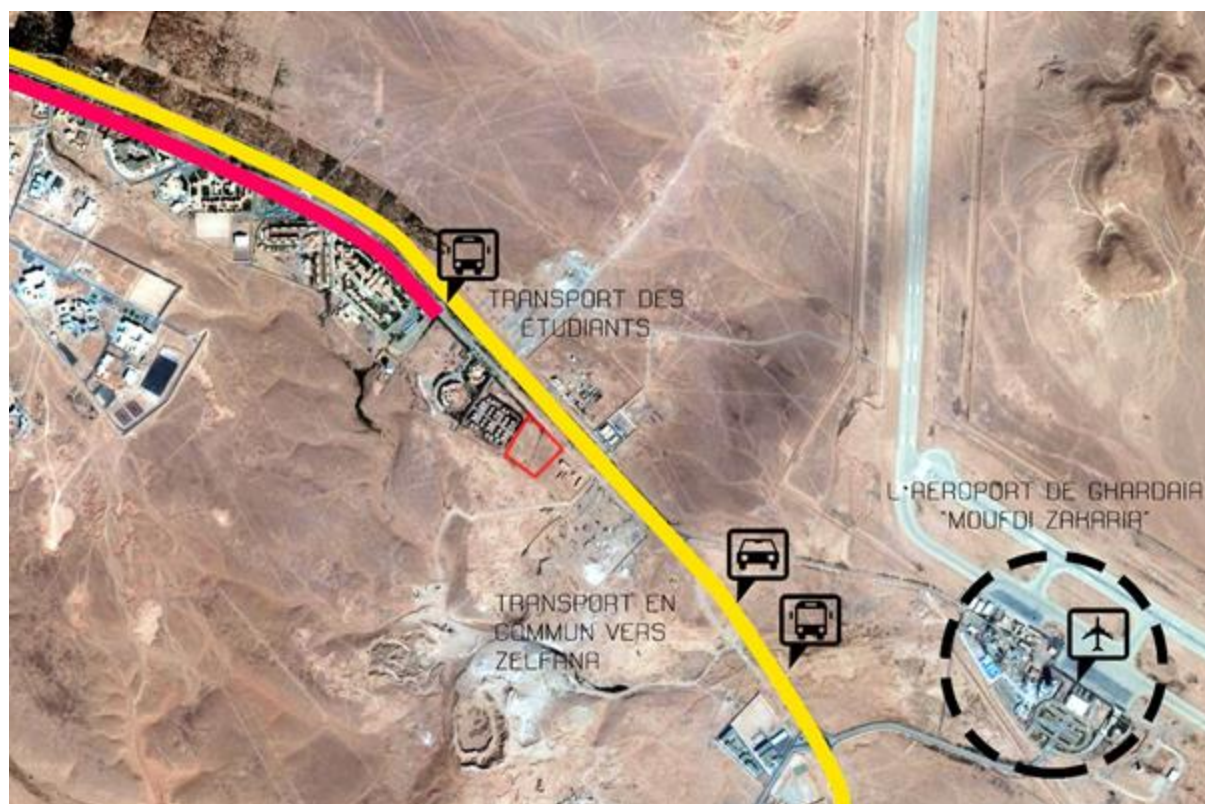


Fig. II.10: Vue aérienne qui indique la mobilité
Source : Google Earth

Synthèse :

- Accessibilité facilité par la RN01
- La proximité de l'université de Ghardaïa
- Proximité de l'aéroport de Ghardaïa
- Existence de transport en commun
- Situation dans une zone moins polluée
- Le site bénéficie d'une bonne fenêtre solaire

Conclusion :

Cette démarche analytique nous permettra, concrètement, de dégager les potentialités du site afin de les traduire ultérieurement dans notre projet qui tentera L'insertion à l'échelle de la zone et dans son environnement immédiat.

La programmation consiste à décrire les objectifs et le rôle de l'équipement, elle est nécessaire pour la conception d'un projet en intégrant des missions et des fonctions et les interpréter en espaces

III.1 Objectif du programme :

Les objectifs du programme s'articulent autour de la vocation du projet ; cela se traduit par :

- L'offre d'un « éventail » d'espaces diversifié et évolutif qui octroiera, au projet, un caractère attractif.
- L'élaboration d'un programme caractérisé par la souplesse des rapports entre les espaces qu'il identifie.
- La participation à la lisibilité fonctionnelle du projet.
- L'harmonisation des fonctions et des proportions surfaciques et spatiales entre les différents secteurs de l'équipement.
- Pour les différents travaux de recherche il est impératif de lui fournir un lieu adéquat comportant toutes les commodités qui s'y prêtent à leur recherche.

III.2 Analyse du programme :

Les facteurs influents sur la programmation :

A cause de l'inexistence d'un programme officiel et des normes et des règlements pour les centres de recherche Algérien, dans notre projet on se base sur les points suivants :

- Les programmes officiels des équipements qui sont similaires à notre projet par exemple : centre international de recherche agricole dans les zones arides (ICARDA)
- la consultation des programmes des exemples livresques et existants.

III.4. Programme quantitatif :

Secteurs	Nombre	Surface unitaire (m ²)
DEPARTEMENT D'ADMINISTRATION		
Hall d'accueil et d'information + Salle d'attente	01	100
Bureau du directeur	01	33
Bureau de secrétaire	01	18
Bureau de comptabilité	01	18
bureau	18	18
Salle de réunion	01	51
Bureau d'ingénieur de laboratoire	01	19
Bureau d'hygiène et de sécurité	02	25
Salle d'archive	01	30
Sanitaire femme	01	06.50
Sanitaire homme	01	06.50
Surface totale		537
DEPARTEMENT DE RECHERCHE		
Laboratoire de Recherche sur la production d'animaux	01	80
Laboratoire de Recherche sur la gestion des sols et des eaux	01	80
Laboratoire de Recherche en génétique végétale	01	80
Laboratoire de recherche sur les Systèmes de pâturage	01	80
Laboratoire des systèmes agricoles durables	01	80
Laboratoire d'amélioration génétique des fruits et légumes	01	80
Laboratoire des maladies parasitaires + animales	01	80
Laboratoire de pathologie végétale moléculaire	01	80
Laboratoire de recherche sur le drainage du sol	01	80

Laboratoire de systèmes de culture et recherche sur la qualité de l'eau	01	80
Laboratoire de recherche sur les ressources génétique des plantes	01	80
Laboratoire Production, amélioration et protection innovatrices des fruits	01	80
Bureau du chercheur	12	18
Bureau pour invites	4	19
Salle d'archive	01	50
Salle de réunion	02	48
Salle de documentation	01	50
Stockage	02	30
Stockage froid	02	24
Stockage produits chimiques	01	28
Chambre froide	02	50
Foyer de chercheurs	01	48
Le vestiaire homme	02	20
Le vestiaire femme	02	20
Douche homme	02	20
Douche femme	02	20
Sanitaire homme	02	06.50
Sanitaire femme	02	06.50
Surface totale		1761

ANNEXE

Salle de conférence (200 place)	01	435
Bibliothèque	01	210
Salle d'internet	01	110
Salle d'exposition	01	1600
Sanitaire homme	05	6.5
Sanitaire femme	05	6.5
Local hygiène	02	25
Bureau hygiène	01	22
Foyer	01	105
Bâche à eau	01	12
Surface totale		2584

Surface totale du projet 4885

La surface totale du projet avec la circulation (la circulation = 25%) de la surface totale de projet


**LA SURFACE TOTALE:
4885 x 125%= 6106.25m²**

Les espaces extérieures

La serre	01	2539
Surface cultivable	01	12857
Patio	01	475
Le parking	03	870
Loge de sécurité	01	12
Abri groupe électrogène	01	12
Abri groupe compresseur /suppresseur.	01	12
Surface totale		18018

**LA SURFACE TOTALE:
24124.25 m²**



III.4 Programme qualitatif :




Espace	Exigences
<p>Hall de réception et d'exposition</p> 	<p>C'est un espace de jonction (entre public et privé), conçu pour renseigner les visiteurs, les informer et les diriger.</p> <ul style="list-style-type: none"> • L'accès au hall d'accueil se situe de préférence à l'opposé de la direction des vents dominants et permettant le passage des rayons solaires pour l'éclairage naturel. • Mettre un sas d'accès au hall d'entrée afin de limiter les déperditions de chaleur ou de fraîcheur et de diminuer les nuisances sonores à chaque ouverture de porte. • Assurer l'intensité lumineuse nécessaire (de 750 lux a 1000 lux) afin de faciliter la transition entre l'éclairage extérieur et intérieur. • Utilisation du mobilier adéquat (les dimensions des chaises et le comptoir se correspondent) • Détecteurs de fumées, extincteurs et armoire d'anti-incendie.





Salle de conférence



- Un espace de contact entre le public et les chercheurs, elle abritera des activités telles que la diffusion de documentaires projections et séminaires
- Elle situe dans un endroit loin à laboratoire avec un accès spécial.
- prévoir un isolement thermique et acoustique:
 - au niveau des murs par des murs en brique par un lame d'aire ou par un mur en paille, et revêtement des murs intérieurs par des bois pour améliorer la qualité acoustique.
 - au niveau de plafond par un faux plafond général.
- La pente sera de l'ordre de 8° à 10° cela correspond à une surélévation de 12cm entre deux rangées de sièges successives.
- L'angle de vision devra être (dans les conditions optimales) de : 110° depuis le 1er rang, 60° depuis la rangée médiane 30° depuis le dernier rang.
- Couloirs de circulation et sièges rabattables pour permettre la circulation du public.
- Eclairage ponctuelle directe avec spots (noyers dans le faux plafond), afin d'éclairer la salle durant les entractes et aussi durant les conférences
- un éclairage de sécurité pendant les représentations
- couloirs de circulation larges pour une évacuation rapide et efficace
- Chaque personne occupe une surface de 0.5m².
- La surface de la scène est presque le 1/6 de la surface des gradins.
- Une salle de conférence N'exige pas forcément une lumière naturelle.
- Niveau d'éclairage c'est 500 lux.

<p>Laboratoires</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • prévoir un isolement thermique par des murs en brique avec une lame d'air et les ouvertures un double vitrage (Le vitrage des baies participe au dispositif de protection solaire, et limite les apports calorifiques (vitrage à faible émissivité)). • L'éclairage artificiel des laboratoires est assuré par des appareils de type fluorescent, très basse luminance et haut rendement pour éviter les zones d'ombres au sol et murs pour nettoyage efficace du local. • Le niveau d'éclairage dans les zones de travail (paillasse) 500 lux. • La commande de l'éclairage est placée à l'extérieur du laboratoire. • La porte d'accès au laboratoire s'ouvre obligatoirement vers l'extérieur. Elle est équipée d'un oculus permettant la vision de l'ensemble du laboratoire. Sa résistance au feu, ainsi que celui de l'oculus, est de coupe-feu 1 heure. • Norme pour un paillasse normale 120 cm de largeur pour les expériences, avec un 85 cm de hauteur. • Couleur claire pour les murs pour l'efficacité du nettoyage des zones dans les moindres recoins. • Traiter le sol par en carrelage avec plinthe à gorge (résistant aux produits chimiques) et pour le mur par des peinture sur support brut. • Utilisation des hottes pour évacuer les gaz des produits et les odeurs.
<p>Laboratoire de Biotechnologies Végétales</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Faible éclairage (favorise l'éclairage artificiel) Parce qu'il y a des plantes et des produits qui demandent un faible éclairage et des espaces sombres afin de réussir les expériences (espace noir pour un appareil (spectrophotomètre RAMAN) qui ne nécessite pas la lumière). • Une température bien précise entre 19° et 21 °. • Le revêtement des murs par un couleur claire et pour le sol avec un sol de carrelage lisse pour facilite le nettoyage.
<p>Laboratoire Commun de Microbiologie</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Fort éclairage naturel par une grande baie vitrée. • Une température ambiante de travail entre 18°C et 22°C. • Le revêtement des murs par un couleur claire et pour le sol avec un sol de carrelage lisse pour facilite le nettoyage et augmenter le niveau d'éclairage.
<p>Stockage</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Il doit être situé à proximité des laboratoires (relation forte) • prévoir un isolement thermique par des murs en brique avec une lame d'air et les ouvertures avec double vitrage. • Renouvellement d'air 2 fois par heure avec l'intégration de système de traitement d'air à la poussière.

<p style="text-align: center;">Salle de documentation</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • un aménagement adéquate lui permettra un travail en groupe ou individuel. • éclairage spécifique naturel (par de grande baie vitrée pour faciliter la lecture. • L'orientation des espaces de lecture du côté Nord est souhaitable. • La surface nécessaire pour une Personne est : • $1.70 \times 2.20 = 3.74 \text{m}^2$, donc le nombre de Person en la salle de lecteur $300/3.74 = 80$ Personnes. • La température d'ambiance 22°c en été, 20°c en hiver et l'humidité atmosphérique relative de 50-60%. • Renouvellement d'air 6 ou 7 fois par heure.
<p style="text-align: center;">Rayonnage</p> 	<p style="text-align: center;">la place de livre</p> <ul style="list-style-type: none"> • Il situé à proximité de la salle de documentation (relation forte). • La température d'ambiance 22°c en été, 20°c en hiver et l'humidité entre 20 à 30% • L'étagère constitue par 5 ou 6 niveau ($h=1.80 \text{ m}$) • Espacement ente l'étagère 1.30 m - 2.50 m • La surface de chaque étagère égale à 0.3m^2 • Une étagère : $1.90 \times 1.00 = 1.90 \text{m}^2$ pour 210 livres
<p style="text-align: center;">Bureaux</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Le niveau d'éclairement 500 lux mais pour les bureaux avec poste de travail à proximité de fenêtre 300 lux. • La ventilation doit être individualisée, réglable et naturelle dans chaque bureau. • La bonne aération du bureau par la ventilation naturelle. • Surface nécessaire y compris les appareils et leur surface de manipulation : <ul style="list-style-type: none"> ➢ Employé seul entre 6.00 m^2 - 9.00 m^2. ➢ Employé dans un bureau collectif 5.00 m^2. • Volume d'air : <ul style="list-style-type: none"> ➢ Pour activité essentiellement assise, pour une au moins 12 m^3. ➢ Pour activité essentiellement non assise, au moins 15 m^3. • Hauteur libre pour un surface de bureau de : <ul style="list-style-type: none"> ➢ Jusqu'à 50 m^2 2.50 m / au-delà de 50 m^2 2.75 / au-delà de 100 m^2 3.00 m / au-delà de 250 m^2 3.25 m • Profondeur de bureau jusqu'à 4.50 m pour éclairage naturel suffisant. • Une bonne isolation thermique et acoustique par des murs en brique avec une lame d'air et aussi par utilisation d'isolant comme le polystyrène expansé.

<p>Salle de réunion</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Doit être à proximité du bureau du directeur. • Le système d'éclairage est impérativement à prendre en compte pour favoriser la concentration et une bonne visibilité dans toutes les situations. Un éclairage général direct avec une lumière proche de la lumière naturelle est recommandé. Pour cela le nouveau système de lampes fluorescentes intégré au plafond est idéal. • Le niveau d'éclairement c'est 300 lux.
<p>Bureaux d'archive</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Le bureau doit être spacieux et équiper par des étagères • Un grand rangement et bonne disposition des archives de manière claire pour faciliter la recherche. • Éviter l'humidité pour conserver les documents par la bonne aération soit naturel dans les jours venteux soit par l'emploi d'une cheminée solaire dans les journées chaudes.
<p>Cafétéria</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Doit être dans un seul bloc avec la salle de conférence • Le cafeteria lie avec les voies principale par un voie tertiaire (de service pour alimente la cafeteria par la matière primaire (café, thé...etc.) et pour jet les déchets) • Un espace spacieux avec une ambiance de couleurs • Le niveau d'éclairement 200 lux • La surface pour chaque personne est égale a1.8 m² • L'espacement entre le mur et la table doit être supérieur à 75cm.
<p>Sanitaires</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Ils doivent être faciles à accéder et au même temps éloignés des vues des usagers. • Cet espace humide qui émet des odeurs répulsives • Le besoin de l'espace est l'aération et lumière naturelle • La zone de perception supérieur ou égale 100 m • Le revêtement du sol antidérapant, résistance à l'eau, facile à Nettoyer • Le nombre de WC. Ne dépasse pas quatre dans chaque unité Sanitaire.

Les espaces extérieures

Espace	Exigence
Le parking	un parking par définition est un espace spécifiquement aménagé pour le stationnement des véhicules. <ul style="list-style-type: none"> ▪ La présence des arbres pour éviter les rayons solaire. ▪ L'espace nécessaire pour chaque voiture 5.00x2.50.
Les serres de recherche	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Doivent être exposées aux rayons solaires ▪ équipées par des systèmes d'irrigation de contrôle et régulier la température ▪ situées à proximité des laboratoires.
Les espaces verts	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Devant chaque équipement. ▪ Devant les parkings.

Synthèse :

Le Programme est un moment fort du projet. C'est une information obligatoire à partir de laquelle l'architecture va pouvoir exister. C'est un point de départ mais aussi une phase préparatoire ,Le programme est un énoncé des caractéristiques précises d'un édifice à concevoir et à réaliser, remis aux architectes candidats pour servir de base à leur étude, et à l'établissement de leur projet.

Cela devra nous permettre de déterminer les exigences quantitatives et qualitatives

Dans le présent chapitre, nous entamons la conceptualisation et la formalisation de notre projet en tenant compte de toutes les recommandations et les exigences qui découlent des étapes précédentes par l'utilisation des concepts qui suivent :

IV.1. Concepts architecturaux :

IV.1.1. La fluidité et la lisibilité :

Un principe fortement revendiqué par tout équipement pour être facilement identifiable et reconnaissable.

Suivant les besoins engendrés par la fonction et la programmation, nous avons essayé de créer un projet qui pourra, à la fois d'être fluide et lisible, une fluidité assurés par un positionnement stratégique de la circulation vertical et une lisibilité assuré par la transparence.

IV.1.2. La transparence :

Elle est l'expression formelle de l'ouverture du projet ; elle favorisera l'interpénétration des espaces du projet.

La transparence sera, également, présente à l'intérieur du projet afin de relier, visuellement, les espaces et les activités avec le patio, ainsi conférer une plus grande lisibilité au projet.

Elle s'exprime, par des biais et des parois vitrées qui laisseront pénétrer la lumière changeante du jour. Ces parois vitrées mettront le visiteur, les chercheurs et les différents usagers en contact avec leur environnement immédiat que ce soit à l'intérieur (Patio) ou à l'extérieur.

IV.1.3. La simplicité :

A l'encontre de la complexité, la composition formelle et spatiale du centre se veut simple dictée par des règles géométriques reconnaissables.

IV.1.4. La géométrie :

Les tracés géométriques sont superposés et se rejoignent pour donner naissance à un langage architectural plus riche à un ordre spatial plus dynamique.

IV.1.5. La connexion :

Un concept basé sur la communication entre les différents types d'utilisateurs, un hall commun relie les espaces publics tels que l'auditorium, les aires de pause (Cafétéria) et d'exposition et qui s'ouvre sur une cour intérieure qui permet d'articuler le département de recherche avec l'entité public et fonctionne comme une zone de réunion central qui crée des opportunités d'échange entre les chercheurs et le public.

IV.1.6. La flexibilité :

Le projet a également pour objectif principal de fournir un «centre de recherche flexible et évolutif» qui sera en mesure de s'adapter à l'inévitabilité d'une programmation de recherche variable et en constante évolution. Le bâtiment en vertu de sa fonction se divise naturellement

en «boîtes de laboratoire» plus formelle mais flexible contenant des laboratoires avec aménagement et un mobilier amovible permettant de créer de différentes configurations

IV.2.L'idée du projet :

On va concevoir un centre de recherche dans la ville de Ghardaïa, une ville qui a ses traditions et un patrimoine architectural qui date de dizaine de siècles mais faut prendre en considération qu'on est en train de concevoir pour une génération qui vit au 21 Emme siècle, une génération avec un envie de changement et un désir de vivre au rythme du monde

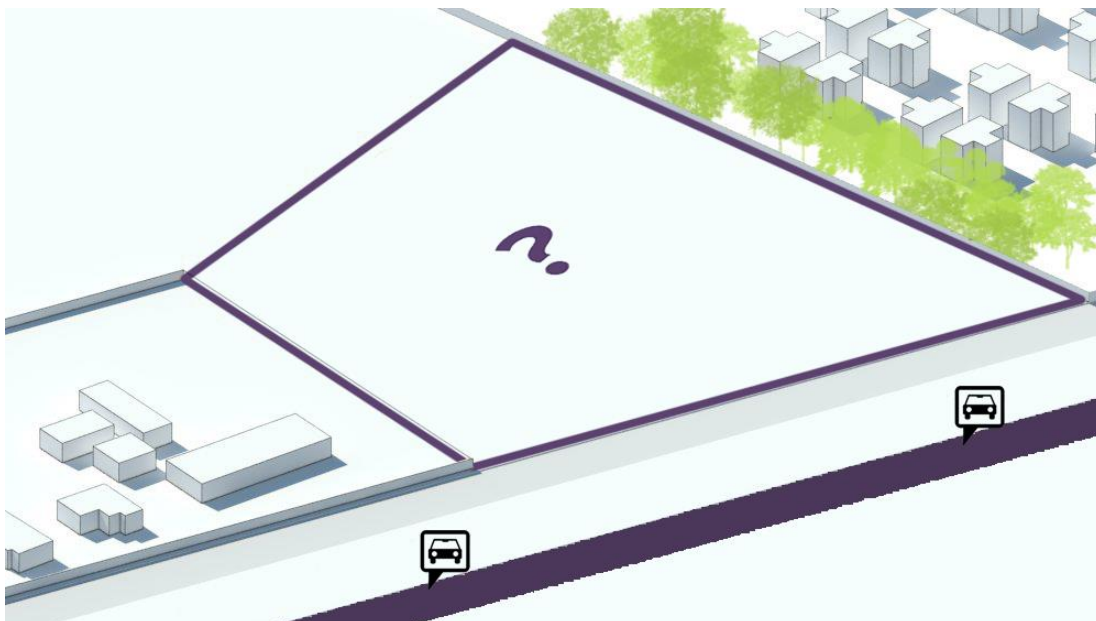
On pourra pas concevoir un projet qui est à 100% traditionnel parce que l'homme biologiquement n'est pas destiné à régresser mais à progresser ni un projet 100% moderne contemporain parce la modernité c'est un projet de rupture alors autant qu'architectes on est convoqué a autre chose que la métaphore de rupture alors l'idée est de faire une combinaison entre le traditionnel et le contemporain pour créer une architecture hybride

IV.3.Genèse de projet :

Nous retraçons ici tous le parcours conceptuel et de formalisation architecturale pour l'aboutissement du projet et enfin son langage architectural.

