



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



Université Larbi Tébessi - Tébessa
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département d'Architecture

Mémoire de fin d'études pour l'obtention du
diplôme de master Académique

Domaine : Architecture ,Urbanisme et Métiers de la ville

Filière : Architecture

Option : Architecture et environnement

Thème:

**LIMPACT DE LA TAILLE DE BAIE SUR
LE CONFORT VISUEL DANS LES
SALLES DE CLASSES**

(Cas d'étude : Ecoles primaires)

Elaboré par :

- Abbassi djamel eddine
- Chaibi bilel

Encadré par :

Deghiche Salim

Soutenu devant le jury composé de :

- 01- Mme. Zeghichi Sara
- 02- Mr. Deghiche Salim
- 03- Mr. Tadjine Brahim

Président
Rapporteur
Examineur

Année universitaire: 2018/2019

Dédicace

*Tout d'abord, je remercie le dieu, notre créateur, de me donner
la force, la*

Volonté et le courage d'accomplir ce modeste travail

*Au terme de ce travail, je tiens à exprimer d'une manière
particulière,*

*Mes sincères remerciements à mon cher encadreur, M. degliche
Salim*

Pour son considérable apport, ses précieuses orientations et

Encouragement durant l'encadrement de ce travail

Je tiens également à remercier messieurs les membres du jury

Mr Tadjine Brahim et MM. Zeghichi Sarah

*Pour l'honneur qu'ils m'ont fait, en acceptant de siéger à ma
soutenance*

Et prendre la peine de lire et relire ce travail de le corriger

*Enfin, j'exprime mes profondes gratitudes à mes parents,
mes*

*Sœurs et mes proches amis, qui m'ont toujours soutenu et
supporté*

Simiw

*Au moment où je termine se mémoire, je ne manque d'adresser
mes sincères*

*Remerciements à notre Dieu le grand créateur qui m'a guidé
dans mes pas pour arriver à ce
Niveau.*

Je dédie ce modeste travail

A ma très chère mère, et mon père (Allah Yarmouk)

A mes chers frères : ghanou, Mohamed, batta, hanen

Et mes petits anges : zouna, loula

A mes chers cousins

A ma famille

A mon binôme et meilleure amie : SIMIW

*A mes chers amis : nédji, Oussaama, joseph, Habib, yaakoube,
walid, nadjib, et à toutes*

*Les autres personnes que j'aime et que ma mémoire omet de
citer.*

Bilel

SOMMAIRE :

Dédicace

Remercient

CHAPITRE INTRODUCTIF

Introduction	01
1-La problématique de recherche	02
2-Hypothèse	03
3- Objectifs	04
4- Méthodologie et structure de mémoire	04

I : PARTIE THEORIQUE

CHAPITRE 01 : LE CONFORT VISUEL

Introduction.....	05
I- SOURCES DE LA LUMIERE.....	05
1- LA LUMIERE.....	05
1-1- Définition de la lumière.....	05
1-2- Sources lumineuses diurnes directes.....	05
1-2-1- Source primaire	05
1- 2-2-La source secondaire.....	06
1-3-Les Types de la lumière.....	07
1-3-1-La lumière naturelle	07
1-3-2-La lumière artificielle :.....	07
1-4-Influence de la latitude sur les conditions d'ensoleillement	07
1-5-Le climat lumineux.....	08
1-6- La lumière diffuse du ciel :.....	08
1-6-1Modèles de ciel :.....	09
1-6-2- Ciel couvert uniforme :.....	09
1-6-3- Ciel couvert CIE	09
1-6-4- Ciel clair :.....	10