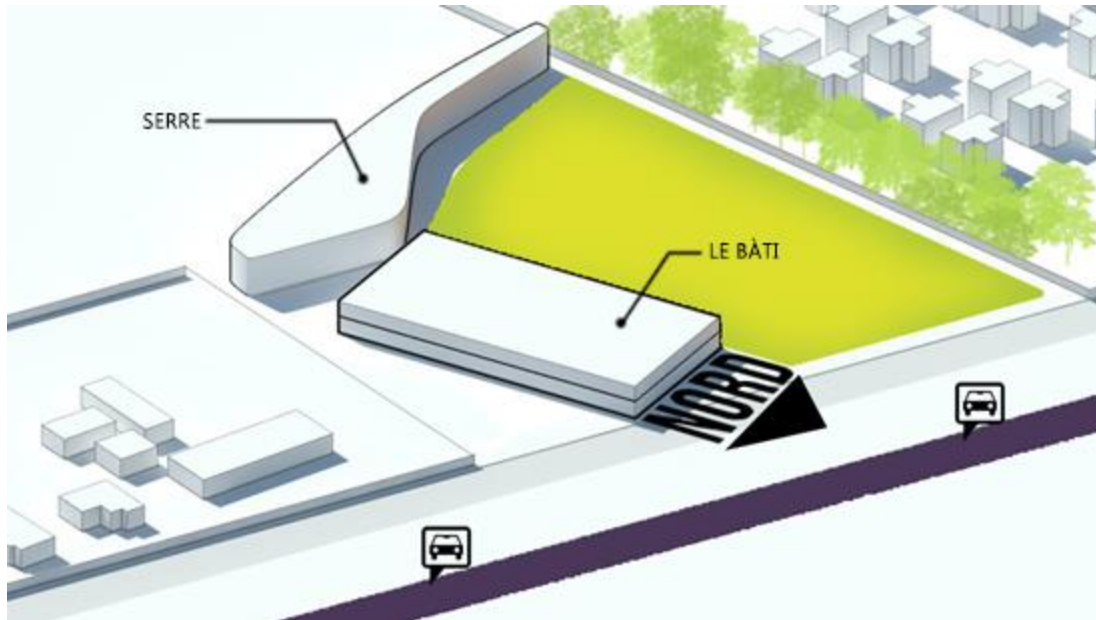
Etape 01 :

Plutôt que de démarrer d'une image mentale qu'on aurait dû adapter aux conditions du projet on a inversé l'ordre de succession généralement adopté dans la profession on se posant des questions concernant « l'ouvrage à bâtir, le contexte, le climat et les matériaux »



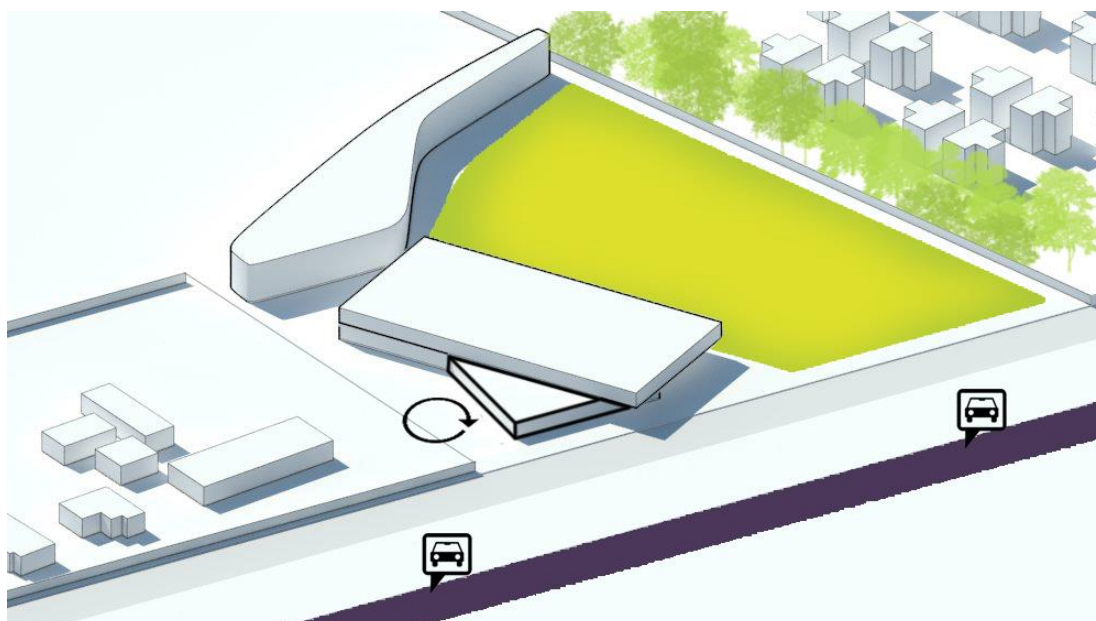
Etape 02 :

Création d'un volume bâti compacte orienté selon l'axe Nord-Sud et une serre d'expérimentation tandis que le reste du terrain sont des terres cultivables consacrée à l'expérimentation



Etape 03 :

Afin d'assurer l'alignement avec l'axe routier on a effectué une rotation de la partie inferieur du projet



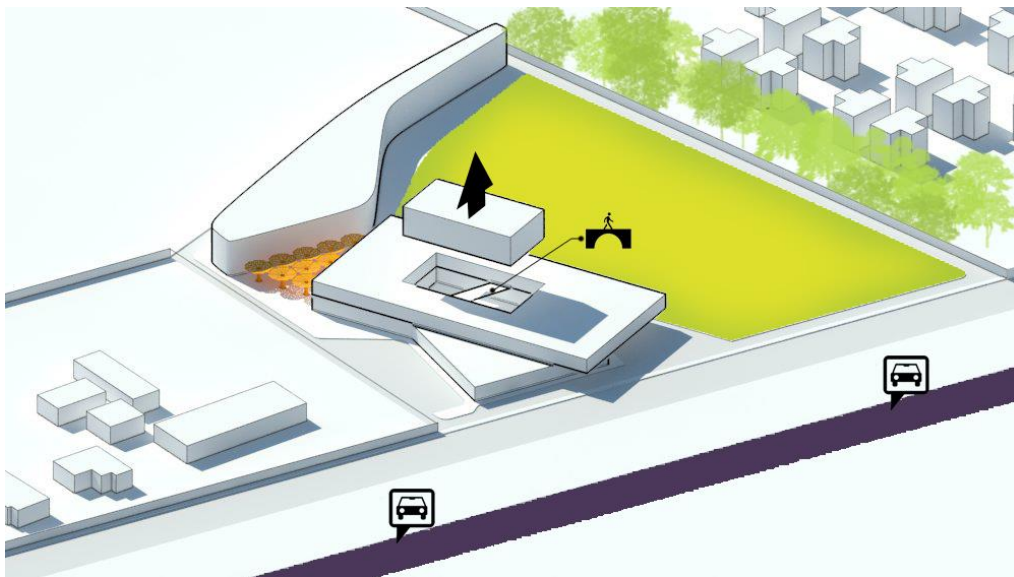
Etape 04 :

Afin de créer une articulation entre le volume bâti la serre d'expérimentation et assurer le passage des chercheurs vers la serre on a créé des arbres artificiels pour générer de l'ombre

**Etape 05 :**

Creation d'un patio et d'une passerelle

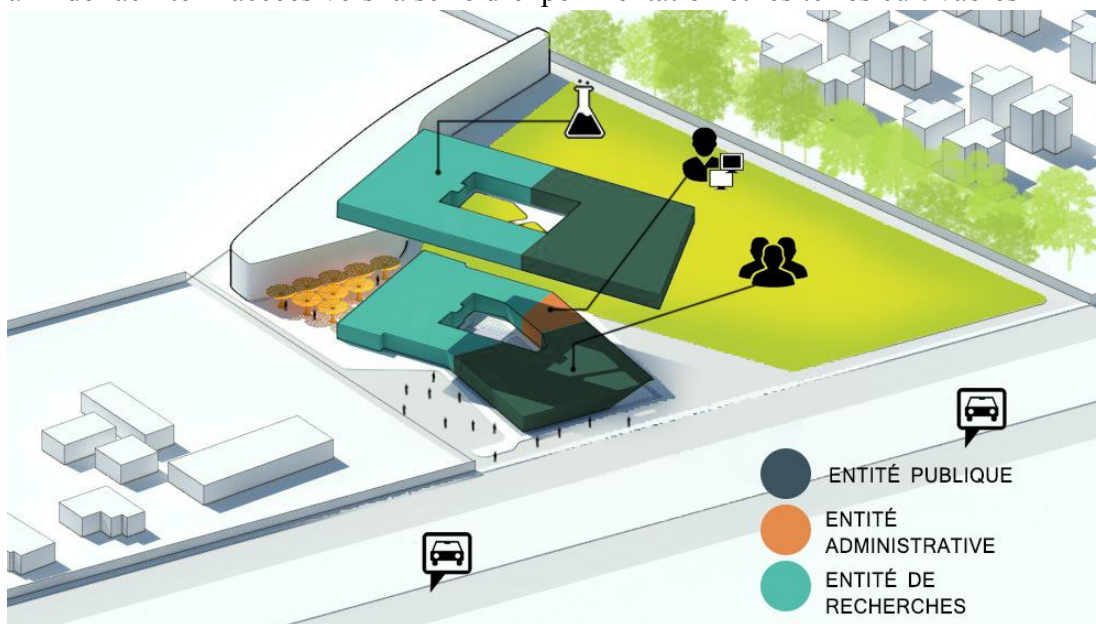
- Le patio fournira un puit de lumière qui permettra d'éclairer et aérer les pièces qui l'entourent
- La présence de l'eau dans le patio permet un rafraîchissement par humidification
- Sa centralité permet aux espaces qui le bordent de profiter de manière égale de l'espace extérieur
- Mise en rapport des espaces entre eux ,cette communication est aussi valable entre les différents niveaux puisque les espaces situés à l'étage s'ouvrent également sur le patio ,il suffit de se mettre sur la passerelle de l'étage supérieur pour participer à la vie du patio



Etape 06:

L'entité public est projetée sur l'axe public.

L'administration est positionné a l'ouest tandis que l'entité de recherche est positionnée au sud afin de faciliter l'accées vers la serre d'experimentation et les terres cultivables

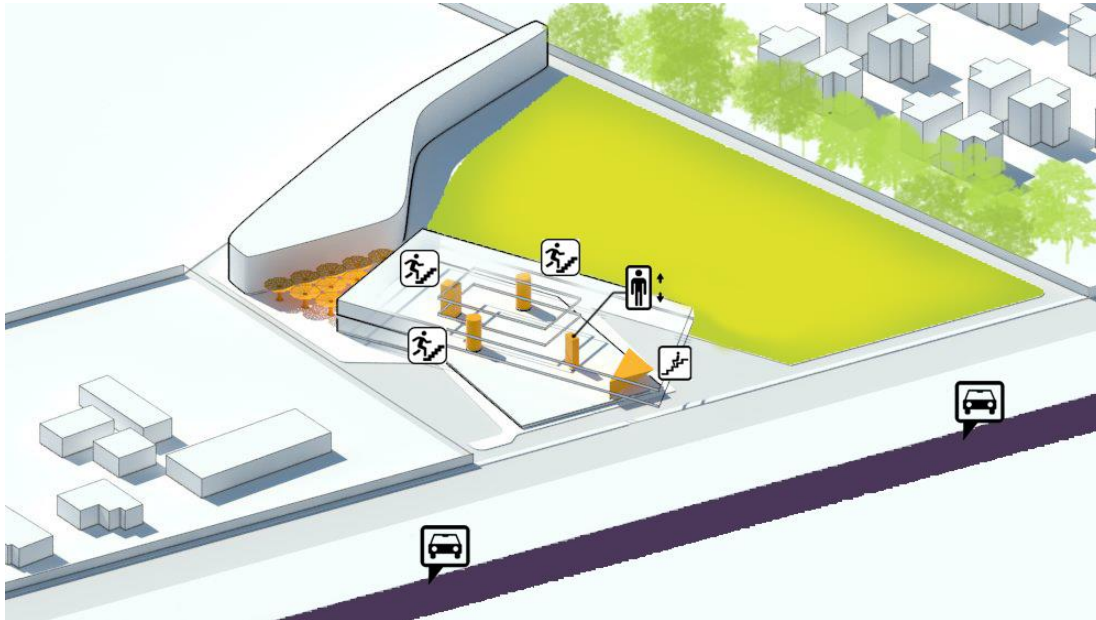


Etape 07:

La circulation vertical est positionnée de manière a atteindre le niveau superieur de n'importe quel point du projet par la creation :

- Un escalier public qui est conçu comme un lieu de rencontre et détente et permettant aussi d'atteindre l'espace d'exposition et la bibliothèque
- Un uscenceur réservé au publique permettant d'atteindre l'espace d'exposition

- Un monte-charge pour assurer l’approvisionnement de l’espace exposition
- Un escalier dans la partie est consacré aux chercheurs
- Un escalier dans la partie ouest permet d’articuler l’administration avec l’étage supérieur
- Un escalier dans la partie sud afin d’articuler les laboratoires entre eux



IV.4. Plan de masse :

Le projet est conçu en trois parties un bâtiment en forme compacte pour une meilleure occupation du terrain d’assiette et une rationalisation des espaces, une serre d’expérimentation et des terres cultivables.

L’implantation et l’orientation du bâtiment offrent impérativement une possibilité d’accès au projet à travers la voie parallèle à la N01

Le projet est desservi par une voie mécanique projetée à l’intérieur du terrain qui dessert à son tour trois parkings, dont deux réservés au public et le troisième réservé uniquement aux employés. Cette voie est conçue aussi pour permettre l’approvisionnement de la serre.

Le bâtiment est pourvu de sept accès, un accès principal consacré pour le public, un accès pour les personnels de l’administration, un accès pour les chercheurs, un accès menant vers la serre, un accès pour la salle de conférences et deux issues de secours.

Le terrain est entouré d’arbres implantés afin de créer un masque végétal qui fournira une protection contre les vents chauds, les vents froids et les vents de sables

Mise en place d’arbres artificiels pour ombrager le parcours menant vers la serre

IV.5. Description du projet :

L'accessibilité au projet est assurée par une entrée principale du côté Nord consacré pour le public et deux autres secondaires du côté est un pour accéder à la salle de conférence et l'autre consacré pour les chercheurs , un accès du côté ouest pour les personnels de l'administration ,un accès du côté sud pour permettre aux chercheurs d'accéder à la serre et deux issues de secours

Le bâtiment est conçu en un volume compact en R+1, pourvu d'un patio qui permet d'éclairer et aérer les espaces qui l'entourent, aménagé en jardin d'intérieur qui servira d'espace de communication et de détente pour le public et les chercheurs.

L'aménagement qu'on propose offre une organisation fonctionnelle des espaces et établit une relation étroite entre les différentes fonctions et activités.

Le bâtiment est composé de trois entités en R+1 :

Le RDC est pourvue d'un grand hall d'accueil qui assure l'orientation et la direction des usagers vers les différentes activités et les différents étages et aussi permet d'accueillir une petite partie de l'exposition dont le reste se trouve dans l'étage supérieur, une salle de conférences et un cafeteria

L'administration est située du côté ouest comme entité indépendante qui bénéficie de son propre accès

Tandis que l'entité recherches est entièrement isolée dans la partie sud du projet

L'énergie nécessaire à faire fonctionner le bâtiment est assuré par des panneaux photovoltaïques posés sur la toiture du bâtiment et d'autres présentes sur les terres cultivables en optant pour un système qui permet de combiner la production agricole et la production d'électricité photovoltaïque (**Agrivoltaïque**)

La présence de la serre permet d'effectuer des expérimentations sous des conditions précises puisque on aura la possibilité de contrôler la température à l'intérieur de cette dernière

Tandis que les terres cultivables sont propices au bon développement des plantes qu'on y sème ou que l'on fait pousser

IV.6. Les façades :

On a utilisé trois types de façades dans notre projet

IV.6.1. Façade RDC :

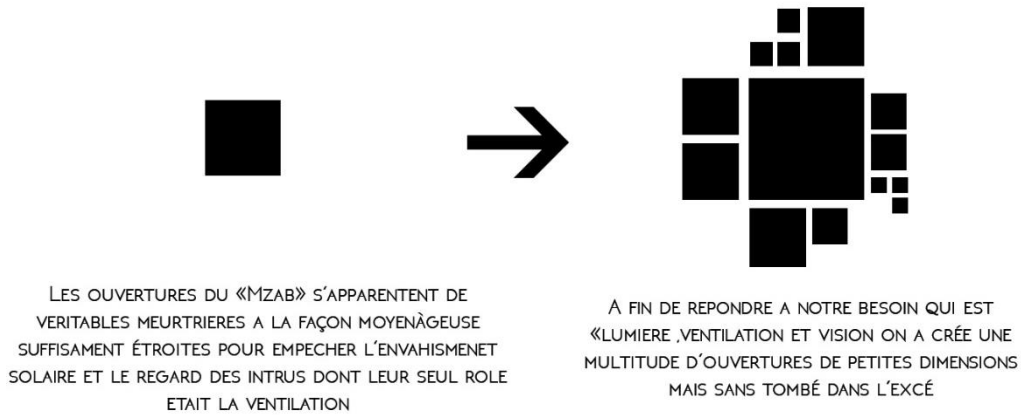


Fig IV.1 : Système de la façade RDC

IV.6.2. Façade laboratoire :

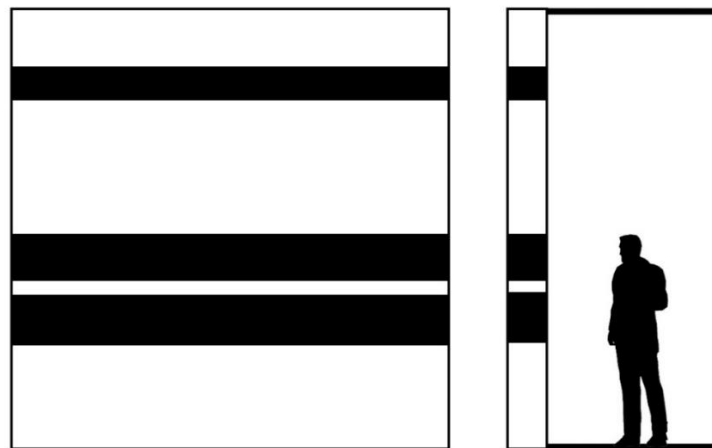


Fig IV.2 : La façade du laboratoire

Source : Auteurs

La façade des laboratoires sont des façades double peau orientées plein sud et elles sont dotées de trois rangés d'ouvertures

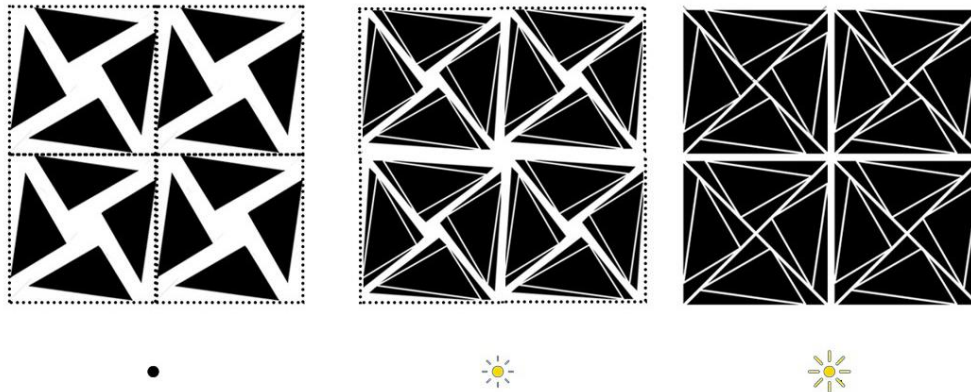
- Une consacré pour diffuser la lumière au niveau de l'espace de travail quand les chercheurs sont assis.
- Une consacré pour assurer la vision vers l'extérieur quand le chercheur est debout.
- Une consacré pour diffuser la lumière au niveau du plafond.

IV.6.3. La façade cinétique :

Définition de l'architecture réactive :

c'est un domaine évolutif de la pratique et de la recherche architecturales. Les architectures réactives sont celles qui mesurent les conditions environnementales réelles (via les capteurs) pour permettre aux bâtiments d'adapter leur forme, leur couleur ou leur caractère de manière appropriée (via les actionneurs).

Fonctionnement:



Le système est conçu de manière à réagir dans la présence d'une lumière solaire, la façade conçue comme une triangulation a la propriété de pouvoir fermer au moment où le capteur détecte une incidence de la lumière solaire

Fig IV.3 : fonctionnement de la façade cinétique

Source : Auteurs

Dans ce cas la façade cinétique joue un rôle double d'un côté elle apporte une solution durable pour la ventilation naturelle et le contrôle solaire des espaces intérieurs du bâtiment, de l'autre côté elle crée une expression architecturale dynamique qui offre le potentiel de générer de différentes façades à chaque heure de la journée

IV.7. Utilisation d'une toiture rétractable :

Afin de se protéger des rayons solaires excessives on a mis en place une toiture rétractable qui se renferme automatiquement. Afin de simuler l'effet et l'ambiance lumineuse créée par le feuillage des vignes dans les bâtiments traditionnels on a créé une texture dans la toiture

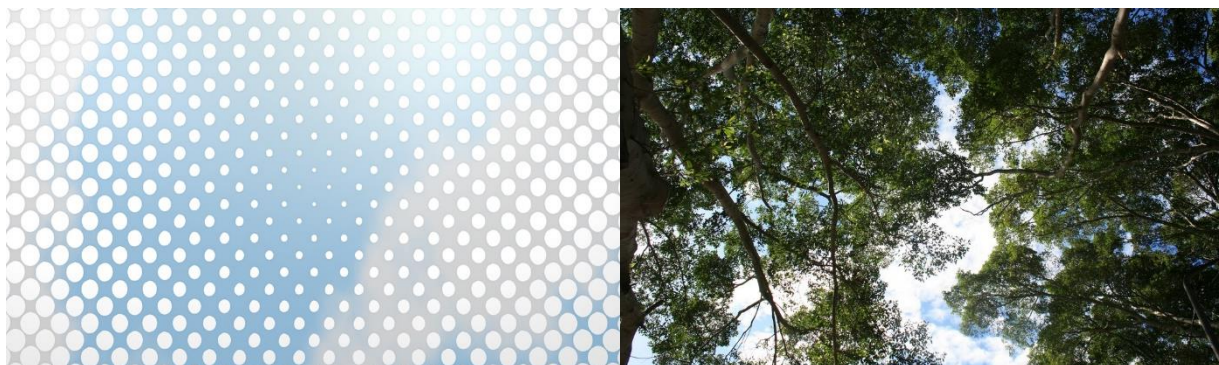


Fig IV.4 : Concept de la toiture rétractable

Conclusion générale :

La recherche élaborée durant toute l'année, pour aboutir au projet final nous a permis de conclure plusieurs aspects de conception d'un projet durable et de projection architecturale qui n'est pas un simple projet d'architecture spontané, c'est le travail de réflexion qui fait qu'un projet est original.

A travers toutes les approches que nous avons effectuées, pour mener à bien un projet tel que le nôtre, on a conclu qu'il n'est possible de concevoir un projet d'une manière harmonieuse avec les potentialités du site, en tenant compte des critères de l'architecture durable ainsi des exigences d'un centre de recherche, l'intégration du projet dans son environnement, du fonctionnement et de l'esthétique.

Dans le présent chapitre on va essayer d'expliquer les différents systèmes utilisés dans notre projet

V.1- Le Batiment

V.1.1. Système constructif :

Dans notre projet on a utilisé une structure métallique

V.1.1.1. Structure du projet :

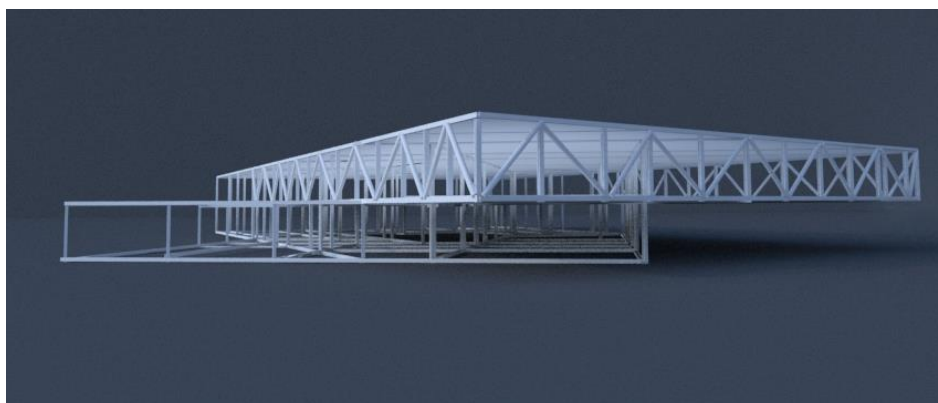


Fig V.5 : Structure du projet

➤ Détail d'ancrage du poteau :

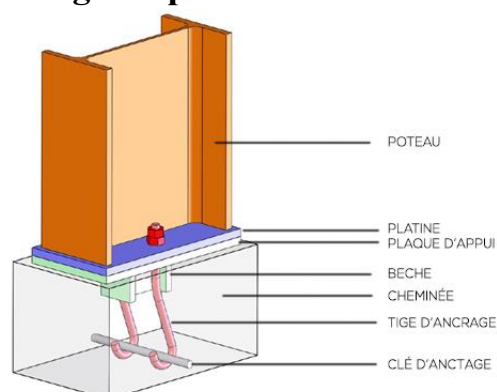


Fig V.1 : Ancrage du poteau

➤ Détail articulation poteau-poutre :

ASSEMBLAGES BOULONNÉS

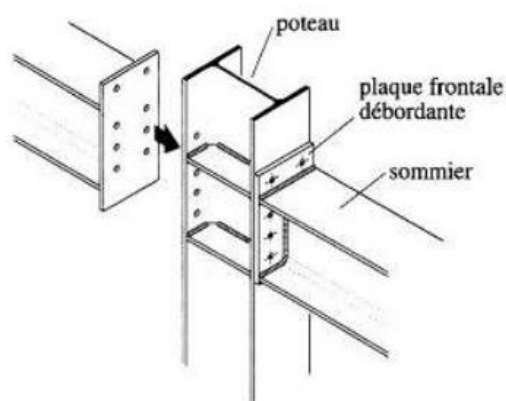


Fig V.2 : articulation poteau poutre

➤ **Détail articulation poutre-poutre :**

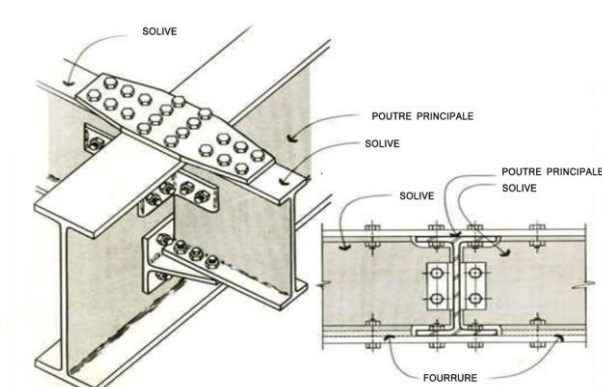


Fig V.3 : articulation poutre-poutre

➤ **Détail fixation bardage :**

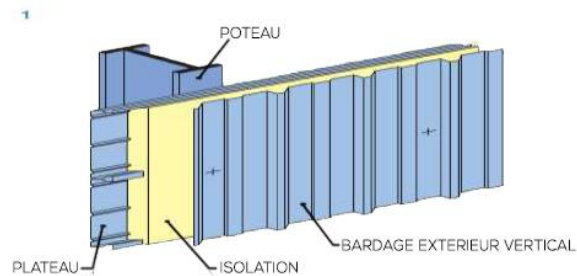


Fig V.4 : fixation bardage

V.1.2. Les Façades :

➤ **Détail de fonctionnement de la façade cinétique:**

La figure ci-dessous représente le détail de fonctionnement d'un pixel de la façade cinétique

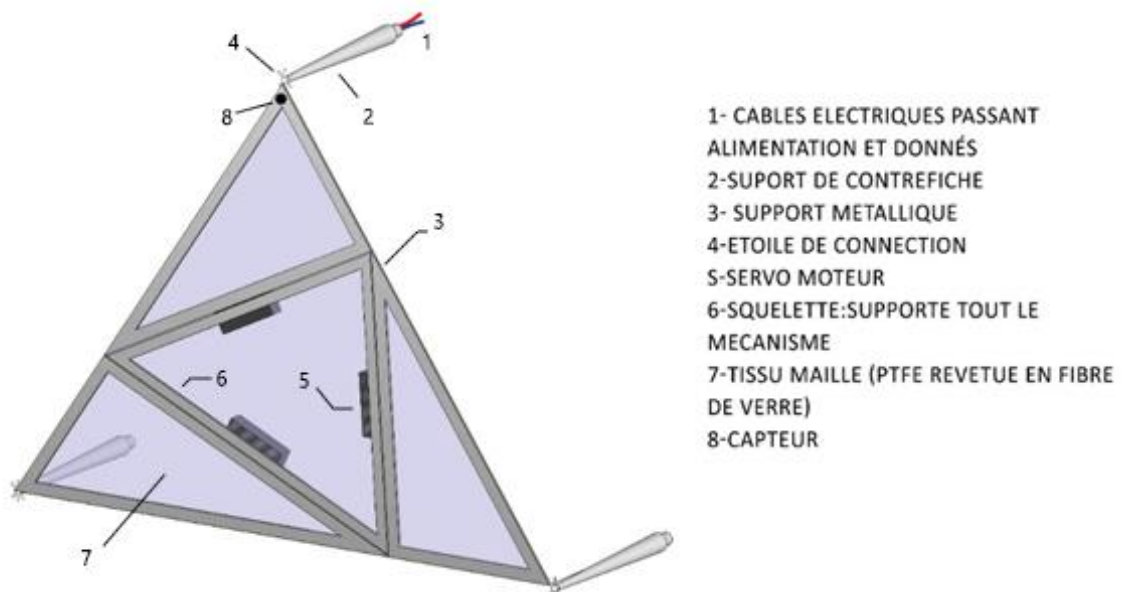


Fig V.6 : Deatil de fonctionnement d'un pixel de la façade cinétique

➤ **Mode de fonctionnement de la façade double-peau :**

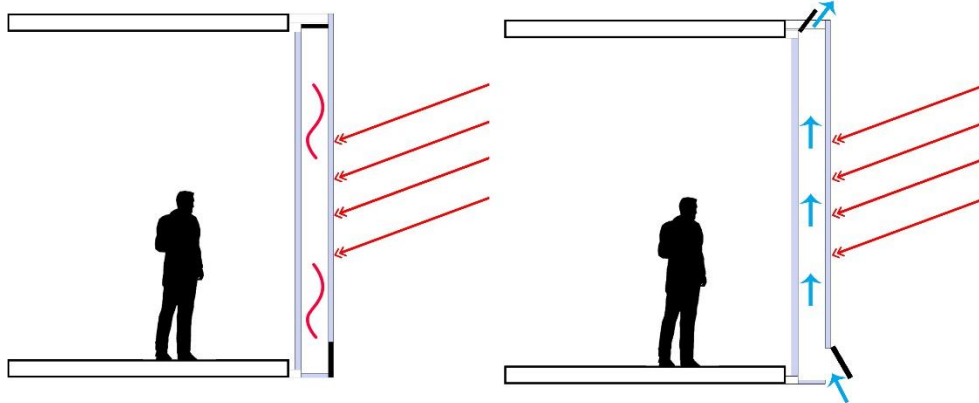


Fig V.7 : Fonctionnement de la façade double peau

Le mode de ventilation de la Façade bioclimatique s'adapte aux conditions climatiques :

- **HIVER**

La double peau étant fermée, nous utilisons le rayonnement solaire afin de réchauffer l'air intérieur de la double peau et d'emmagasiner un maximum de chaleur solaire.

- **ÉTÉ**

La prévention de la surchauffe de l'air intérieur en ventilant naturellement l'air contenu dans la double peau permet à l'air chaud de la double peau d'être maintenu hors du bâtiment

➤ **La façade double-peau possède en outre de nombreux avantages :**

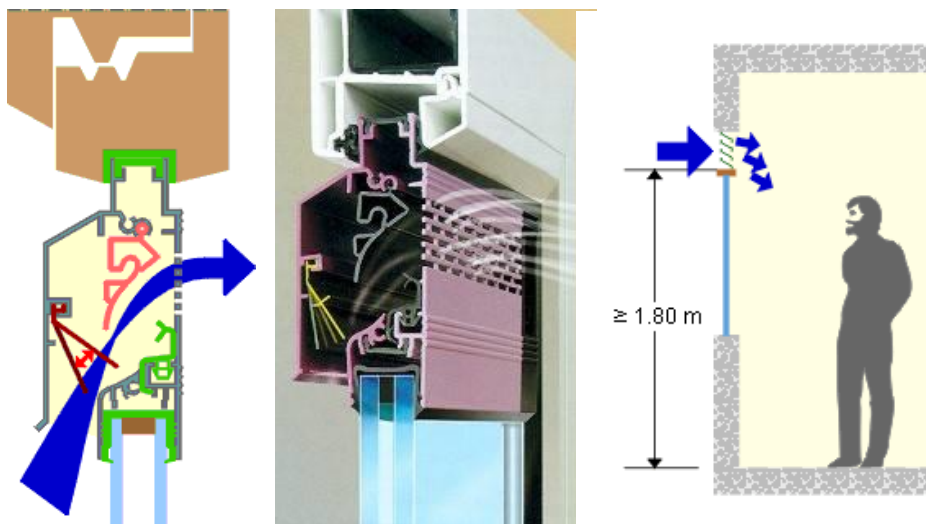
- Protection contre les contraintes météorologiques (froid, vent ...)
- Stockage de la chaleur par effet de serre à l'intérieur de la double peau
- Évite les surchauffes d'été en limitant l'action du rayonnement direct du soleil
- Supprime l'effet de paroi froide en hiver
- Isolation phonique
- Économie d'énergie en limitant le recours à la climatisation et au chauffage
- Préchauffage des amenées d'air
- Utilisation de l'éclairage naturel.

V.1.3. Ventilation :

V.1.3.1 Ventilation naturelle :

A. Amenées d'air naturelles :

➤ Utilisation de grilles de ventilation auto réglables



Les grilles dites "auto réglables" qui ont pour but de maintenir un débit constant quelle que soit la pression du vent. Ces grilles comprennent une bavette souple réduisant automatiquement la section d'ouverture quand la pression augmente. Elles permettent ainsi d'obtenir un débit d'air relativement constant dans une plage de pression différentielle de 10 à 200 Pa. Non seulement elles assurent une alimentation en air plus ou moins constante et elles évitent également que les utilisateurs ne bouchent complètement les grilles pour éviter les courants d'air inévitables par vent fort.

➤ Les ouvertures de transfert

Le transfert d'air peut être assuré soit par une grille intégrée dans la porte ou par détalonnage

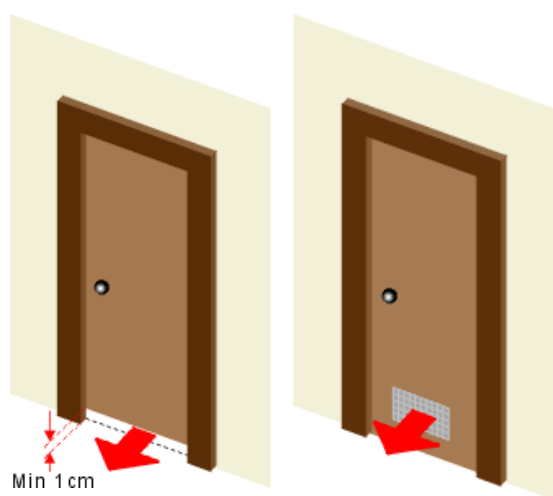


Fig V.8 : Transfert d'air au travers d'une porte ou par détalonnage

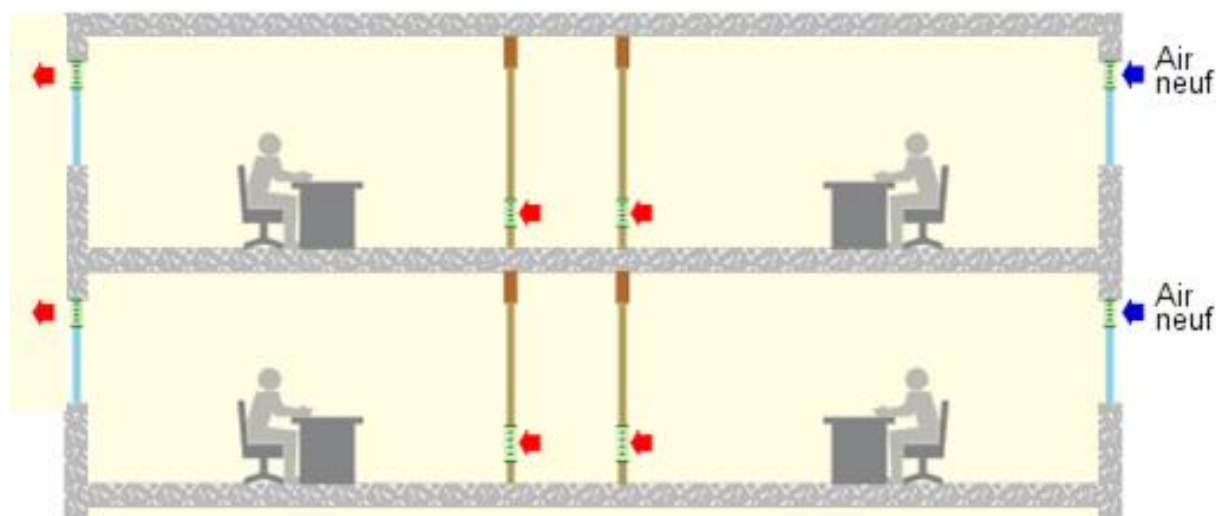


Fig V.9 :transfert de l'air dans les locaux

V.1.4.Type de vitrage utilisé :

V.1.4.1. Le double vitrage "à basse émissivité" :

Ce vitrage est aussi appelé "*vitrage à haut rendement*" ou "*vitrage super isolant*". Les vitrages standards ont une émissivité de 0.84 sur l'entièreté du spectre. Cela signifie qu'en ce qui concerne les rayonnements à grande longueur d'onde qui frappent la surface du verre, 84 % est absorbé et seulement 16 % est réfléchi.

Par comparaison, les couches basse-émissivité ont un coefficient d'émissivité de 0.04.

Les vitrages sur lesquels on a déposé de telles couches émettront seulement 4 % de l'énergie possible à cette température, donc absorberont seulement 4 % du rayonnement de grande longueur d'onde qui les atteint.

Autrement dit, ils réfléchiront 96 % du rayonnement infrarouge de grande longueur d'onde.

Tandis que pour les ouvertures de grandes dimensions comme les vitres situées dans le patio on a utilisé un double vitrage "à basse émissivité" avec protection solaire entre les vitres :

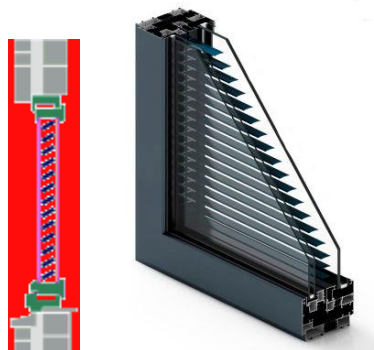


Fig V.10 : détail du double vitrage

V.1.5. Détails de la toiture rétractable :

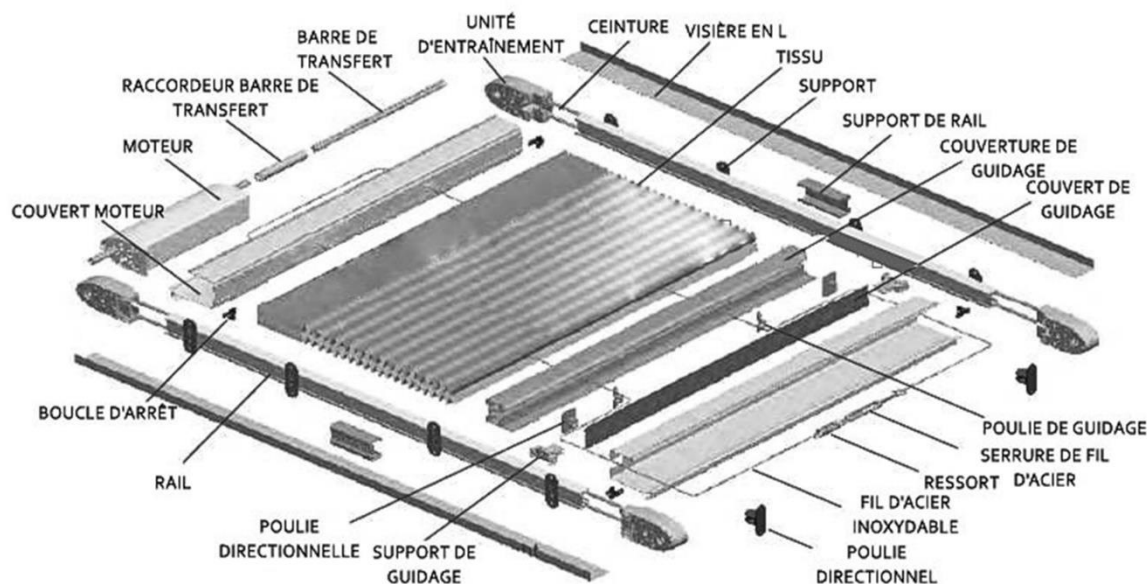


Fig V.11 : détail de la toiture rétractable

V.1.6. Système Chauffage / refroidissement :

Les plafonds rayonnants froids font partie des équipements de refroidissement des locaux. Généralement, de l'eau froide à + 15°C circule au dessus du faux plafond (par ex, serpentins d'eau fixés au dessus de la plaque métallique du faux plafond). Les occupants recevront une composante de rayonnement froid (en réalité, ils émettront de la chaleur vers ce plafond), et l'air du local sera lui aussi refroidi.

1. Plaque métallique perforée
2. Élément refroidissant
3. Laine minérale dans une feuille PE
4. Plaque carton-plâtre

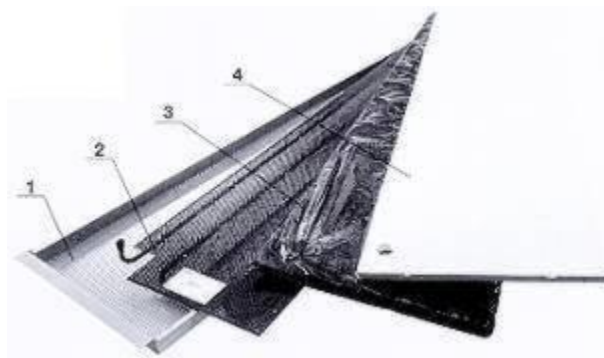


Fig V.12 : Les différentes composantes d'un plafond froids

Source : www.energieplus-lesite.be

Cette technique s'adapte aussi bien à la construction nouvelle (pour des bâtiments conçus de façon à limiter les apports solaires et les apports de chaleur internes), qu'en rénovation grâce au fait de ne pas devoir percer des parois pour le passage de gainages d'air volumineux et de pouvoir réutiliser l'installation de chauffage existante. Contenu du risque de condensation, ce système est vivement déconseiller dans les locaux humides.

V.1.6.1 Fonctionnement

➤ Systèmes réversibles : chauffage et rafraîchissement

Un plafond froid peut fonctionner en mode chauffage en période hivernale Le réseau de tuyauterie sera alimenté soit en "2 tubes réversibles" (pas moyen, dans ce cas, de faire simultanément du chaud et du froid), soit en 4 tubes, système offrant plus de souplesse. car du froid peut être émis dans une zone et du chaud dans une autre.

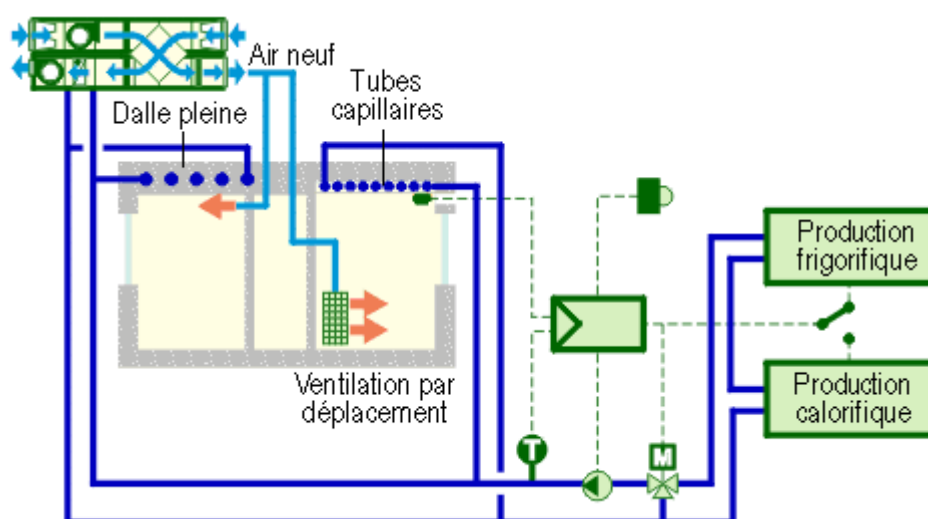


Fig V.13 : système de fonctionnement

➤ Préparation de l'eau glacée

On utilisera soit un groupe d'eau glacée spécifique, soit un réseau du circuit principal.