II-LA QUANTITE DE LUMIERE.....	10
1-Grandeurs liées au confort	10
1-1-Intensité lumineuse (I).....	10
1-2-Flux lumineux (F).....	10
1-3-Eclairage (E).....	11
1-4-Luminance (L).....	13
2-Le facteur de lumière de jour	14
III -QUALITE DE LUMIERE	16
1-L'éblouissement:	16
1-1-Types d'éblouissement.....	16
1-1-1-Le premier est l'éblouissement direct:.....	16
1-1-2-Le second est l'éblouissement indirect:.....	16
1-2-Les sources d'éblouissement :.....	16
2-Réflexion.....	17
2-1-La réflexion spéculaire :.....	17
2-2-La réflexion diffuse	17
2-3-La réflexion mixte :	17
3-Rendu de couleur.....	18
4-Température de couleur :.....	19
VI- LA DISTRUBITION DE LA LUMIERE.....	21
1-Uniformité de l'éclairage :.....	21
2-Une répartition harmonieuse de la lumière dans l'espace.....	21
3-L'équilibre des luminances :.....	22
4-Les caractéristiques géométriques :.....	22
4-1- La taille :.....	22
4-2- La forme et les proportions :	23
5-Les systèmes de distribution lumineuse.	23
6- L'aménagement de la salle de classe.....	24
7- L'ombre gênent.....	24
Conclusion	24

CHAPITRE 02 : CONCEPTION DES OUVERTURES

Introduction	25
I- LES OUVERTURES EN ARCHITECTURE.....	25
1- Historique :	25
2- Classifications des baies selon Bernard Tschumi.....	28
2-1- La fenêtre orifice.....	28
2-2- La fenêtre vertical.....	28
2-3-La fenêtre en bande.....	29
2-4- Baie mur rideau	29
3- Typologie des ouvertures	30
3-1- Dispositif des ouvertures :	30
3-2- Systèmes d'ouverture.....	32
3-2-1-les fenêtres	32
3-2-2 les portes.....	33
4- Matériaux	34
4-1- Les matériaux de La fenêtre.....	34
4- 2- Les matériaux de portes.....	35
5- Eléments constructifs	36
II-LES FACTEURS DE CONC.EPTION DES OUVERTURES.....	37
1- Considérations architecturales.....	37
1-1- Paramètres architecturaux.....	37
1-1-1- La forme des ouvertures	37
1-1-2- La position de l'ouverture.....	37
1-1-3- Les dimensions des ouvertures.....	37
1-2- L'orientation et l'inclinaison des ouvertures.....	38
1-3- Contrôle des apports solaires.....	38
- La dimension des baies de fenêtres	38
2- Considérations thermiques.....	39
2-1- Les éléments architecturaux	39
2-1-1- Les brise-soleils	39

2-1-2- Les stores vénitiens	39
2-1-3- Les stores enroulables (ou volets roulants)	40
2-1-4- Les tentes solaires ou marquises	40
2-1-5- Les stores à projection ou volets projetés à l'italienne	40
2-1-6- Les stores enroulables réfléchissants	40
2-1-7- Les protections solaires intégrées au vitrage	40
3- Considérations acoustiques	41
4- Considérations climatiques.....	42
4-1- L'eau et le vent :.....	42
4-2- La neige	43
4-3- La vapeur d'eau	43
5- Considérations lies aux besoins humain	43
5-1- La ventilation	43
5-2- La vue vers extérieur.....	44
5-3- L'intimité : repère religieux et socioculturel	45
III- Considérations spécifiques dans les salles des classes :.....	46
1- Ventilation naturelle/ transversale.....	46
2- Orientation des façades :.....	46
3- Protection des murs.....	46
4- Bien dimensionner les baies.....	47
5- Les ouvertures	47
6- Conclusion	47

II - PARTIE DESCRIPTIVE

CHAPITRE 03 : PRESENTATION DE CAS D'ETUDE

Introduction.....	48
I- PRESENTATION DE LA WILAYA DE TEBESSA	48
1 - Situation de la ville de Tébessa.....	48
2- Ensoleillement :.....	49
3- La situation climatique :.....	50
4- Vitesse du vent.....	52

II-PRESENTATION DE CAS D'ETUDE.....	52
1 -Présentation de l'échantillon :.....	52
2- Situation du cas d'étude :.....	53
3- Etude de l'échantillon :	54
Conclusion	56