Un cas particuliers existe cependant :

Les plafonds réalisés par des nappes capillaires, qui requièrent une alimentation en eau déminéralisée. Un circuit spécifique, avec son propre échangeur à plaque en acier inoxydable, sera réalisé sur la boucle d'eau glacée du bâtiment.

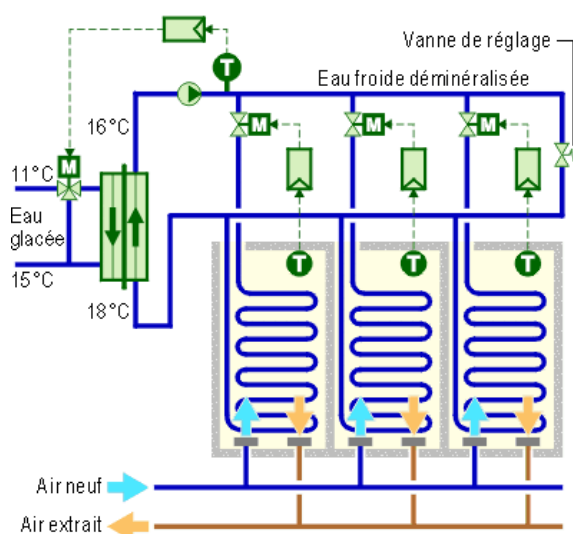


Fig V.14: Préparation de l'eau glacée

V.1.6.2. Avantages :

- Le confort est meilleur que dans les systèmes traditionnels (par ventilo-convecteurs par exemple).
 1. Parce que l'apport de froid par rayonnement est plus stable (inerte) et mieux réparti spatialement que l'apport de froid par air,
 2. parce qu'il conserve "la tête au frais",
 3. parce que le confort est renforcé par l'absence de courant d'air froid, puisque le débit d'air est limité au débit hygiénique,
 4. parce ces mouvements d'air limités entraînent peu de déplacement de poussières dans les locaux.
- Si l'eau froide est produite par une machine frigorifique, la préparation d'eau glacée à une température "élevée" de 15°C-17°C environ permet la sélection d'une machine frigorifique avec un excellent coefficient d'efficacité frigorifique (ou "COP frigorifique"). Cette propriété est perdue si la même machine frigorifique est utilisée pour préparer l'air neuf déshumidifié ...
- Une température d'eau élevée permet également de recourir à une source de froid naturelle comme l'air extérieur (via free-chilling) ou le sol (via géocooling). La consommation liée la production de froid se réduit alors simplement à la consommation d'auxiliaires (pompes, ventilateur de pompes de refroidissement,...).
- La séparation entre la fonction ventilation des locaux (air neuf hygiénique) et l'apport thermique (apport de froid) est un gage de bonne régulation.
- L'air neuf ne sera pas recyclé, évitant ainsi les risques de contamination liés au recyclage de l'air ("sick buildig syndrom").

- L'absence de bruit est un confort non négligeable (fonctionnement statique, faible débit d'air neuf pulsé).
- Cette température élevée permet d'imaginer, durant une bonne partie de l'année, un refroidissement direct de l'eau glacée dans les tours de refroidissement en toiture, en by-passant ainsi la machine frigorifique. Cette technique est généralement appelée "free-chilling". La consommation liée au froid se résume à l'alimentation des pompes de circulation ! La présence d'une source d'eau froide naturelle peut également être mise à profit (rivière, lac, ...)
- Le transport du froid vers les locaux par de l'eau glacée (pompe) est environ dix fois moins énergétique que le transport par de l'air froid (ventilateurs des systèmes "tout air").
- Le confort apporté par le rayonnement froid au-dessus des occupants permet une augmentation de 2°C de la consigne de température ambiante des systèmes traditionnels (température max = 26°C ou 27°C, au lieu des 24 ou 25°C habituels pour des ventilos ou des poutres froides, par exemple). Il s'en suit une réduction de la puissance frigorifique nécessaire.
- Une économie supplémentaire provient du fait qu'une part de la consommation des ventilo-convecteurs est donnée en chaleur latente sur l'air (la température de la boucle d'eau glacée est inférieure à la température de rosée de l'ambiance et l'humidité de l'air se condense, parfois inutilement). Ce fait ne se produit pas avec les plafonds, sauf si c'est l'air neuf qui est fortement déshumidifié...
- La régulation est en partie auto-adaptative : une augmentation des charges du local provoque une augmentation de sa température et donc une augmentation de la puissance de refroidissement.
- Un entretien réduit : pas de remplacement de filtre ou d'usure mécanique contrairement aux ventilo-convecteur.
- L'encombrement au sol est nul !
- Le système requiert une hauteur de faux plafond inférieure à celle d'un système tout air.
- Le traitement des zones internes par ce système est moins encombrant que par la climatisation en VAV ou par ventilo-convecteurs.

V.1.6.3. Inconvénients :

- La puissance frigorifique reste limitée par rapport aux systèmes traditionnels. Ceci sous-entend que les apports solaires des vitrages soient limités :
 - soit par la conception du bâtiment créant des ombres portées,
 - soit par la mise en place de protections solaires extérieures,
 - soit par le placement de stores intérieurs clairs combinés à des vitrages performants,
 - soit par la configuration des lieux (bureaux paysagers, salles profondes).
- Il faut cependant relativiser cet inconvénient. En effet, dans un bâtiment moderne qui se veut énergétiquement performant, une puissance de conception de refroidissement top élevée provient souvent :
 - soit d'une programmation mal raisonnée et d'apports internes excessifs (taux d'occupation, puissance bureautique irréaliste),
 - Soit d'installations intérieures mal conçues (puissance d'éclairage excessive,...),
 - Soit d'une enveloppe mal protégée de l'ensoleillement.

Minimiser les charges internes et bien les estimer impactent considérablement les choix du système de refroidissement.

V.1.7. Puits canadien :

Dans notre projet le puits canadien est utilisé comme système complémentaire pour le système de chauffage/climatisation (plafond froid) dans lequel on fera circuler un fluide caloporteur qui sera préchauffer ou pré refroidie avant de passer dans la central de production frigorifique/calorifique et réinjecté dans le bâtiment.

V.1.8. Confort Visuel :

V.1.8.1. Système de gestion d'éclairage artificiel :

Afin d'économiser l'énergie on a opté pour un système de gestion d'éclairage intérieur selon le diagramme suivant

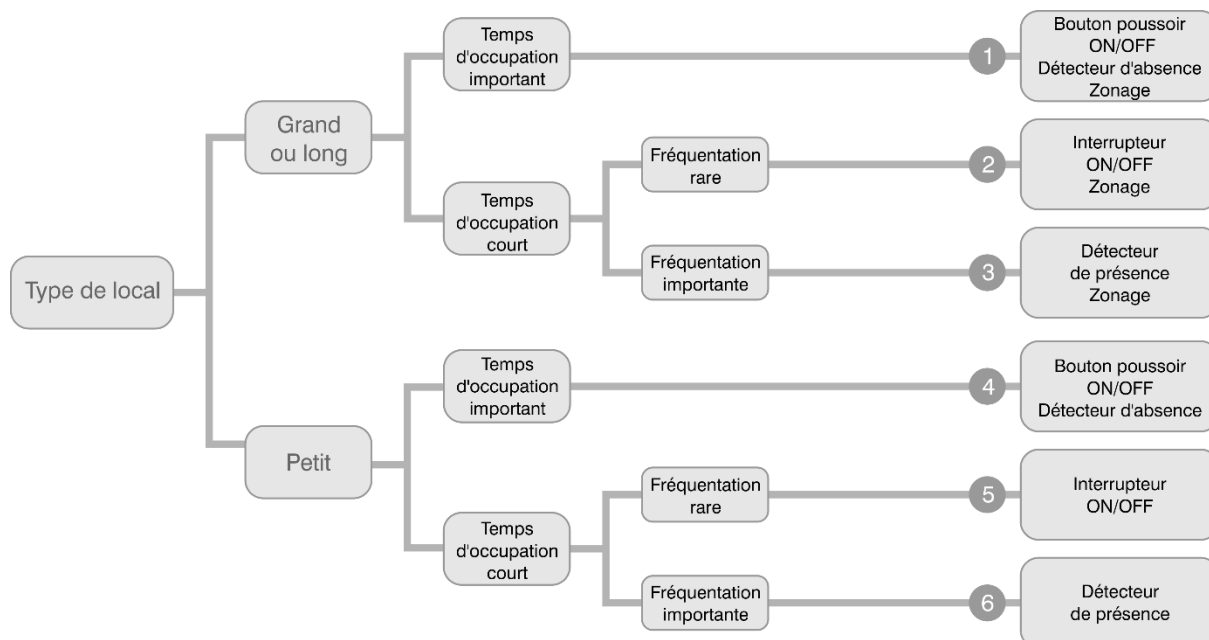


Fig V.15 : Organigramme de choix de la gestion et de la commande de l'éclairage intérieur

➤ Dans les locaux à temps d'occupation important :

Les espaces à temps d'occupation important comme les laboratoires et les bureaux sont dotés d'un système de gestion locale qui gère directement les luminaires à partir d'un détecteur d'absence/présence équipé d'une sonde de luminosité qui permet la diminution de la puissance de l'éclairage en fonction de l'apparition du soleil et qui aussi permet de diminuer les coûts éventuels de climatisation ou de limiter les surchauffes.

Dans notre cas ce système (dimming complet) nous permettra de faire une économie d'énergie de plus de 30% (Source :energypluslesite.com)

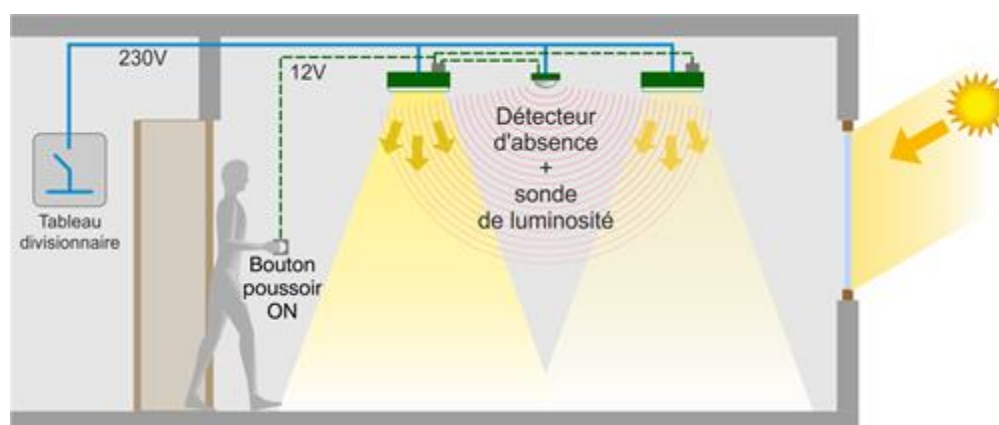


Fig V.16 : Gestion de la commande dans les locaux à temps d'occupation important

➤ Dans les locaux à temps d'occupation court

Le passage fréquent, mais court en temps des locaux de circulation (couloirs, escaliers, , sanitaire, ...) pourrait être géré par des simples détecteurs de mouvement. Cette technique permet de choisir des luminaires avec le détecteur de mouvement incorporé ce qui réduit fortement les longueurs des câbles d'alimentation 230 V et de commande basse tension

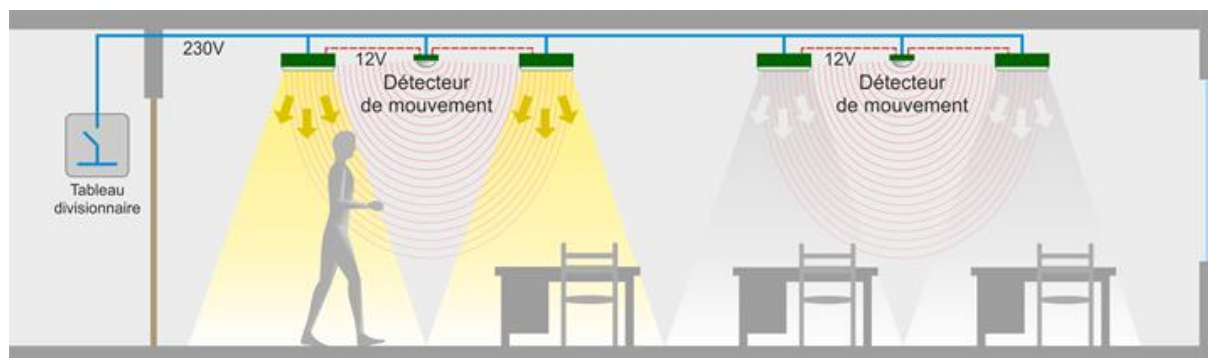


Fig V.17 :Gestion de la commande dans les locaux à temps d'occupation court

De plus en plus de sanitaires sont avantageusement équipés de détecteurs de mouvement et sonores. Ce type d'équipement permet de ne placer qu'un seul détecteur dans le sanitaire commun. Dans les WC, le simple fait de générer du bruit (peu importante la "source sonore"), réactive le détecteur qui évite à l'occupant du WC d'être plongé dans le noir avec toutes sortes de conséquences désagréables.

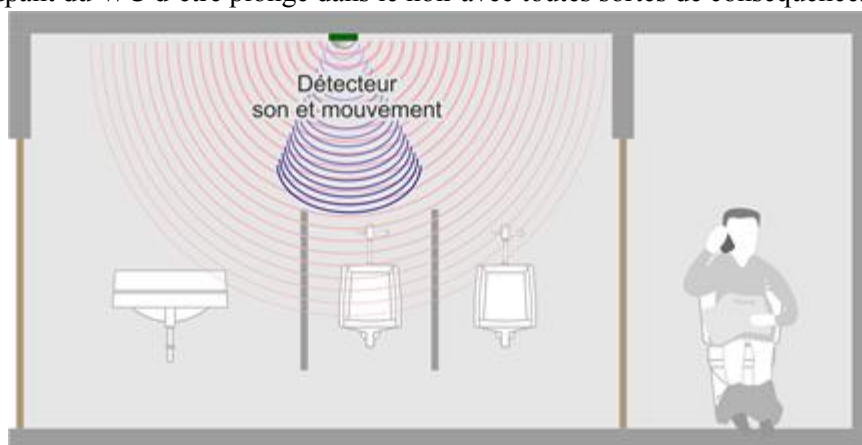


Fig V.18 :Gestion de la commande dans les locaux à temps d'occupation court

➤ **Dans les locaux à fréquentation faible**

On pense aux locaux techniques, aux archives etc .Dans ce type de local, les interrupteurs classiques avec témoins d'allumage sont généralement suffisant

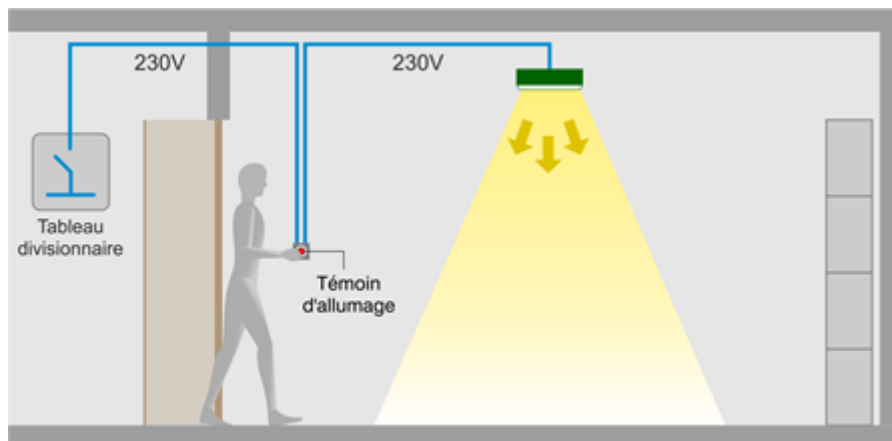
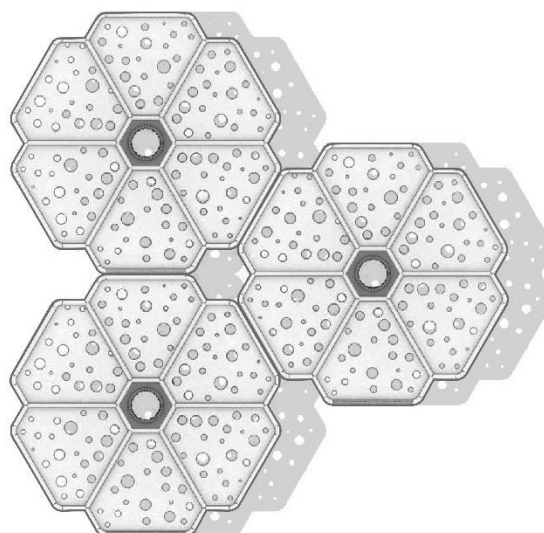
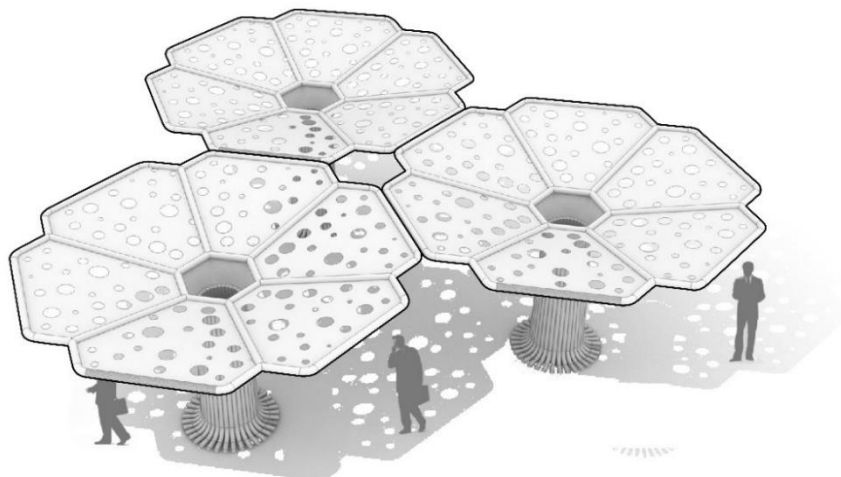


Fig V.19 :Gestion de la commande dans les locaux à fréquentation faible

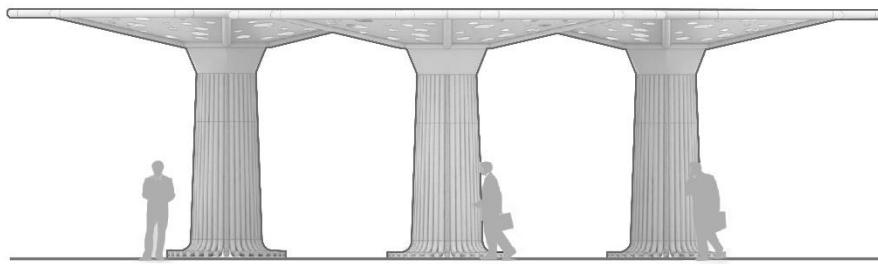
V.2.Arbres d'ombrage artificiels :



Vue au plan



Vue axonométrique



Vue frontale

V.2.1 Système de fixation

Les arbres d'ombrages artificiels sont fabriqués en utilisant du métal

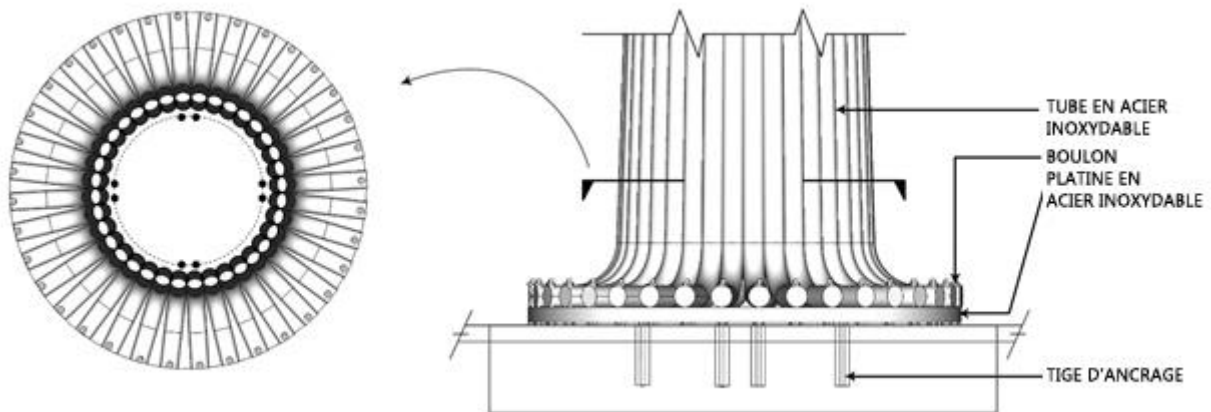


Fig V.20 : Système de fixation de l'arbre

V.3 La serre :

V.3.1 Système de refroidissement

Pour le refroidissement de la serre on a utilisé un système de conditionnement qui fonctionne avec du déshydratant liquide afin d'économiser l'énergie

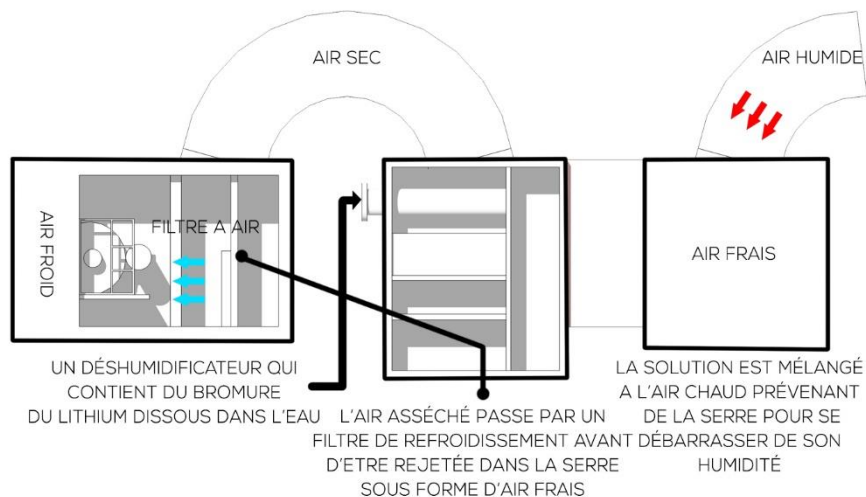


Fig V.21 : Système de refroidissement de la serre

V.3.2 Détail de verre

On a utilisé un verre à double vitrage ultra sophistiqué dont sa propriété réside dans sa composition et son revêtement, l'un de ses principaux composants et l'oxyde de métal revêtu d'un revêtement à faible pouvoir émissif qui lui permet de fonctionner comme un miroir donc plus de lumière et moins de chaleur

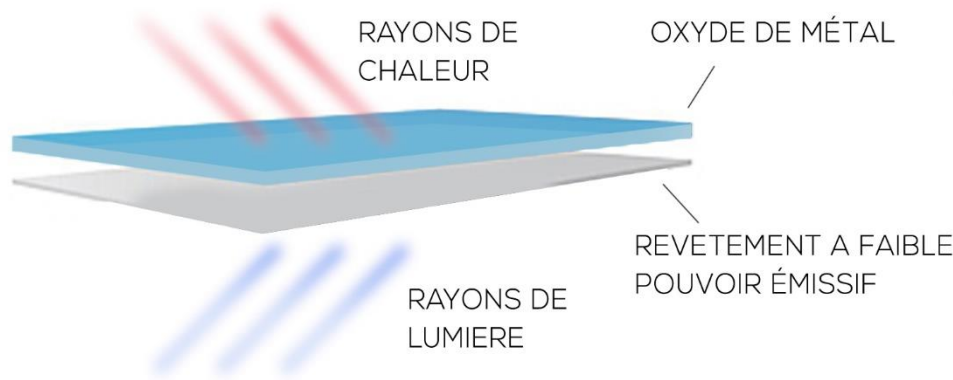


Fig V.22 : Composition du verre utilisée dans la serre

V.4 Gestion des eaux :

Les troncs de palmiers morts sont broyés et appliqués à la surface du sol. Les raisons d'application comprennent limiter l'évaporation des eaux d'arrosage et la conservation de l'humidité du sol, l'amélioration de la fertilité et de la santé du sol et la réduction de la croissance des mauvaises herbes.