CHAPITRE 04 : : LES OUTILS DE SIMULATION

Introduction	57
I- Les outils avancés à environnement intégré	57
1- Classification des logiciels de simulation.....	57
1-1- Outils de Simulation Thermique Dynamique.....	57
1-2-Outils de mécanique des fluides dynamique.....	58
1-3- Outils de gestion de l'éclairage.....	58
1-4-Outils de simulation de systèmes solaires –Energies Renouvelables.....	60
1-5-Outils réglementaires.....	60
2- Domaines d'utilisation des logiciels.....	60
3-Validation des logiciels de simulation de l'éclairage.....	61
3-1- Différents types de validation.....	61
3-1-1- La validation analytique.....	61
3-1-2-La validation expérimentale.....	61
3-1-3-La validation comparative.....	61
4-Méthodologies de prédétermination.....	61
4-1- Méthodes simplifiées	61
4-2-Modèles réduits.....	62
4-3-Modèles numériques.....	62
II-LE CHOIX DE LOGICIEL DE SIMULATION :.....	63
1 -Critère de choix de logiciel.....	63

2- Méthodologie de la simulation.....	63
3- Applicaion :	65
Conclusion :.....	65

III : PARTIE ANALYTIQUE

CHAPITRE 05 SIMULATION ET INTERPRETATION

Introduction	68
A-Type de fenetre uni laterale :.....	68
1- etude selon l'orientation.....	68
1-1- Le mois de février.....	68
1-2- Le mois de mai.....	70
2- etude selon la taille de fenetre :	72
2-1- Le mois de février.....	72
2-2- Le mois de mai :.....	74
B -Type de fenetre bilatérale :.....	76
1- etude selon l'orientation	76
1-1-Le mois de février.....	76
1-2 Le moins mai	78
2- etude selon la taille de fenetre :	80
2-1- Le mois de février.....	80
2-2-Le mois de mai.....	81
Conclusion	82
Conclusion générale.....	83

LISTE DES FIGURES

LISTE DES GRAPHIQUES

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES PHOTOS

BIBLIOGRAPHIE

CHAPITRE INTRODUCTIF

Introduction

Depuis l'origine des temps, la lumière naturelle était un élément présent avec une forte valeur symbolique, permettant de percevoir les objets avant de les toucher. Elle s'associe à toutes les cultures humaines et tous les domaines. La lumière naturelle bien pensée joue un double rôle (dans le domaine de l'art et décoration), rendant à la fois une pièce plus fonctionnelle et mettant en valeur sa décoration. De sa part dans le domaine d'industrie, la lumière présente non seulement une importance sur la productivité et les performances, mais elle améliore également la sécurité des personnes. Sans oublier le domaine de la santé où la lumière naturelle est un excellent bactéricide sur l'homme, elle régule les processus métaboliques et immunologiques.

L'éclairage est un élément majeur de l'équilibre psychologique (luminothérapie) alors a un effet profond sur la vie des êtres humains et de la vie sociale, il est indispensable à la vision (*la plupart des renseignements que nous obtenons grâce à nos sens, nous les obtenons par la vue, soit près de 80%.*) (AFE 1987). D'après certains auteurs, les conditions de travail des adultes sont sévèrement réglementées à travers le monde tel que le travail scolaire qui consiste à capter, à retenir et à assimiler une multitude d'informations, dont 65% sont visuelles et seulement 35% sont orales (AFE 1987).

L'Algérie comme un pays où plus de 8 millions de jeunes représentant plus de quart de la population globale suivent un programme d'apprentissage chargé : 8 heures chaque jour pendant 6 jours par semaine, sur tout pour les enfants de 6 ans les conditions où se déroulent cette formation sont défavorables.

TEBESSA comme les autres wilayas de l'Algérie, souffre de mêmes maux tel que les élèves et les enseignants tout cycles confondus travaillent souvent dans des conditions de confort visuel peu satisfaisants. Ou sur les 80 écoles primaires existant sur son territoire, un grand nombre d'élèves sont atteints de maladies oculaires. Le nombre d'élèves portant des lunettes médicales est de 2630 élèves (DDE 2019) un nombre qui devrait être pris en compte, malheureusement et il n'y a pas de soin particulier à la lumière naturelle dans ces équipements surtout dans la phase de conception, qui crée plusieurs problèmes tels que l'inactivité, l'insalubrité, l'insularité et l'absence des élèves ...etc.

Problématique :

L'éclairage doit assurer à la fois la visibilité des objets et des obstacles, la bonne exécution des tâches sans fatigue visuelle exagérée dans une ambiance lumineuse agréable qui correspond aux exigences de l'espace, ce qui est absent dans la réalité vécue d'où plusieurs constats sont relevés :

1- le faible niveau d'éclairage qui provoque une atmosphère de détente et de repos dans les salles de classe et influent négativement sur la performance et la concentration des élèves et rend les élèves en aboulie et inactivité.

2- La présence de l'éblouissement au niveau de plan de travail (fort niveau d'éclairage) rend difficile la lecture de texte sur le tableau et la lecture des livres et feuilles d'examen et les PC, ce qui provoque la fatigue visuelle surtout pour les élèves qui sont assis à côté des ouvertures.

3- La mauvaise visibilité des objets rend difficile la transmission d'information et diminuer la capacité des élèves et influe sur la précision des travaux.

4- La mauvaise orientation des salles des classes défavorise la lecture à travers la création des ombres gênantes sur les plans de travail.

5- l'utilisation de couleur sombre dans les salles des classes rend difficile la distribution de la lumière par la réflexion ce qui crée une ambiance lumineuse désagréable.

D'après ces constats, plusieurs questions se posent :

Question principale :

- Quelle est l'impact de dimensionnement et de la taille des ouvertures sur le confort visuel ?

Questions secondaires :

1- Pourquoi y'a-t-il des faibles niveaux d'éclairage dans les salles de classe ?

2- Comment assure-t-on une répartition harmonieuse de la lumière ?

3- Quelles sont les causes de l'éblouissement ? et comment peut-on le contrôler ?

4- Comment peut-on assurer une bonne visibilité des objets ?

- 5- Quelle est la meilleure orientation des salles des classe pour assurer une bonne direction de la lumière et pour diminuer les ombres gênantes ?
- 6- Quelle sont les couleurs des parois interne favorisant une ambiance lumineuse agréable ?
- 7- Quelle son le niveau d'éclairage optimale pour une salle de classe ?
- 8- Comment peut-on obtenir une répartition d'éclairage homogène ?

Il est important de choisir la configuration des pièces, l'emplacement et la taille et les dimensions des ouvertures de sorte que l'éclairage artificiel ne soit utilisé qu'en appoint de l'éclairage naturel, notre recherche sera dirigée vers un axe passif qui appuient sur la conception des ouvertures et l'économie d'énergie, pour cela nous avant proposer **l'hypothèse** suivante :

L'hypothèse :

La conception des ouvertures, dans les salles de classe, semble avoir une grande influence sur l'éclairage et l'ambiance lumineuse et par conséquent sur le confort visuel.

Objectifs de recherche :

- Maitriser le concept du confort visuel ainsi que ses composantes (intensité lumineuse, ambiance lumineuse ...etc.).
- Mettre en évidence les facteurs déterminant la conception des ouvertures dans les salles de classe (typologie, matériaux, climat...etc.).
- Vérifier l'état des ouvertures dans les salles de classe à Tébessa.
- Déterminer les logiciels de simulation afin de choisir le meilleur logiciel et le plus précis dans les résultats.
- Appliquer une technique d'observation et d'investigation visant la mise en relation entre la dégradation et la conception.
- Établir une stratégie capable de déterminer les conditions relatives a la conception adéquate des ouvertures des salles de classe.

Méthodologie et structure de mémoire :

Afin de répondre à ces objectifs, l'étude s'est attelée à confirmer ou à infirmer notre hypothèse à travers une structuration de la recherche qui va s'articuler autour de trois parties :

Une première partie théorique : elle consiste en une recherche bibliographique et documentaire scindée en deux chapitres ayant pour objectif de cerner et de comprendre tous les éléments théoriques de base en rapport avec le sujet de recherche contribuant à la canalisation de la présente étude vers les objectifs ciblés. Le premier chapitre a pour objet de fournir un maximum d'information concernant les différentes notions de confort visuel et ses composantes. Le deuxième chapitre définit les différentes notions des bases sur les ouvertures en architecture, ainsi que les différents facteurs que le concepteur devrait prendre en compte pendant la phase de conception.