V.5. Energie :

V.5.1 L'agrivoltaïque :

L'agrivoltaïque est un concept de culture étagée désigne l'association d'une production d'électricité photovoltaïque et une production agricole sur une même surface. La coexistence de panneaux solaires et de cultures implique un partage de la lumière entre ces deux types de production. Ces panneaux permettant aussi de protéger les plantes de l'ensoleillement excessif, du stress hydrique et des aléas climatiques.

V.5.1.1. Principe de fonctionnement :

le concept de cette technologie repose sur le pilotage intelligent de panneaux photovoltaïques qui sont pilotés selon les besoins physiologiques des plantes cultivées dessous. L'orientation dynamique des panneaux se fait selon des modèles de croissance spécifiques à chaque production agricole. Ce pilotage apporte un ombrage adapté aux stades et aux besoins de développement de la plante. Le rendement et/ou la qualité de la culture est alors optimisé, tout en assurant une production électrique compétitive face aux centrales photovoltaïques classiques.



Fig V.23: système d'agrivoltaïque

À l'instar du confort thermique, le confort visuel est, non seulement une notion, objective faisant appel à des paramètres quantifiables et mesurables, mais aussi à une part de subjectivité liée à un état de bien-être visuel dans un environnement défini, donc le confort visuel c'est une relation visuelle satisfaisante avec l'extérieur qui assure un éclairage naturel optimal en terme de confort et de dépenses énergétiques

Notre intervention aura lieu dans la ville de Ghardaïa une ville avec un potentiel solaire extraordinaire en termes de durée d'ensoleillement, tout au long de l'année, et d'intensité du rayonnement solaire. Mais si le soleil est une source inépuisable de d'énergie et de lumière elle est aussi une terrible contrainte en terme de confort visuel si cette dernière est mal contrôlée

Donc puisque on va concevoir un centre de recherche il est important de s'assurer que l'espace le plus important de notre projet qui est l'espace laboratoire, espace de déroulement des recherches et d'expérimentations fournit un confort visuel aux scientifiques et aux chercheurs qui favorise l'innovation et améliore leurs performances

Afin de vérifier le confort visuel dans le laboratoire on va utiliser deux logiciels : ECOTECH qui permet de simuler le comportement de la lumière naturelle et générer un affichage interactif des résultats analytiques directement dans le contexte du modèle du bâtiment et RADIANCE qui permet de générer des photos réalistes du comportement de la lumière au sein de l'espace simulé

Problématiques :

Le laboratoire de recherche est le cadre le plus immédiat de la vie scientifique, donc l'espace le plus important de notre projet, permettant à des chercheurs travaillant sur des problématiques d'interagir. Le laboratoire en son sein peut également abriter des dispositifs expérimentaux et le déroulement de longues heures de recherches alors il est important d'assurer la pénétration de la lumière naturelle dans le laboratoire pour le déroulement de ses tâches

- Quelle est l'indice d'ouverture idéale permettant de faire pénétrer une quantité de lumière suffisante afin d'assurer un confort visuel dans le laboratoire ?

Hypothèses :

Afin de répondre à notre problématique et résoudre le problème posé on a opté pour les hypothèses suivantes

- Concevoir la taille des ouvertures de manière à assurer une bonne pénétration et répartition de la lumière
- Choix de formes géométrique qui aident à la bonne propagation et répartition de la lumière naturelle

Structure de travail :

Notre travail est réparti en trois parties :

- Une recherche thématique concernant la notion de l'éclairage naturel, ses principes de base et les facteurs influençant la qualité et la quantité de lumière pénétrante.

- La notion de confort visuel et ses paramètres
- Simulation et discussion des résultats

VI.1 Confort visuel :

VI.1.1- Notion de base pour éclairage :

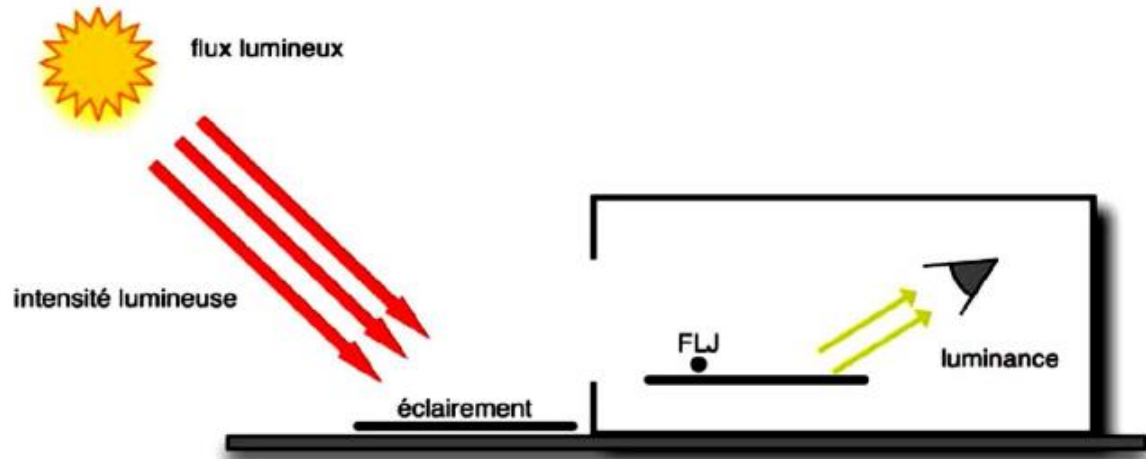


Fig. VI.1 : Types de grandeurs photométriques

Source : Mohamed Anis Gallas 2013

VI.1.1.1- Grandeurs photométriques :

- Le flux lumineux :

C'est la quantité de lumière rayonnée dans tout l'espace par une source. Unité de mesure (lumen-ln)

- La luminance :

Quantité de lumière réfléchie par une surface, Unité de mesure : candela/m² (cd/m²).

- L'éclairage :

Quantité de lumière reçue par une surface, Unité de mesure : le LUX (lumen/m²).

- L'intensité lumineuse :

Quantité de flux lumineux émise dans une direction particulière, exprimée en candelas

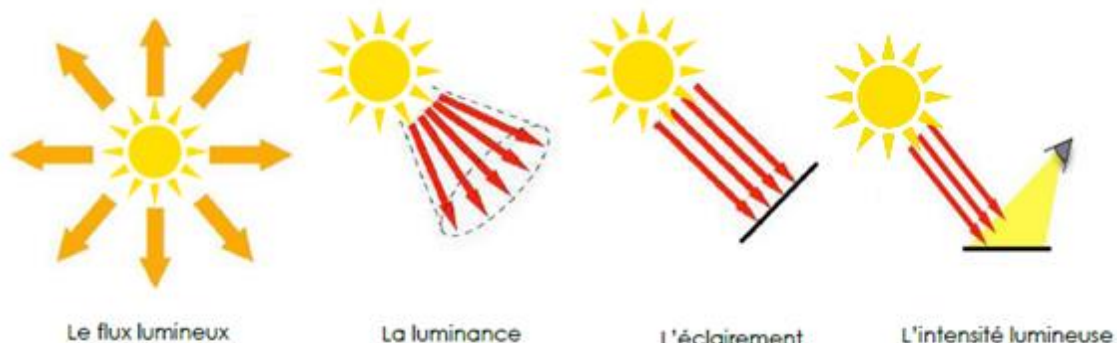


Fig. VI.1 : les grandeurs photométriques

Source : Mohamed Anis Gallas 2013

VI.1.2- Définition du confort visuel :

Le confort visuel a une forte influence sur l'individu tant au niveau physiologique que psychologique. Le confort visuel a plusieurs définitions : c'est une relation visuelle satisfaisante avec l'extérieur ou bien un éclairage naturel optimal en termes de confort et de dépenses énergétiques ; il peut être aussi un éclairage artificiel satisfaisant et un appoint à l'éclairage naturel. De façon générale, le confort visuel est une impression subjective liée à la quantité, à la qualité et à la distribution de la lumière et représente sa satisfaction devant l'environnement visuel qui nous procure une sensation de confort quand nous pouvons voir les objets nettement et sans fatigue, dans une ambiance colorée agréable.

Assurer pour l'homme le confort visuel est bien plus difficile que le confort thermique. Les études ont montré que les différences entre individus peuvent être très grandes (figure 3.4.1) et que, statistiquement, il n'est pas possible de satisfaire simultanément plus de 75% des personnes (alors que ce maximum est de 95% pour le confort thermique). Les appréciations doivent donc être redéfinies et nous parlerons de:

- confort optimal lorsque 75% des individus sont satisfaits ;
- confort si 60% et plus des personnes sont satisfaites
- et d'inconfort lorsque plus de 75% des personnes sont insatisfaites (ou moins de 25 % satisfaites).

VI.1.3. Les critères du confort visuel

Le confort visuel est une sensation totalement subjective. Les facteurs significatifs sont, entre autres, l'âge et l'acuité visuelle. Cette sensation de confort dépend également de l'objet à percevoir, de sa taille, de son aspect, de sa couleur. Le confort visuel doit assurer à la fois la visibilité des objets et des obstacles, la bonne exécution des tâches sans fatigue visuelle et une ambiance lumineuse agréable. Il est inséparable de la quantité, de la distribution et de la qualité de lumière disponible dans une pièce. Le confort visuel peut néanmoins se mesurer à travers des critères objectifs qui doivent être bien étudiés pour atteindre le seuil du confort :

- Le site, avec toutes ses contraintes dont l'ensoleillement, les masques et les reliefs, la nature des surfaces et l'éclairage artificiel extérieur.

- Le nombre d'ouvertures, leur taille, leur orientation.
- La quantité de lumière naturelle.
- La qualité de l'éclairage naturel qui est mesurée par le facteur de lumière du jour (FLJ).
- La qualité de l'éclairage électrique en termes de confort et de dépenses énergétiques est caractérisée par l'indice de rendu des couleurs et la température des couleurs.
- La relation visuelle avec l'extérieur.

VI.1.4 .Paramètres du confort visuel :

1. Un niveau d'éclairage suffisant.
2. Une répartition harmonieuse de la lumière.
3. L'absence d'éblouissement.
4. L'absence d'ombre gênante.
5. Un rendu de couleur correct.
6. Une teinte de lumière agréable.

VI.1.4.1. Un niveau d'éclairage suffisant :

Les locaux de travail, plus particulièrement les laboratoires, doivent bénéficier d'un niveau d'éclairage lumineux adéquat pour l'exécution des différentes tâches visuelles qui s'y déroule. Pour permettra une bonne vision des tâches visuelles et facilitera l'accommodation rapide de l'oeil pour passer de l'une à l'autre.

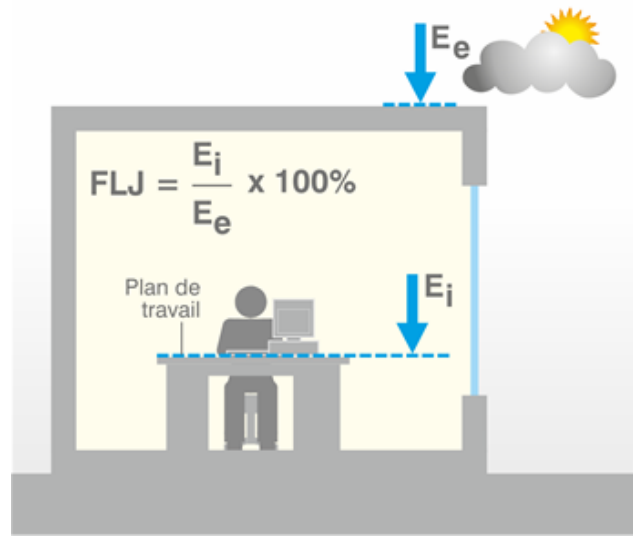
Exigences	Locaux, activités	Eclairage recommandé [lux]	Facteur de lumière du jour recommandé [%]	
			Minimum	Maximum
Réduites	Circulations Toilettes, caves	moins de 120	1,5	
Modérées	Entrées, chambres à coucher, séjour, restaurant, buanderies, salle de gymnastique	120 à 250	1,5	6 à 10
Moyennes	Cuisine, salles de bains, piscines, locaux de travail, salles de réunion, hôtellerie, écoles, logements, activité à l'ordinateur	250 à 500	1,5 à 2,5	6 à 10
Au-dessus de la moyenne	Laboratoire, atelier de mécanique, magasins, couture, lecture, écriture, dessin	500 à 1000	2,5 à 5	6 à 10
Elevées	Travaux manuels fins, ateliers de mécanique fine, studios de prise de vue	1000 et plus	5 et plus	10 à 15

Tableau VI.1 : Eclairages recommandés
Source : Architecture climatique équilibrée

VI.1.4.2. Facteur de lumière du jour (FLJ) :

En éclairage naturel, l'exigence d'éclairage peut se traduire en valeur de "facteur de lumière du jour" (FLJ).

Ce facteur est le rapport de l'éclairage naturel intérieur reçu en un point (généralement le plan de travail ou le niveau du sol) à l'éclairage extérieur simultané sur une surface horizontale, en site parfaitement dégagé, par ciel couvert. Il s'exprime en %.



Dans les conditions de ciel couvert (ciel normalisé par la Commission Internationale de l'Éclairage), les valeurs du facteur de lumière du jour sont indépendantes de l'orientation des baies vitrées, de la saison et de l'heure du jour.

Facteur de lumière du jour	Appréciation	Ambiance lumineuse perçue	Relation avec l'extérieur
<1% 1 à 2%	Très faible à faible	Sombre à peu éclairé	Refermé sur lui-même, isolé
2 à 4% 4 à 7%	Moyen à élevé	Peu éclairé à lumineux	Ouvert par endroits sur l'extérieur
7 à 12% >12%	Elevé à très élevé	Lumineux à très lumineux	Largement ouvert, lié au monde extérieur

Tableau VI.2: Ambiance lumineuse perçue et relation du local avec l'extérieur en fonction du facteur de lumière du jour [8].

VI.1.4.3. Une répartition harmonieuse de la lumière :

VI.1.4.3.1. Uniformité de l'éclairage :

Si le niveau d'éclairage et la luminance varient dans le champ visuel, une adaptation de l'oeil est nécessaire lorsque le regard se déplace. Durant ce moment, l'acuité visuelle est diminuée, entraînant des fatigues inutiles. Pour l'éviter, il faut donc respecter une certaine homogénéité dans les conditions d'éclairage.

Selon la Norme Européenne : «éclairage intérieur des lieux de travail», la répartition lumineuse ou l'uniformité des niveaux d'éclairage (exprimée par l'indice d'uniformité I_u) est définie comme étant « le rapport entre l'éclairage minimum (E_{min}) et l'éclairage moyen (E_{moy}) observé dans la zone de travail ».

□ En règle pour obtenir un éclairage uniforme, l'éclairage maximum (E_{max}) et l'éclairage minimum (E_{min}) relevés dans un local ne doivent pas s'écarter de plus du 1/6 de l'éclairage moyen (E_{moy}).

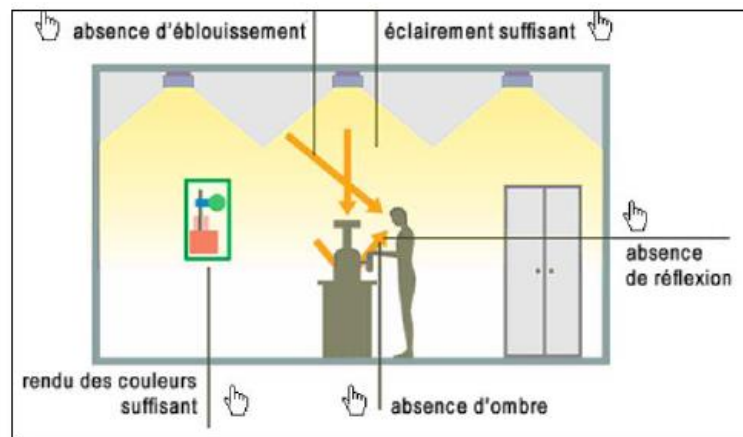


Fig. VI.2 : Eléments du confort visuel.

Source : www-energie.arch.ucl.ac.be

VI.1.4.3.2. Contrôle de l'éblouissement :

L'éblouissement est dû à la présence, dans le champ de vision, de luminances excessives (sources lumineuses intenses) ou de contrastes de luminance excessifs dans l'espace ou dans le temps.

Suivant l'origine de l'éblouissement, on peut distinguer :

- L'éblouissement direct produit par un objet lumineux (lampe, fenêtre, ...) situé dans la même direction que l'objet regardé ou dans une direction voisine.
- L'éblouissement par réflexion produit par des réflexions d'objets lumineux sur des surfaces brillantes (anciens écrans d'ordinateur, plan de travail, tableau ...)

En éclairage naturel, l'éblouissement peut être provoqué par la vue directe du soleil, par une luminance excessive du ciel vu par les fenêtres, ou par des parois réfléchissant trop fortement le rayonnement solaire et provoquant des contrastes trop élevés par rapport aux surfaces voisines. Il est intéressant de noter qu'une plus grande ouverture à la lumière naturelle cause moins d'éblouissement qu'une petite car elle augmente le niveau d'adaptation des yeux et diminue le contraste de luminance.

Pour éviter l'éblouissement produit par les ouvertures, il est souvent nécessaire de réduire leur luminance excessive par rapport à celle de la tâche visuelle en adoptant des systèmes appropriés, dont nous citerons ici quelques-uns :

- Concevoir une grande fenêtre moins éblouissante que plusieurs petites ou bien distribuer les ouvertures sur plusieurs murs. Ceci aura pour effet d'augmenter la luminance d'adaptation de l'environnement général ainsi que la luminance du mur de fenestration qui réduit l'inconfort en diminuant le contraste avec le ciel.

- Diminuer le contraste mur-huisserie grâce à un cadre de couleur claire et matte.
- Occulter le ciel et le soleil par une protection solaire fixe ou mobile, selon l'orientation.

- Diminuer le contraste mur-fenêtre : soit en éclairant (naturellement ou artificiellement) le mur de fenestration, soit en augmentant la composante réfléchie

interne de l'éclairage naturel : c'est-à-dire opter pour des réflectances élevées des surfaces internes en utilisant des couleurs claires et mates.

VI.1.4.3.3. L'absence d'ombres gênantes :

En fonction de sa direction, la lumière peut provoquer l'apparition d'ombres marquées qui risquent de perturber le travail effectué.

Ce risque provient dans deux cas :

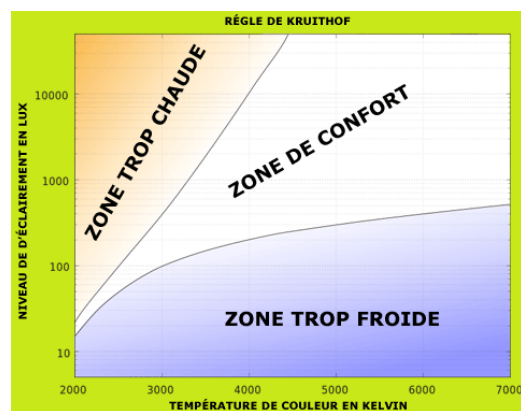
- Lorsque la lumière provient du côté droit pour les droitiers et du côté gauche pour les gauchers.
- Lorsque la lumière est dirigée dans le dos des occupants.



VI.1.4.3.4. La température de la lumière

Les couleurs peuvent contribuer dans une large mesure à modifier la dimension apparente des surfaces et des volumes. Les couleurs chaudes seront de préférence utilisées dans des locaux de dimensions exagérées tandis que les couleurs froides seront choisies pour les locaux de dimensions réduites

□ □



Graph : La température de la lumière en fonction des couleurs

« Teinte chaude » TK < 3300° K (lumière blanche, orangée, soleil à l'horizon)

□ □ « Intermédiaire » TK entre 3300°

□ □ « Teinte froide » (lumière très blanche, bleutée, soleil au zénith).

Synthèse :

L'environnement visuel nous procure une sensation de confort quand nous pouvons voir les objets nettement et sans fatigue dans une ambiance colorées agréable.

Toutefois, la présence de la lumière naturelle dans les locaux de recherche (laboratoires) doit impérativement assurer le « confort visuel » de ses occupants, grâce à l'interaction de plusieurs facteurs qui ont des avantages tant sur le plan physiologique que psychologique des individus.

L'éclairage a un effet profond sur la vie des êtres humains. Il facilite la vision qui est notre source d'informations la plus importante et il affecte notre fonctionnement biologique. La plupart des renseignements que nous obtenons grâce à nos sens, nous les obtenons par la vue, soit près de 80%. C'est l'homme et sa perception qui décident si un éclairage est efficace ou non. Indépendamment de son efficacité technique, une lumière qui éblouit, entamant la capacité visuelle et le bien-être, représente toujours une perte d'énergie. Par rapport à ces

sources de lumière aveuglantes, même les zones fortement éclairées apparaissent alors relativement sombres. Une lumière confortable, non éblouissante, offre au contraire des conditions de perception optimales et un confort pour l'œil humain. Elle permet de recourir à des éclairagements plus faibles et de créer des contrastes subtils, tout en faisant d'énormes économies d'énergie. La lumière du jour restant sans égal, il est important de choisir la configuration des pièces, l'emplacement et les dimensions des ouvertures de sorte que l'éclairage électrique ne soit utilisé qu'en appoint de l'éclairage naturel.

Ainsi, la lumière naturelle apparaît comme le mode d'éclairage le plus agréable, le plus performant et le plus économique. Elle se révèle être l'éclairage d'ambiance par excellence : son utilisation judicieuse est un atout majeur pour développer les qualités architecturales, énergétiques et environnementales d'un bâtiment, tout en optimisant le confort visuel des usagers.

VI.2. Définition de l'éclairage naturel :

La lumière naturelle est composée de la lumière directe du soleil et de la lumière diffuse (rayonnement solaire dispersé par l'eau et la poussière). Elle est composée d'un large spectre électromagnétique caractérisé par un excellent rendu des couleurs. Elle varie également en intensité, en direction et en teinte au fil des heures et des saisons. De cette manière, elle nous renseigne sur l'heure de la journée, les saisons et le temps, et nous aide à maintenir notre équilibre psychologique et social. En raison de sa richesse et son universalité, la lumière naturelle est notre source de lumière de référence. Nous avons donc naturellement une nette préférence pour ce type de lumière par opposition à la lumière artificielle (Beute, 2014).

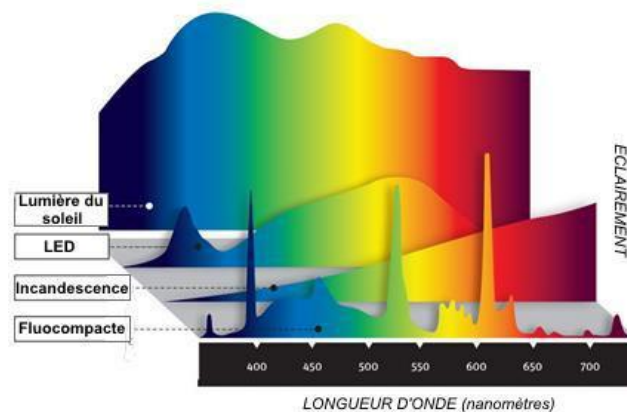


Fig.VI.3 : spectre de différentes sources de lumière (source : popularmechanics.com)

VI.2.1. L'éclairage naturel en architecture :

Dans l'architecture contemporaine, on constate un usage exagéré de systèmes artificiels, et la conceptualisation d'une architecture de géométrie vitrée avec l'usage de murs rideaux qui, paradoxalement, au lieu de faciliter la communication avec l'extérieur créent des barrières infranchissables. On arrive

ainsi à un point où l'ambiance intérieure théoriquement contrôlée devient fréquemment plus inconfortable que l'extérieur : une architecture qui fonctionne moins bien que le climat.

Éclairer naturellement un bâtiment est plus qu'une solution technique à un problème d'efficacité énergétique ou bien même qu'une solution esthétique d'intégration à l'architecture.

La lumière naturelle doit être un composant essentiel d'une philosophie qui reflète une attitude plus responsable et plus sensible de l'être humain par rapport au milieu où il vit.

VI.2.1.1. La compacité :

Un premier aspect à considérer est la compacité du bâtiment, qui établit une relation entre la surface de l'enveloppe du bâtiment et son volume, soit le degré de concentration des espaces intérieurs. Logiquement, les bâtiments les moins compacts offriront de plus grandes possibilités d'éclairage naturel en réduisant de façon significative la zone centrale où il est plus difficile de faire pénétrer la lumière.

VI.2.1.2. La porosité :

Un autre paramètre à considérer est la porosité du bâtiment, qui se réfère à l'existence au sein de son volume global d'espaces vides communicant avec l'extérieur, comme les patios par exemple. Un certain niveau de porosité correspond à une possibilité de créer un accès à la lumière (et aussi à la ventilation) dans les zones centrales d'un bâtiment.

VI.2.1.3. La transparence :

La transparence à la lumière de la peau de l'édifice est un élément supplémentaire à considérer, qui peut aller de l'opacité la plus complète jusqu'à des façades totalement vitrées. Bien qu'une transparence importante augmente essentiellement les niveaux d'éclairage dans les zones périphériques, un bon éclairage résultera surtout d'une répartition harmonieuse de la lumière plutôt que de sa quantité. Souvent, les risques d'éblouissement rendent inadéquates l'éclairage naturel par de grandes ouvertures.

VI.2.2. Facteurs influant l'éclairage naturel :

VI.2.1.1. Environnement extérieur :

➤ les masques

La présence de masques extérieurs se traduit le plus souvent par une réduction importante de la quantité de lumière disponible.

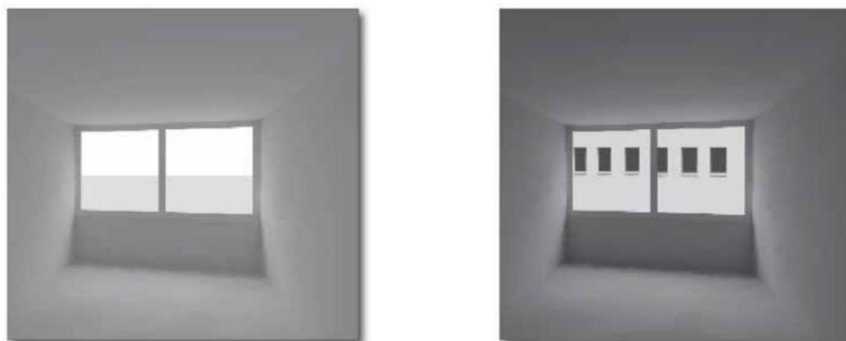


Fig VI.4 : Influence des masques sur l'éclairage naturel (Source : www.energieplus-lesite.be)

A titre indicatif, un masque dont la hauteur angulaire au dessus de l'horizon est de 30° , réduit de 30% la valeur moyenne de l'éclairage dans un local de bureau « typique » ($h = 2.50\text{m}$, $L = 5.50\text{m}$, $l = 3.50\text{m}$). Cette réduction atteint même 50% si l'on considère la partie arrière du local (à 5 m des ouvertures).

➤ Orientation

En cumul annuel, la partie Nord de la voûte céleste est la moins lumineuse.

En conséquence, les locaux dont les ouvertures donnent sur cette orientation seront nettement défavorisés.

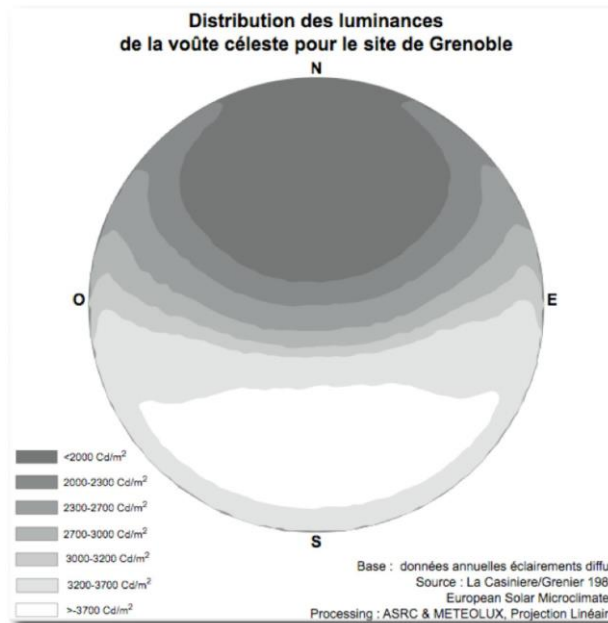


Fig VI.5 : Influence de l'orientation sur la distribution des luminances (Source : www.energieplus-lesite.be)

Les variations saisonnières sont très marquées sur les différentes façades. Il faut noter que seule la façade sud reçoit, relativement, moins d'énergie en été qu'en hiver

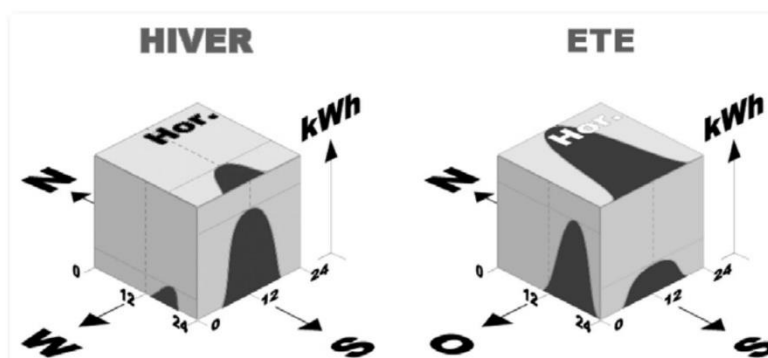
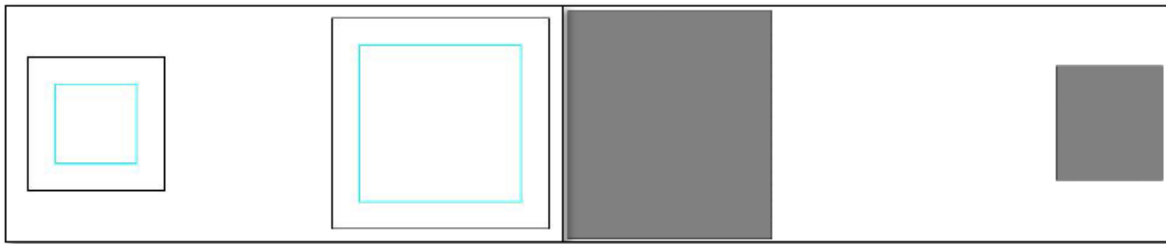


Fig VI.6 : Influence de l'orientation sur la distribution des luminances (Source : www.energieplus-lesite.be)

VI.2.1.2. Les caractéristiques géométriques de l'espace :

➤ La taille :

La taille d'un local n'a pas en principe d'incidence sur la répartition de la lumière à l'intérieur, des espaces de forme identiques mais de taille différentes possédant des ouvertures respectant le même rapport d'échelle bénéficieront de la même distribution de lumière. Comme tous les phénomènes radiatifs en général et les phénomènes lumineux en particulier, ceci permet l'étude précise à l'aide de maquettes. Il faut simplement se rappeler que pour les espaces de grande surface au sol, il faudra donner des hauteurs importantes pour éviter des zones centrales obscures



FigVI.7. : zone centrale obscure dans les espaces des grandes surfaces au sol
Source : TAREB 2007

➤ La forme et les proportions :

La forme et les proportions d'un local sont des paramètres importants pour la qualité de son éclairage naturel en fonction de la position de l'ouverture. En général, les espaces irréguliers ou qui vont en s'élargissant à partir de l'ouverture où pénètre la lumière naturelle, conduisent à une répartition peu homogène

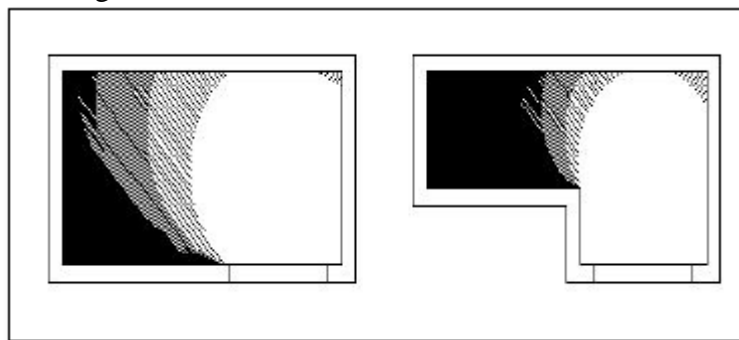


Fig. VI.8 : Relation entre la forme et la distribution de la lumière naturelle
Source : TAREB 2007

VI.11.3. Ouvertures en façade

➤ L'orientation de l'ouverture :

Il est préférable d'organiser les espaces du bâtiment au cours de la conception selon la fonction du moment d'occupation des locaux, de l'activité qui s'y déroule et de la course du soleil.

- Une orientation toute l'année d'une lumière égale et du rayonnement solaire diffus.

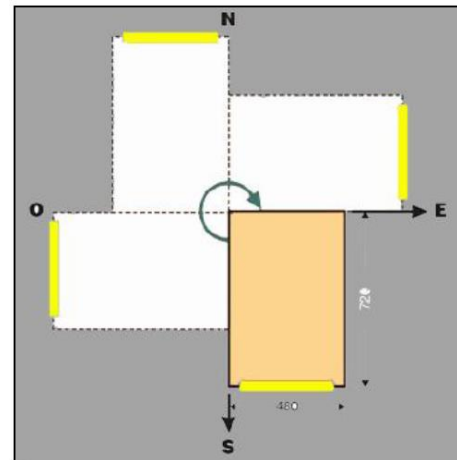
- Une orientation Est matin mais le rayonnement solaire est alors difficile

à maîtriser car les rayons sont bas sur l'horizon.

- Une orientation risque réel d'éblouissement et les gains solaires ont tendance à induire des surchauffes.

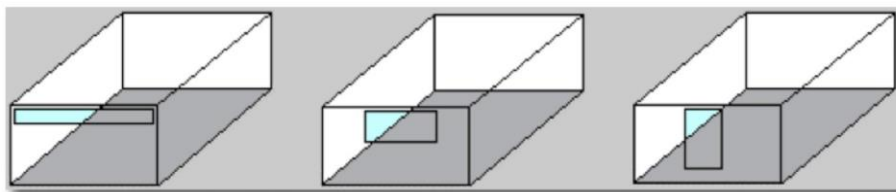
- Une orientation sud

plus facile à contrôler. En effet, en hiver, le soleil bas pénètre profondément dans le bâtiment, tandis qu'en été, la hauteur solaire est plus élevée et la pénétration du soleil est donc moins profonde.



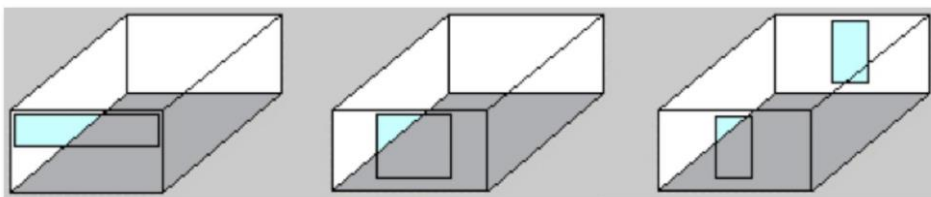
➤ Indice d'ouverture

L'indice d'ouverture représente le pourcentage de surface vitrée rapportée à la surface du local



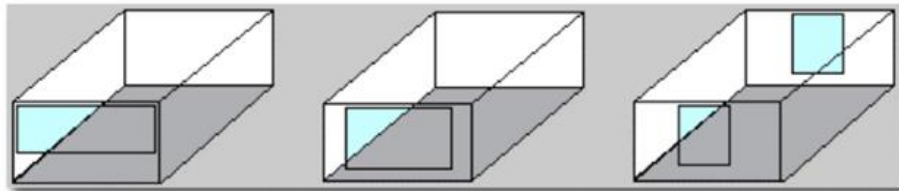
$I_o = 10\%$

Un indice de 10% n'est pas suffisant pour procurer un éclairage satisfaisant à l'ensemble du local



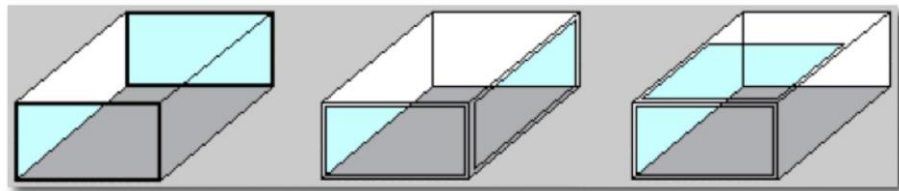
$I_o = 20\%$

Un indice de 20% est généralement suffisant pour offrir une couverture satisfaisante des besoins en lumière naturelle (quantitatif + vues), à condition que l'environnement extérieur et l'orientation ne soient pas trop défavorables



$I_o = 50\%$

Un indice de l'ordre de 50% se traduit par des échanges thermiques très importants (hiver & été). La mise en oeuvre de triple vitrages est nécessaire pour satisfaire le label Minergie



$I_o = 100\%$

Un indice de 100% correspond à des espaces extrêmement exposés du point de vue éclairage et thermique.

	Indice de profondeur	Indice d'Ouverture		
		Base	Performant	Très Performant
Chambres	< 2,6	16%	16%	30%
Séjours	< 3,0	16%	20%	30%
Cuisines	< 2,6	16%	25%	30%
Salles de Classe	< 3,5	20%	30%	35%
Bureaux	< 2,6	20%	30%	35%

Indices d'ouverture et de profondeur en fonction du type de local, source : Qualité environnementale des bâtiments – ADEME 2003

➤ **La forme de l'ouverture :**

Lorsque la largeur d'une fenêtre diminue, à surface vitrée identique, la répartition devient moins uniforme, bien que l'éclairement moyen ne varie que très peu. Pour une même surface vitrée, une fenêtre haute éclaire d'avantage en profondeur. L'idéal réside donc dans une fenêtre horizontale mais dont le linteau est élevé.

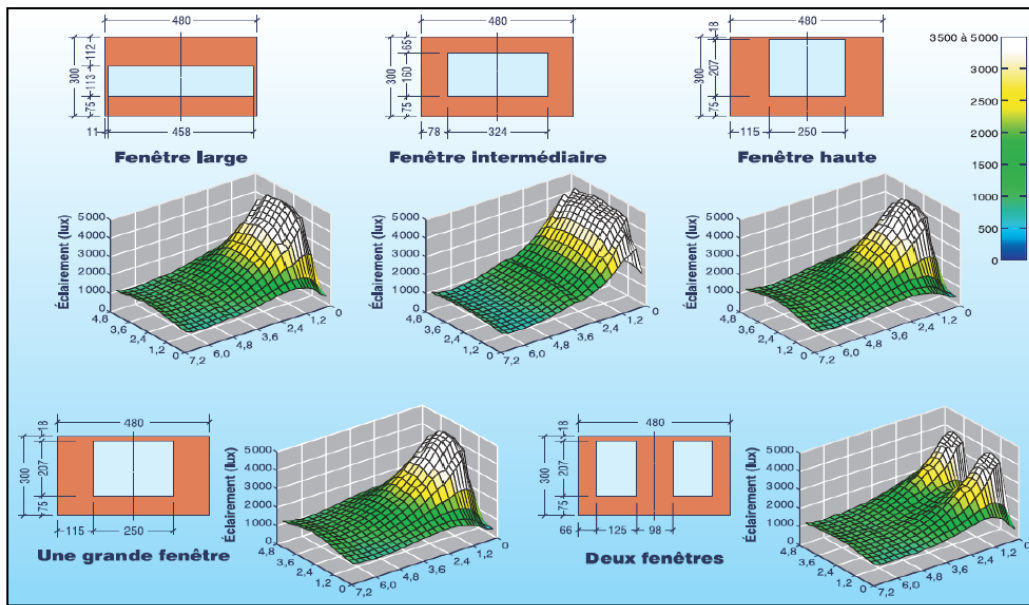


Fig VI.9: Influence de la forme de l'ouverture sur l'éclairement intérieur
 Source: (A.DE HERDE, A. LIEBARD., 2005)

➤ **les embrassures**

Dans le cas de parois épaisses (ou si les ouvertures sont de petites dimensions), le traitement des embrasures peut permettre d'augmenter sensiblement la captation de lumière naturelle. La découpe en biais des embrasures permet d'augmenter l'angle de vision vers l'extérieur et offre une transition lumineuse plus « douce ».

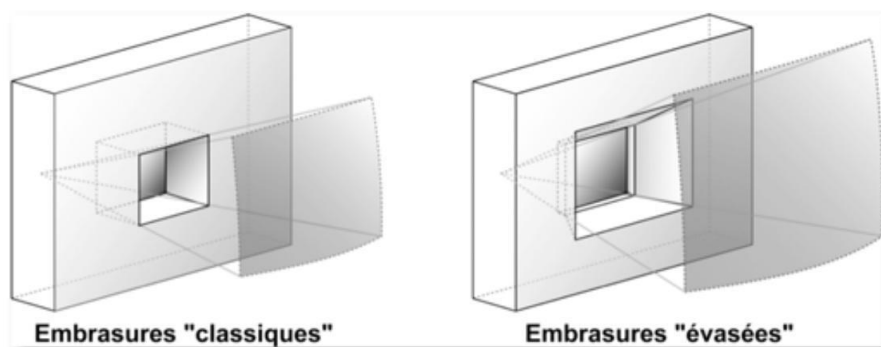


Fig VI.10 : Influence des embrassures sur la captation de la lumière naturelle
 (Source : www.energieplus-lesite.be)

➤ la menuiserie

Les menuiseries représentent un obstacle au passage de la lumière naturelle.

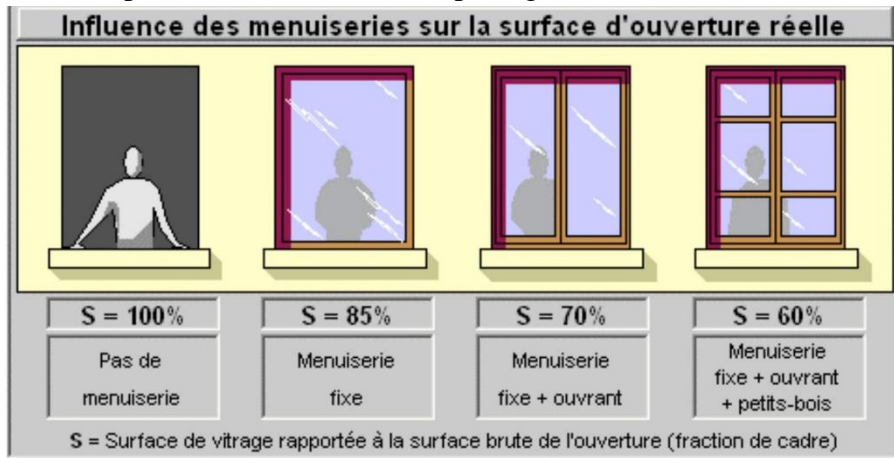


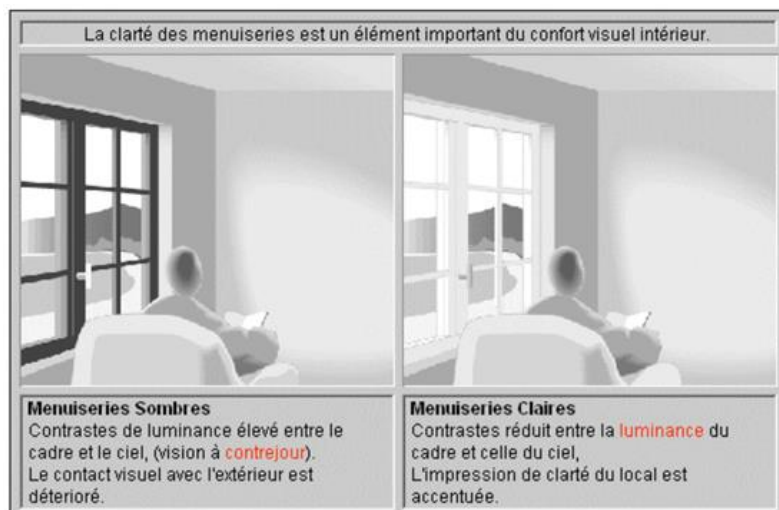
Fig VI.11 : Influence de la menuiserie sur la pénétration de la lumière naturelle
La simplification des systèmes d'ouverture permet d'augmenter de façon notable la quantité de lumière transmise



Indice d'ouverture = 24.1%

Indice d'ouverture = 16.5%

Des menuiseries de couleur sombre accentuent la rupture visuelle avec l'extérieur. L'augmentation du contraste de luminance nuit au confort visuel

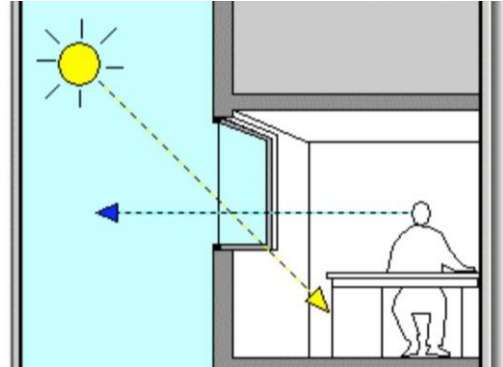


➤ **Types de vitrage :**

il existe trois types

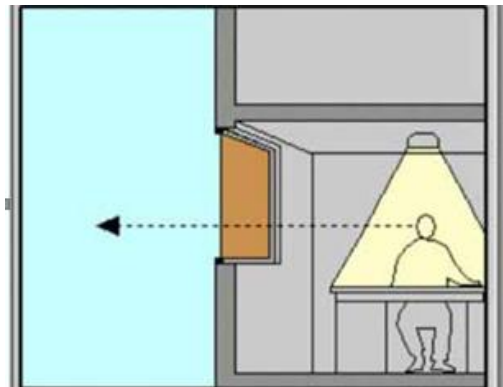
Vitrages clairs :

L'emploi de vitrages clairs permet de maximiser les apports de lumière naturelle en toutes circonstances.