Une deuxième partie descriptive : elle consiste en un travail de terrain scindée en deux chapitres, le troisième chapitre et le quatrième chapitre, ayant pour objectif de collecter les données climatiques et géographiques et prendre les photos et les relevés et prospection du logiciel en vigueur. Le troisième chapitre abordera la présentation du cas d'étude et un relevé des dimensions des ouvertures et prendre des photos afin de constituer le document graphique, aussi la collection des données climatiques à partir de METEO. Le quatrième chapitre est une recherche documentaire sur les logiciels de modélisation pour objet de choisir le.

Une troisième partie est une partie analytique : elle incarnée dans le cinquième chapitre c'est un travail pratique vise la vérification quantitative de confort visuel et l'interprétation des résultats afin de déterminer les conditions relatives à la conception adéquate des ouvertures des salles de classe. Cet objectif exige une méthodologie axée sur les méthodes numériques par la simulation à l'aide du logiciel de simulation.

L'ensemble des chapitres est initié par un chapitre introductif qui contient l'introduction générale et le problème et l'hypothèse ainsi que la méthodologie et structure de recherche et les objectifs et conclu par une conclusion générale.

PARTIE THEORIQUE

CHAPITRE I
LE CONFORT VISUEL

Introduction

Le présent chapitre a comme objectif la maîtrise du concept de confort visuel à travers une analyse conceptuelle divisant le chapitre en quatre dimensions (source, qualité ; quantité, distribution). La première dimension concerne les sources de lumière, y compris des sources primaires et secondaires, et des types d'éclairage, ainsi que des modèles de ciel et leurs effets. Dans la deuxième dimension, il traite les grandeurs photométriques et la mesure de la quantité à travers ses grandeurs (flux lumineux, intensité lumineuse, luminance, L'éclairement) et facteur lumière de jour. La troisième dimension concerne la qualité et inclut l'absence d'éblouissement et l'absence de réflexion, et le rendu de couleur et l'ombre gênante. Enfin, la quatrième dimension concerne la distribution dont il traite l'uniformité de répartition et l'équilibre de luminance.

I- SOURCES DE LA LUMIERE

1- LA LUMIERE

1-1- Définition de la lumière

La lumière est d'un point de vue physique, tout ce qui est perçu par l'œil humain, c'est-à-dire des ondes électromagnétiques comprises entre 380 et 780 nm. (Charnay ,2014) (Figure 1)

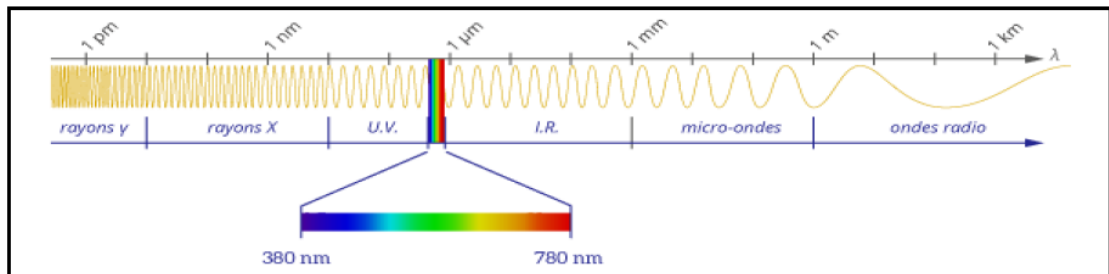


Figure 01 : les ondes électromagnétique constituant la lumière

Source : Charnay [2014]

1-2- Sources lumineuses diurnes directes :

Parmi les sources lumineuses diurnes directes, nous distinguons une source primaire qui est le soleil et une source secondaire représentée par la voûte céleste

1-2-1- Source primaire :

La « source primaire » est une source de lumière qui émet de la lumière qu'elle a elle-même produite. Elle est visible et isolée de toute autre source lumineuse. Le Soleil est une source primaire de la lumière naturelle diurne et il est à l'origine du rayonnement visible direct appelé lumière solaire par (BELL.J et BURT. W 2001) comme étant « la partie de

l'irradiation solaire qui atteint la surface terrestre sous forme de rayons parallèles et qui résulte d'une atténuation sélective par l'atmosphère ».