Vitrages teintés ou réfléchissants :

L'emploi de vitrages teintés ou réfléchissants entraîne une sur-utilisation de l'éclairage artificiel sans pour autant résoudre les problèmes d'éblouissement ou de surchauffe estivale.



Vitrages diffusants :

L'emploi de vitrages diffusants ou opalescents entraîne la perte de la vision vers l'extérieur. Exposés au soleil, les vitrages peuvent devenir des sources secondaires éblouissantes.

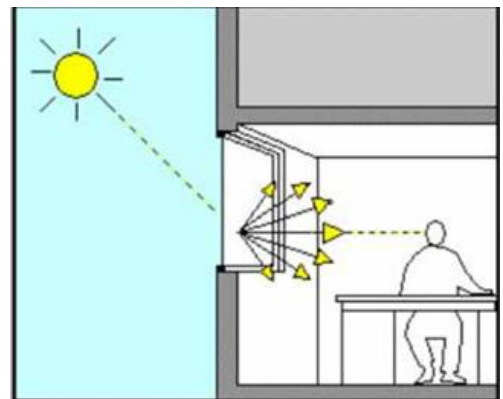
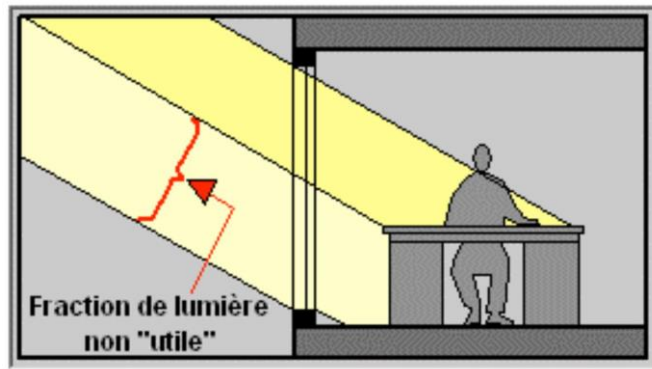


Fig.VI.12: Influence du vitrage sur l'espace intérieur

➤ **Allège – Contrecoeur :**

La partie basse des ouvertures ne contribue pas à l'éclairage des plans de travail tout en augmentant les échanges thermiques.



➤ **Zone d'influence d'une ouverture**

La zone d'influence de la lumière naturelle est directement liée à la position de la limite supérieure du vitrage (h). Au-delà d'une distance égale à $2xh$, l'influence de l'ouverture est « négligeable »

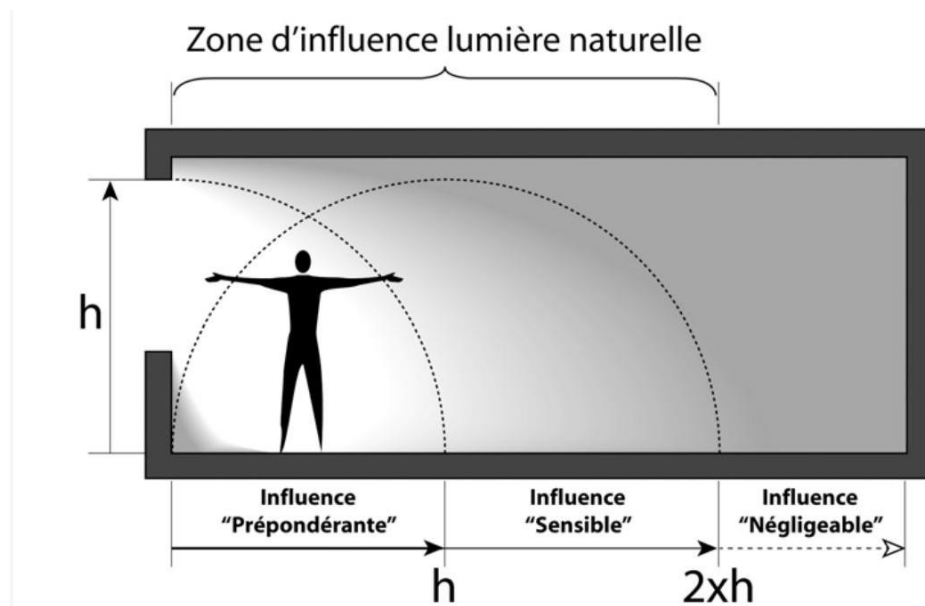


Fig VI.13 : Zone d'influence d'une ouverture (Source : www.energieplus-lesite.be)

➤ Linteau

Chaque fois que cela est possible, il faut aller chercher la lumière naturelle «vers le haut» en réduisant la retombée du linteau.

Plus l'angle de vision du ciel est important, plus la contribution de la lumière naturelle sera élevée en fond de local.

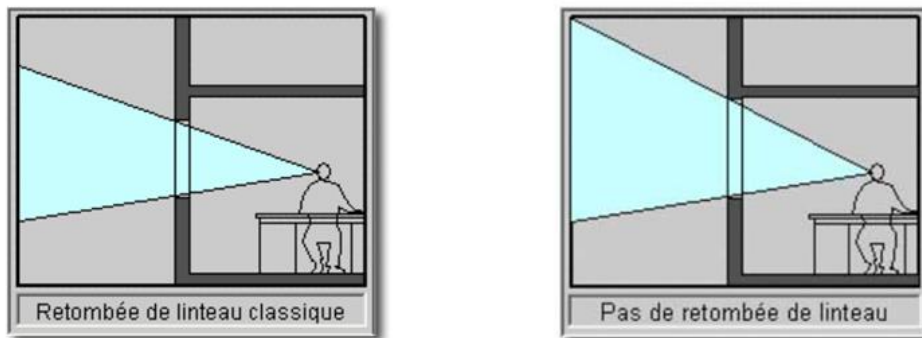


Fig VI.13: influence du linteau sur la pénétration de la lumière naturelle (Source : www.energieplus-lesite.be)

➤ Faux-plafonds :

Le fait d'interrompre le faux-plafond pour augmenter la surface vitrée permet de doubler la quantité de lumière disponible en fond de pièce.

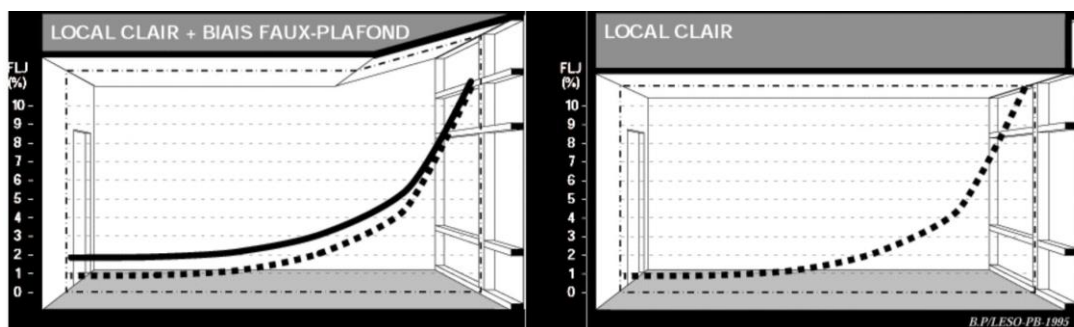


Fig VI.14: influence des faux-plafonds sur la pénétration de lumière naturelle (Source : www.energieplus-lesite.be)

VI.3.1.4. Impact de l'aménagement intérieur du local sur l'éclairage naturel

➤ Clarté des parois

La clarté des parois intérieures influence de manière prépondérante la quantité de lumière disponible en fond de pièce.

De plus, un local sombre apparaît toujours plus exigu qu'un local clair.

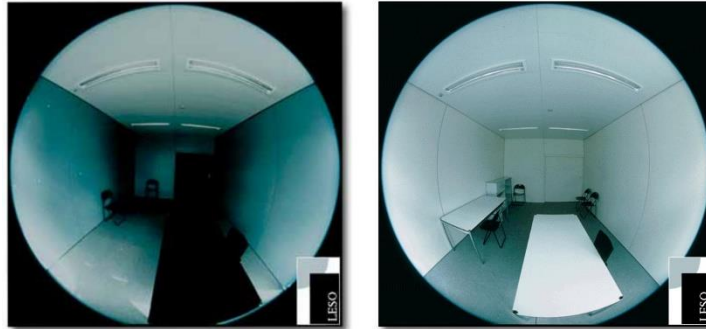


Fig VI.15 : influence de la clarté des parois sur la quantité de lumière disponible en fond de la pièce

(Source : www.energieplus-lesite.be)

➤ **VI.11.3.11.1.**

Un plafond sombre induit une sensation « d'écrasement » qui est souvent perçue de manière négative par les occupants.

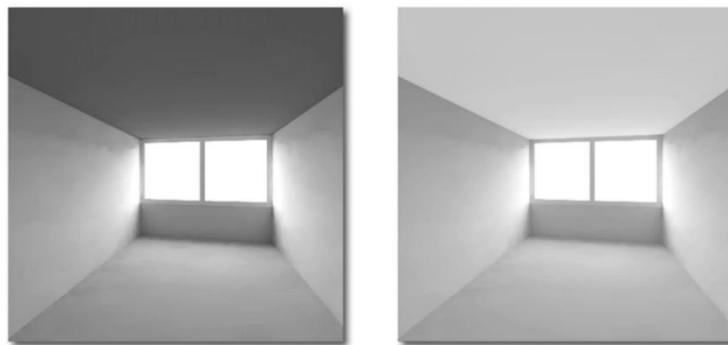


Fig VI.16 : influence de la clarté du plafond sur la lumière naturelle

(Source : www.energieplus-lesite.be)

➤ **Brillances des revêtements :**

L'emploi de matériaux brillants entraîne des risques d'éblouissement. Ceci est particulièrement vrai pour les revêtement de sol (l'œil est plus sensible aux fortes luminance dans la partie basse du champ visuel)

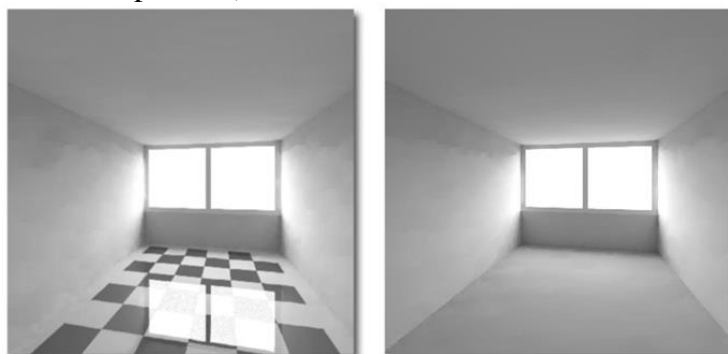


Fig VI.17 : influence de la Brillances des revêtements sur confort visuel

(Source : www.energieplus-lesite.be)

➤ **La couleur et la nature des surfaces intérieures :**

La nature et la couleur des surfaces intérieures influencent directement la pénétration en profondeur et la répartition de la lumière.

La lumière est caractérisée par un facteur de réflexion qui varie d'une couleur à l'autre. Ce facteur est le rapport entre la quantité de lumière L, tombant sur une surface et la lumière l, réfléchi par cette surface. Il s'exprime en %. Le tableau suivant donne les différents facteurs de réflexion pour des couleurs :

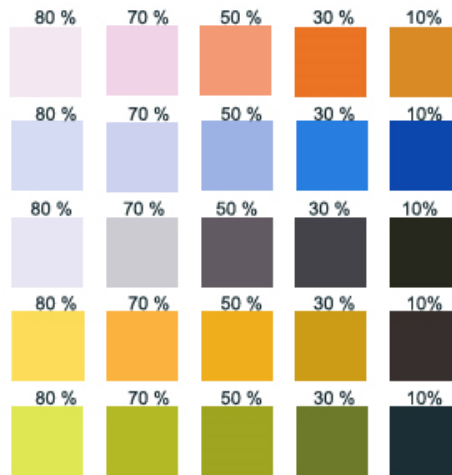


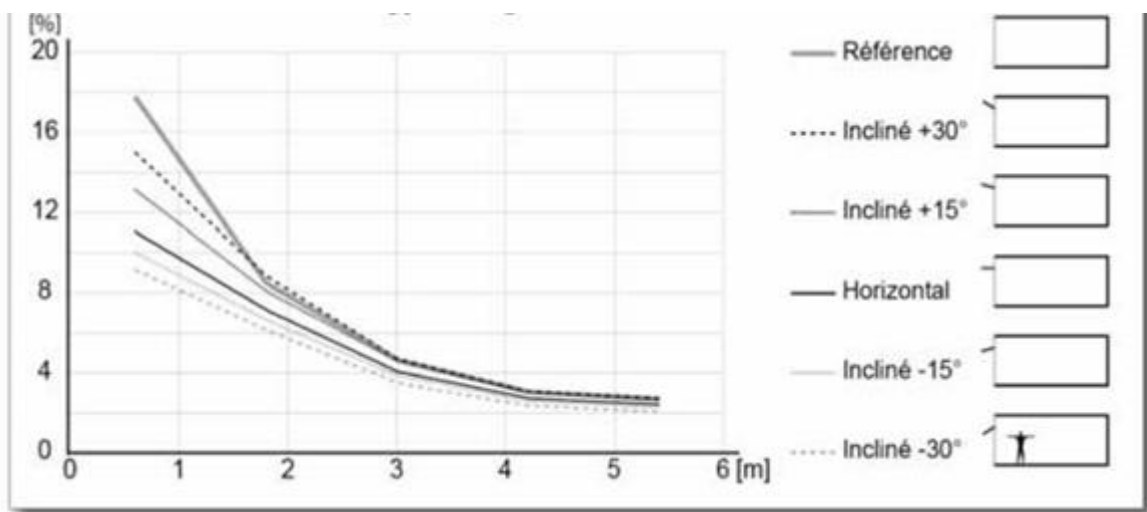
Fig VI.18: facteur de réflexion en (%) pour différentes couleurs,
Source : Cahiers techniques d'éclairage

VI.3. dispositifs de distribution de la lumière naturelle :

Il existe plusieurs dispositifs de distribution de lumière on va citer quelque uns :

VI.3.1.Lightshelf

La mise en œuvre d'un bandeau-lumineux (ou lightshelf) permet de réduire les niveaux d'éclairage près de la fenêtre, tout en maintenant la quantité de lumière disponible en fond



de pièce.

Fig VI.19 : Facteurs de lumière du jour en fonction du type lightshelf
(Source : www.energieplus-lesite.be)

VI.3.2. Systèmes anidoliques

Il est possible de construire des systèmes de concentration qui se comportent comme des « spots » de lumière naturelle, en allant chercher la lumière zénithale.

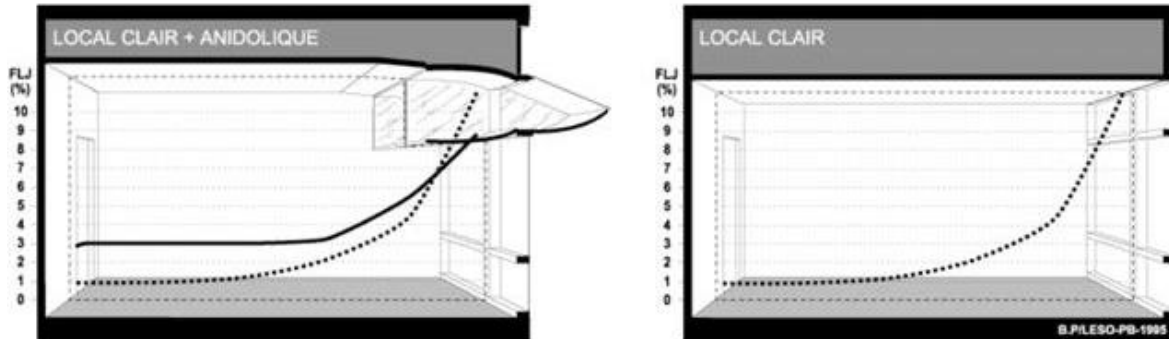


Fig VI.20 : Impact d'un plafond anidolique sur la pénétration de lumière
Source: <http://www.energieplus-lesite.com>

VI.3.3. Second-jours

Une ouverture en second-jour n'est « utile », du point de vue quantitatif, que si elle permet de « voir » le ciel depuis le point d'observation considéré.

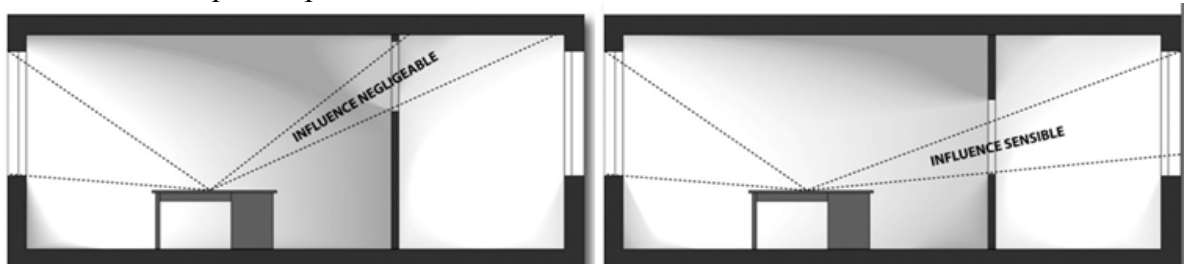


Fig VI.21 : influence de la disposition du second-jours sur la quantité de lumière naturelle pénétrante

(Source : www.energieplus-lesite.be)

VI.3.4. Cheminées de lumière

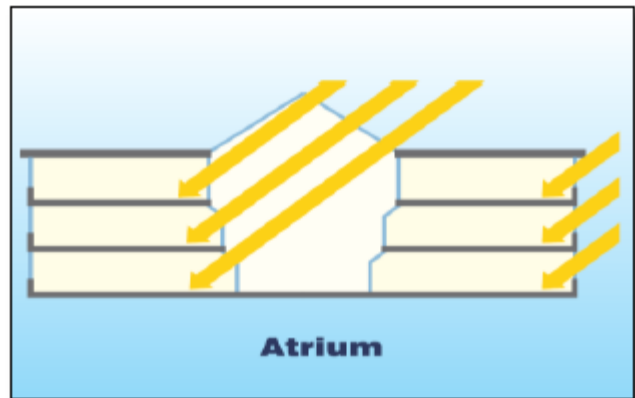
Il est possible de conduire la lumière à travers un ou plusieurs niveaux. Pour cela, il est impératif de revêtir le conduit avec un matériau très réfléchissant (aluminium anodisé). Par ailleurs, le rapport Hauteur/Section ne doit pas dépasser 1/8



Fig VI.22 : Utilisations des cheminées de lumière
(Source : www.energieplus-lesite.be)

VI.3.5. Les atriums :

Un atrium au centre d'un bâtiment permet à la lumière du jour de mieux pénétrer dans cet édifice, tout en formant un espace attrayant, la présence d'un atrium permet également de diminuer les risques d'éblouissement dans les pièces adjacentes.

**Synthèse :**

A travers cette recherche bibliographique on a essayé d'étudier les différents paramètres et facteurs influant sur le comportement de la lumière naturelle, une bonne maîtrise de ces derniers permet d'assurer d'atteindre un confort visuel optimal.

VI.4. Evaluation numérique des conditions d'éclairage dans les laboratoires:

Durant la conception de notre projet architectural on a opté pour des meilleures orientations pour favoriser un éclairage naturel et pour vérifier le rendement de cet éclairage en intervenant sur l'indice d'ouverture on a fait appel à deux logiciels qui nous autorisent de faire une simulation numérique.

VI.4.1. Présentation des logiciels de simulation informatique

- Présentation du logiciel de simulation de l'éclairage naturel ECOTECT 2011 :

ECOTECT est un outil d'analyse environnementale qui permet aux concepteurs de simuler la performance des bâtiments dès les premières étapes de la conception. Il combine des fonctions analytiques avec un affichage interactif qui présente les résultats analytiques directement dans le contexte du modèle de bâtiment.

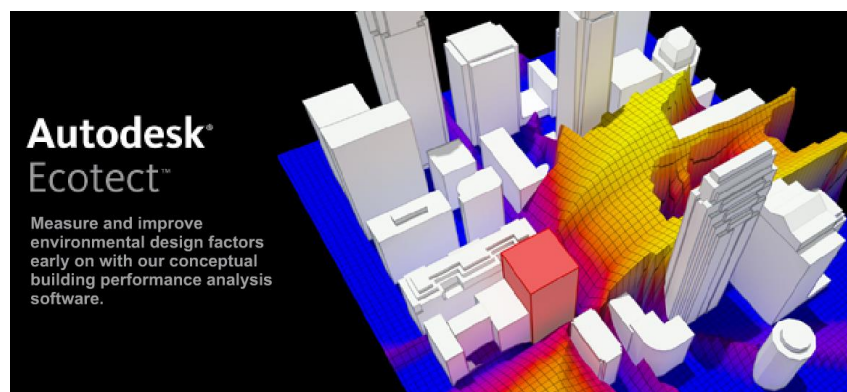


Fig. VI.23 : Vue sur la fenêtre de logiciel Ecotect
source : Ecotect 2011

- Présentation du logiciel de simulation Radiance 2,0 beta :

Radiance est un unique en ce qui concerne sa capacité à simuler le comportement de la lumière au sein d'environnements complexes, autant au niveau des résultats numériques qu'il fournit qu'au réalisme des images qu'il peut générer (Cantin, F .2008).