Figure 02 : Le rayonnement solaire (source : Miguet 2000)

1- 2-2-La source secondaire

Une « source secondaire » est une source de lumière qui n'est visible que lorsqu'elle est éclairée par une source primaire, telle la voûte céleste qui est éclairée par le rayonnement solaire dont une partie (environ 25%), qui est absorbée et réémise par l'atmosphère, constitue ce que les spécialistes appellent la lumière diffuse du ciel. Selon BELL.J et BURT. W2001 : « la lumière du ciel est la partie de l'irradiation solaire qui atteint la surface terrestre et qui résulte de la diffusion par l'atmosphère ». L'avantage de la lumière diffuse du ciel est qu'elle est disponible dans toutes les directions, suscite peu d'éblouissement et ne provoque pas de surchauffe. Elle crée peu d'ombres et de très faibles contrastes mais elle peut être considérée comme insuffisante dans de nombreux cas notamment sous les conditions du ciel couvert en hiver.

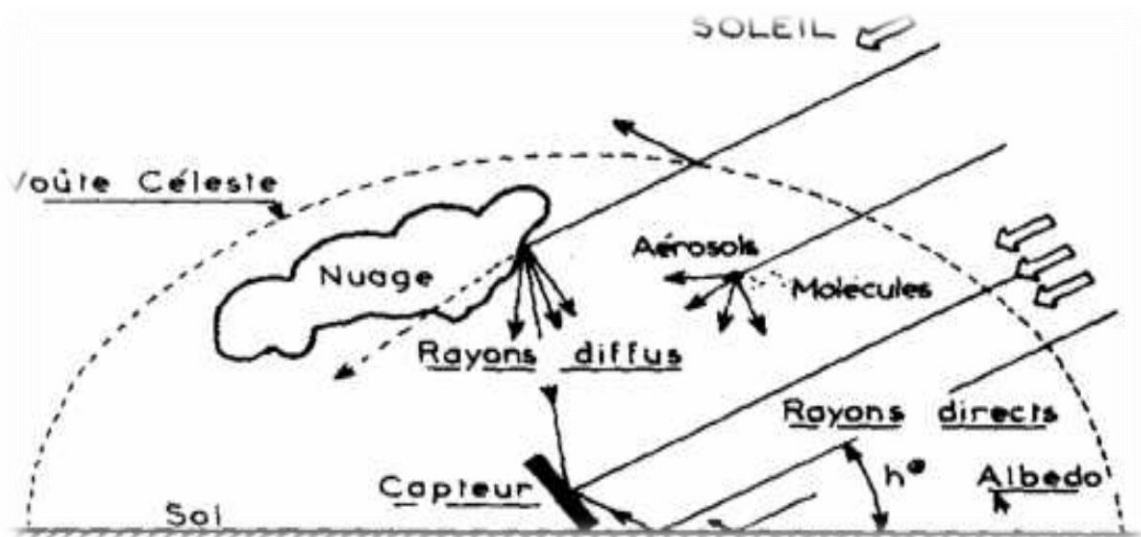


Figure 03 Les différentes formes de rayonnement reçues par une surface terrestre (source : Miguet 2000)

1-3-Les Types de la lumière :

Pour qu'il mette un volume en lumière, l'architecte a deux types de lumière à sa disposition (CUBBER 2014)

1-3-1-La lumière naturelle :

C'est celle venue du soleil, que ce soit direct ou indirect. Elle a toujours la priorité sur la lumière artificielle. Elle est en effet d'une richesse énorme en termes d'intensité, de variabilité de teinte, de direction. Elle est notre référence universelle, c'est grâce à elle que on peut attribuer les couleurs aux objets et elle nous donne nos repères spatiaux-temporels. (CUBBER 2014)

1-3-2-La lumière artificielle :

Moins riche que la lumière naturelle, la lumière artificielle est indispensable dans l'intérieur. Son rôle est de compléter l'éclairage naturel, la lumière du jour n'est souvent pas suffisante pour le confort visuel, en fonction du moment de la journée ou de la saison. C'est là qu'intervient la lumière artificielle. Elle a l'avantage de pouvoir être créée, maîtrisée et contrôlée. (CUBBER 2014)

1-4-Influence de la latitude sur les conditions d'ensoleillement :

La position géographique d'un lieu sur la terre est déterminée par sa latitude, qui est définie comme étant « *l'angle compris entre la droite joignant le point considéré sur la terre et le centre de la terre avec le plan de l'équateur terrestre* » MUDRI L 2002.