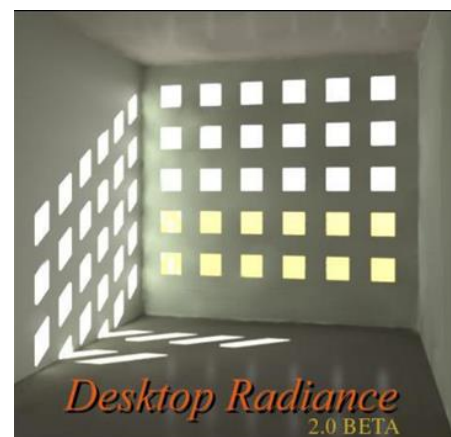
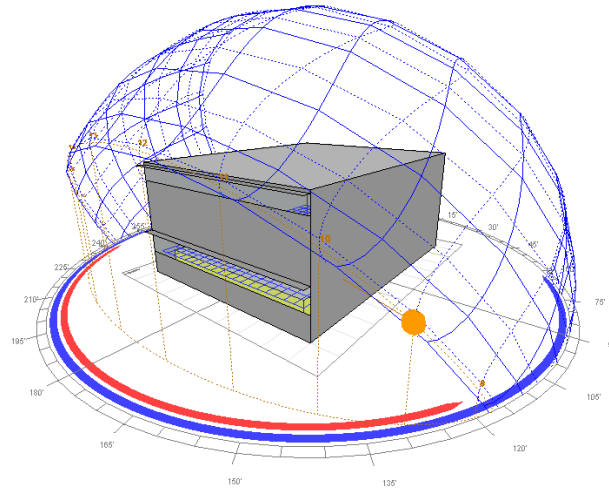


Fig. VI.24 : Vue sur la fenêtre de logiciel Radiance
source : Desktop radiance.

VI.4.2.Choix du cas d'étude :

On a choisi le laboratoire afin d'assurer une ambiance idéale puisque c'est l'espace le plus important (lieu de déroulement de recherche) mais aussi à cause de son orientation (Nord-Sud) pour éviter toutes notions d'inconfort (éblouissement, ombres gênants et rayons solaires directes).



➤ **Description du cas d'étude :**

Le laboratoire est de dimension 8mx10m et d'une hauteur 5 m située au RDC

Le laboratoire est doté de trois rangés d'ouvertures

- Une consacré pour diffuser la lumière au niveau de l'espace de travail quand les chercheurs sont assis.
- Une consacré pour assurer la vision vers l'extérieur quand le chercheur est debout.
- Une consacré pour diffuser la lumière au niveau du plafond.

Local	Niveau d'éclairément	FLJ moyen %	Indice d'uniformité
Laboratoire	+700 Lux	7	0,5

VI.4.3. Validation numérique de l'éclairage naturel (simulations et Résultats) :

➤ **IV.1. Cas initial :**

Pour le cas initial nous avons simulé avec un indice d'ouverture de 20%

☐ **21 décembre ci**

FLJ % moyen	Eclairage horizontal Lux			
5	E _{max}	E _{moy}	E _{min}	I _u
	920.7	503.2	85.7	0.17

Tab : Ambiances lumineuses intérieures source : auteur

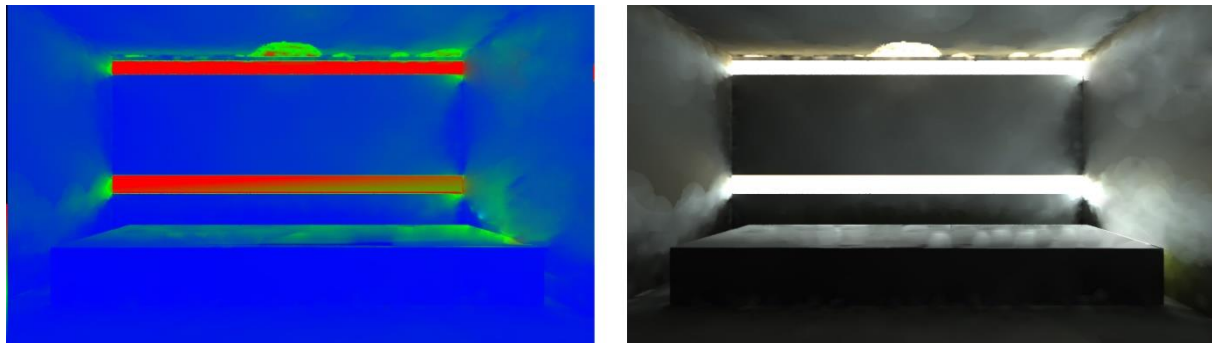


Fig : niveau d'éclairage intérieur (Source :Auteur)

La validation numérique des conditions d'éclairage intérieur dans le laboratoire indique une valeur E_{moy}=503.2 lux a 9h, qui montre une insuffisance en matière d'éclairage naturel. l'indice d'uniformité est d'une valeur très faible I_u=0.17 alors que la valeur recommandée est I_u=0.5. le FLJ est de l'ordre de 5% une valeur inférieure à la norme qui est 7%

☐ **21 décembre ci**

FLJ % moyen	Eclairage horizontal Lux			
6.5	E _{max}	E _{moy}	E _{min}	I _u
	1002.2	600.25	198.3	0.33

Tab : Ambiances lumineuses intérieures source : auteur

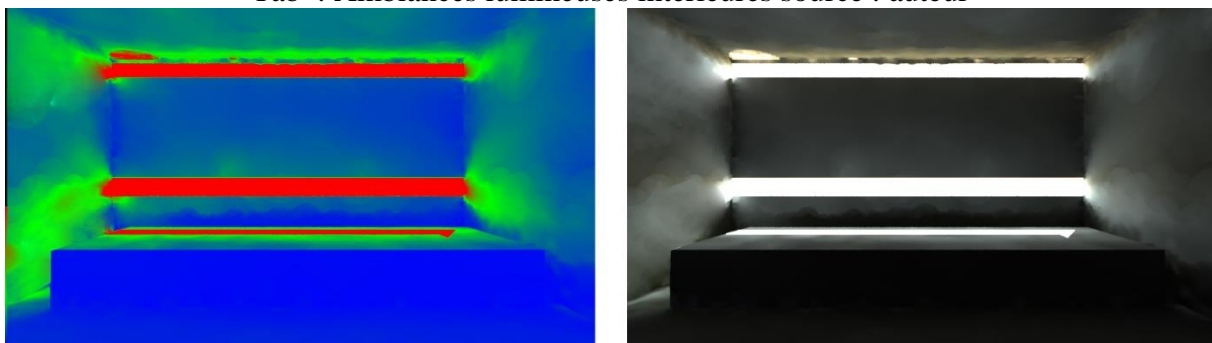


Fig : niveau d'éclairage intérieur (Source :Auteur)

La validation numérique des conditions d'éclairage intérieur donne la valeur E_{moy}=600.25 L'indice d'uniformité indique une valeur faible I_u=0.33 et un FLJ de 6.5% une valeur qui se rapproche de la norme

21 juin ciel dégagé (9h) :

FLJ % moyen	Eclairage horizontal Lux			
6	E _{max}	E _{moy}	E _{min}	I _u
	808	563	318	0.56

Tab : Ambiances lumineuses intérieures source : auteur

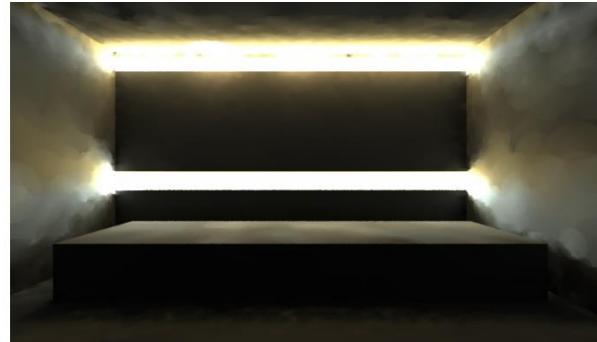
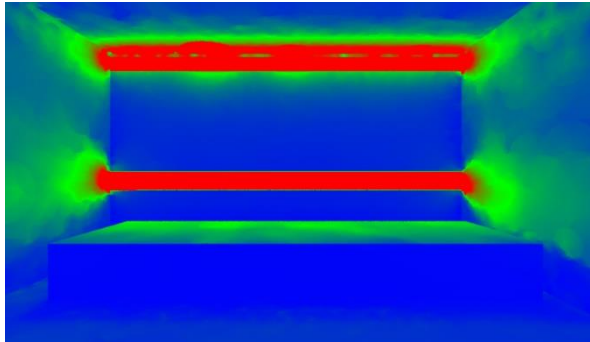


Fig : niveau d'éclairage intérieur (Source :Auteur)

La validation numérique des conditions d'éclairage intérieur donne la valeur E_{moy}=563 qui est inférieure à la norme un FLJ de 6% et un indice d'uniformité de 0.56 qui se rapproche de la norme

21 juin ciel dégagé (15h) :

FLJ % moyen	Eclairage horizontal Lux			
6.5	E _{max}	E _{moy}	E _{min}	I _u
	912	636	360	0.56

Tab : Ambiances lumineuses intérieures source : auteur

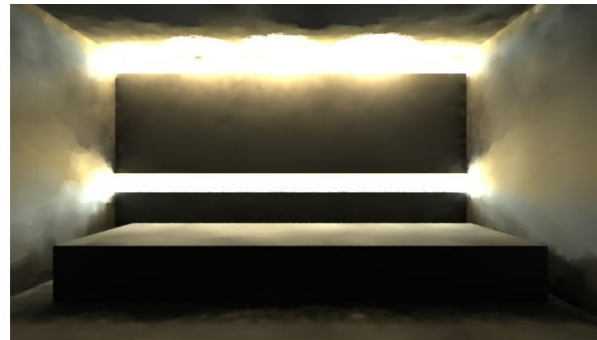
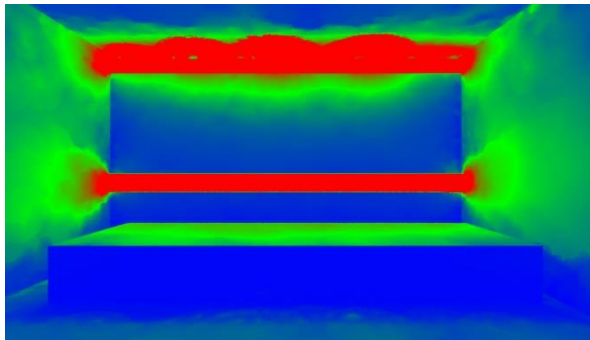


Fig : niveau d'éclairage intérieur (Source :Auteur)

La validation numérique des conditions d'éclairage intérieur donne la valeur E_{moy}=636 un indice d'uniformité de 0.56 et un FLJ de 6.5% , des valeurs qui se rapprochent pratiquement des normes

➤ **Cas amélioré :**

D'après les résultats obtenus par la simulation précédente nous avons remarqué que l'indice d'uniformité crée un certain inconfort pour le solstice d'hiver

Pour le cas amélioré nous avons opté pour un indice d'ouverture de 30%

☐ **21 décembre ci**

FLJ % moyen	Eclairage horizontal Lux			
7	E_{max}	E_{moy}	E_{min}	I_u
	1075	700.5	326	0.46

Tab : Ambiances lumineuses intérieures source : auteur

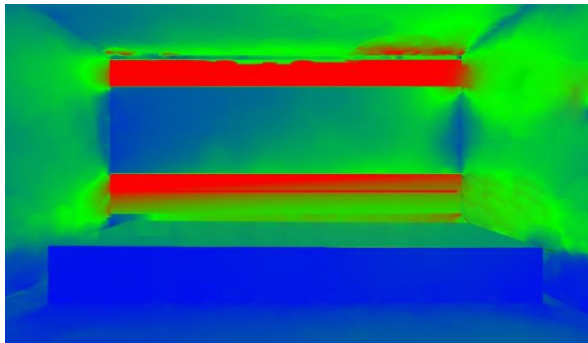


Fig : niveau d'éclairage intérieur (Source :Auteur)

La validation numérique des conditions d'éclairage intérieur donne la valeur $E_{moy}=700.5$, un FLJ de 7% et un indice d'uniformité 0.46 donc il y'a une certaine amélioration pour la répartition de la lumière

☐ **21 décembre ciel couvert (15h) :**

FLJ % moyen	Eclairage horizontal Lux			
8	E_{max}	E_{moy}	E_{min}	I_u
	1179	826	474	0.57

Tab : Ambiances lumineuses intérieures source : auteur

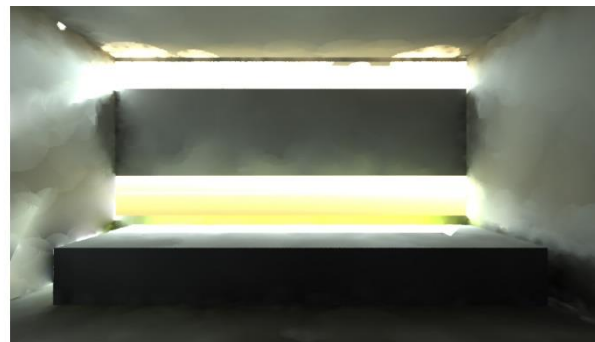
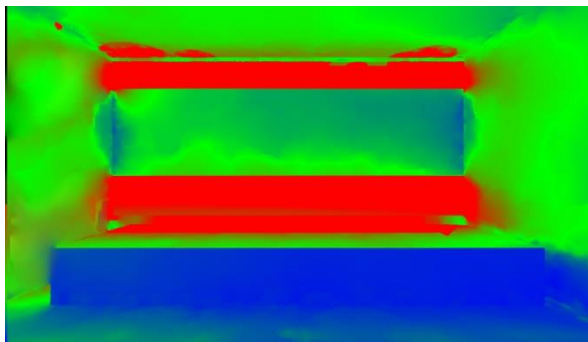


Fig : niveau d'éclairage intérieur (Source :Auteur)

La validation numérique des conditions d'éclairage intérieur donne la valeur $E_{moy}=826$, un FLJ de 8% et un indice d'uniformité 0.57 donc la lumière est répartie selon la norme recommandée

21 juin ciel dégagé (9h) :

FLJ % moyen	Eclairage horizontal Lux			
7.5	E _{max}	E _{moy}	E _{min}	I _u
	899.6	697.3	495	0.7

Tab : Ambiances lumineuses intérieures source : auteur

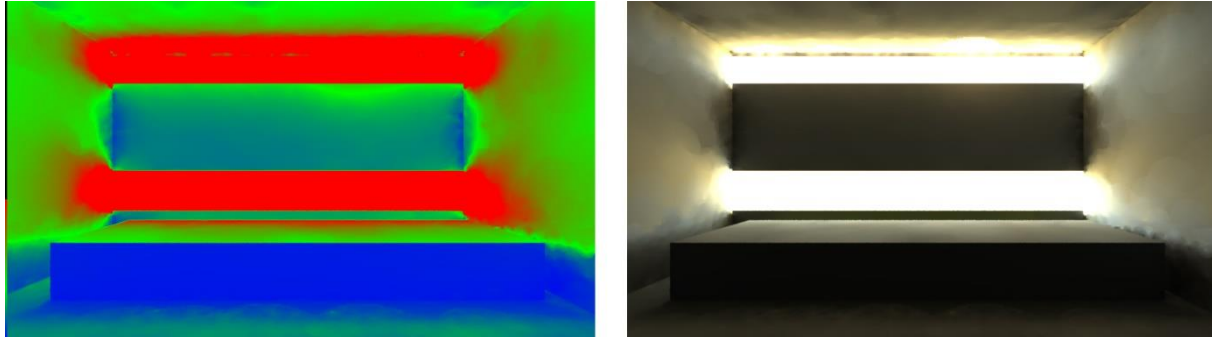


Fig : niveau d'éclairage intérieur (Source :Auteur)

La validation numérique des conditions d'éclairage intérieur donne la valeur $E_{moy}=697.3$, un FLJ de 7.5% et un indice d'uniformité 0.7 qui prouve une très bonne répartition de la lumière a l'intérieur de l'espace

21 juin ciel dégagé (15h) :

FLJ % moyen	Eclairage horizontal Lux			
7.5	E _{max}	E _{moy}	E _{min}	I _u
	1120	746.8	373.6	0.5

Tab : Ambiances lumineuses intérieures source : auteur

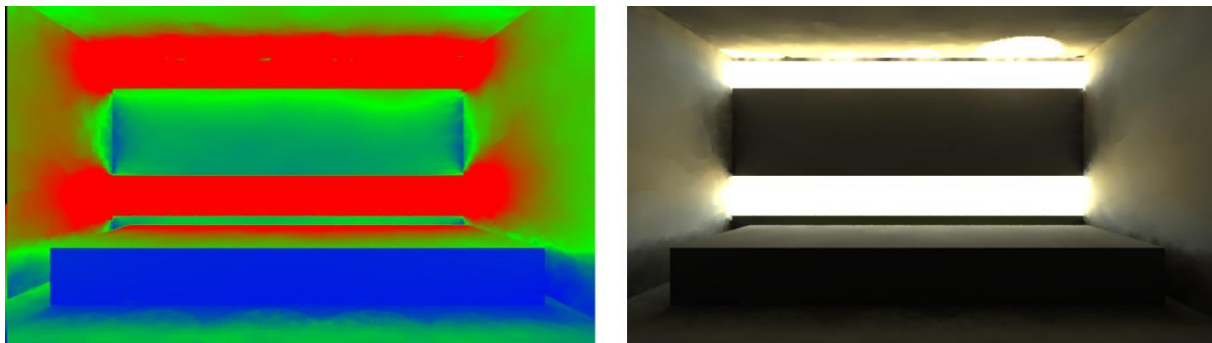


Fig : niveau d'éclairage intérieur (Source :Auteur)

La validation numérique des conditions d'éclairage intérieur donne la valeur $E_{moy}=746.8$, un FLJ de 7.5% et un indice d'uniformité 0.5 qui prouve que la lumière est répartie selon la norme recommandée a l'intérieur de l'espace

Conclusion :

Les simulations présentées dans ce mémoire sont des résultats et des valeurs statiques qui viennent des conditions environnementales existantes. Sur le plan visuel, le contexte de l'étude a été simplifié par les simulations d'un laboratoire, ce qui ne reflète pas évidemment l'image réelle de l'environnement intérieur vécu par les occupants durant toute l'année, et sous différentes conditions climatiques variables. Les résultats de cette modeste étude supportent l'idée que, dans une architecture sensible aux variations d'un climat aride, l'indice d'ouverture, objet de l'étude, impose son impact sur le thème relié à la recherche, notamment l'éclairage naturel qui influence les ambiances lumineuses.

Pour améliorer la qualité de lumière naturelle, un niveau d'éclairement suffisant est demandé, avec une distribution uniforme afin de garantir un indice d'uniformité élevé. Pour cela, la correction des gênes consiste à augmenter l'éclairement de l'espace avec l'augmentation de l'indice d'ouverture pour favoriser la pénétration de la lumière les ouvertures en bandes.

Finalement, il est important de noter que l'impact final de la lumière naturelle pénétrante à l'intérieur des espaces est le résultat de l'influence de l'orientation, de la position, de la forme et des dimensions. et plusieurs paramètres à la fois. Par conséquent, nous appartient de faire le rapport entre ces différentes variables dès la première phase de la conception et de les vérifier, afin d'arriver à un environnement lumineux durable et confortable pour les employés (chercheurs).

Conclusion général

Dans ce mémoire nous allons essayer d'avoir notre contribution dans la résolution des problèmes environnementaux auxquels on est confrontée à travers la conception d'un centre de recherches agricoles dans les zones arides a Ghardaïa qui s'inscrit dans le cadre de développement durable ,ce projet sera caractérisé par une architecture plus équitable, économe en énergie et a un faible impact environnemental ,notre projet va faire une combinaison entre l'aspect architectural original, durable et symbolique associé à une technologie moderne du 21ème siècle, qui offre un niveau de fonctionnement optimal tout on essayons de cibler des solutions architecturales et techniques potentiellement porteuse de valeurs environnementale

L'analyse de quelque exemple nous a permis d'approfondir nos connaissances en termes de conception durable et d'ouvrir notre champ de lecture et d'étude à de différents projets qui existent à travers le monde, pour mieux cerner les différents langages architecturaux et les techniques utilisées, par lesquels les architectes ont matérialisé leurs projets afin de générer un langage architectural propre à la ville de Ghardaïa

Nous avons opté pour plusieurs aspects de durabilité dans notre conception afin de minimiser la consommation d'énergie à travers une exploitation maximal des potentialités climatiques et en appliquant des systèmes convenables qui offrent au centre de recherche un confort thermique et visuel.

Ces derniers ont été vérifié par des simulations qui nous ont permis d'intervenir et d'atteindre le confort souhaitable

finalement, il est important de prendre en considération tout les paramètres dès la phase de réflexion et de faire le rapport entre les différentes variables afin d'assurer un projet qui offre des conditions de confort optimal pour ses usagers.

Bibliographie

Ouvrage, article et thèse :

1. Dominique Gauzin Muller ; l'architecture écologique ; le MONITEUR ; Paris ; 2001 ; page 218-223.
 2. Dona Neely et al; Demonstrating the Value of Sustainable Building Strategies a Case Study of Strategies, Challenges, Successes; Commissioned by the Massachusetts Technology Collaborative; September 27, 2005.
 3. Keith Moskow ; Sustainable facilities, green design, construction and operations, Mc Graw hill ; USA; 2008 ; 34-41 et 193-201.
 4. Saïd Mazouz ; élément de conception architecturale ; OPU ; 5ème édition ; Alger ; 2014.
 5. Station météorologique
 6. Pierre Fernandez et Pierre Lavigne; concevoir des bâtiments bioclimatiques; le moniteur; 1er Édition; paris 2009.
8. Mokeddem Mahmoud ; Magister en architecture option construction en zones arides ; modèle de conception de la fenêtre dans l'espace bureau faces aux facteurs soleil et vent en zones arides ; université Amar Thelidji Laghouat ; 2012.
10. Bernard PAULE 2007, Dispositifs d'éclairage naturel UE-M : Espace et lumière : Le projet d'éclairage, Paris 2007.
11. (J.J Damelinicourt, B.Paul 2010) éclairage d'intérieur et ambiance visuelle, Lavoisier, 2010.
12. (Sigrid.R, De Herde.A., 2001). L'éclairage naturel des bâtiments. Ministère de la région de WALONNE, Université catholique de Louvain, Belgique, 2001.
13. (A.DE HERDE, A. LIEBARD, 2005). Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques, Observatoire des énergies renouvelables, Paris, 2005.

Webographie :

- 1- www.energypluslesite.com
- 2- www.infoclimat.fr
- 3- www.archdaily.com