En fonction de la latitude des lieux, pour une même date, les périodes d'ensoleillement seront plus ou moins longues, inversées, Selon MUDRI L 2002, (*les éclairagements lumineux directs seront aussi d'intensité variable à cause de l'épaisseur de la masse d'air (ou de la couche atmosphérique) traversée par les rayons solaires car plus la latitude est élevée, plus l'épaisseur de la masse d'air à traverser est importante et plus l'éclairage lumineux direct est faible. La partie du ciel occupée par le soleil aux différents moments du jour et de l'année diffère également suivant la latitude en effet, plus la latitude est faible, donc proche de l'équateur, plus les trajectoires solaires sont centrées dans le ciel autour du zénith, à la verticale du lieu. À l'inverse, plus la latitude s'approche de celle des pôles, plus les trajectoires s'approchent de l'horizon. Par conséquent, la distribution des luminances du ciel en est également affectée.*

1-5-Le climat lumineux

Selon Dr. Zemmouri N, dans sa thèse « Daylight Availability Integrated Modeling and Evaluation : A Fuzzy Logic Based Approach » en 2005, basée sur le calcul de simulation informatique, l'Algérie est découpée en 4 grandes zones climatiques lumineuses

1. la première zone, située entre la latitude 34°-36°, est caractérisée par un éclairage lumineux horizontal moyen égal à 35 Kilolux et la dominance du ciel partiellement couvert.
2. la deuxième zone, qui englobe une bande étroite située entre la latitude 31°-34° ainsi que la région du Hoggar, est caractérisée par un éclairage lumineux horizontal moyen égal à 25 Kilolux et la dominance du ciel partiellement couvert.
3. la troisième zone, située au nord du Sahara entre la latitude 27°-31°, est caractérisée par un éclairage lumineux horizontal moyen égal à 42 Kilolux et la dominance du ciel clair.
4. la quatrième zone, qui concerne la moitié du territoire algérien située au sud du Sahara entre la latitude 18°-27°, est caractérisée par un éclairage lumineux horizontal moyen égal à 47 Kilolux et la dominance du ciel clair.

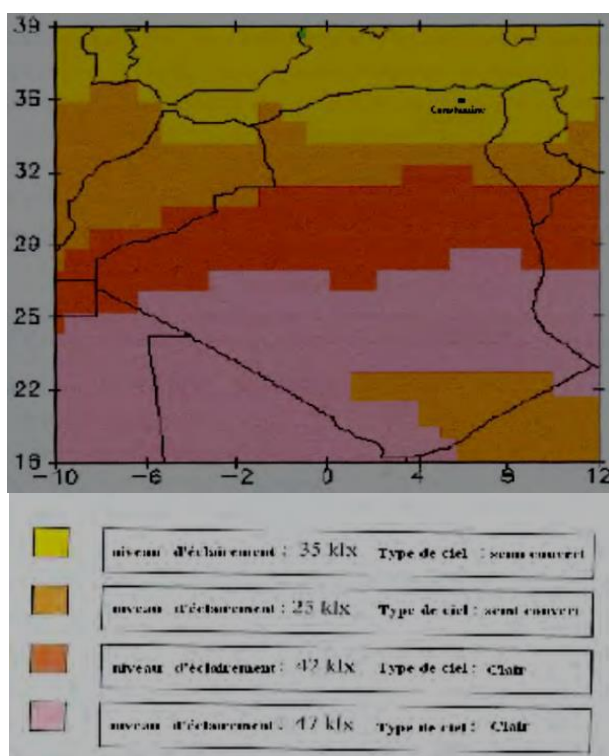


Figure04 : zonage de disponibilité de la lumière naturelle en Algérie

Source : Zemmouri N 2006

1-6- La lumière diffuse du ciel :

Dans le domaine de l'éclairage naturel et contrairement à la thermique, l'étude du ciel ainsi que de la répartition de ses luminances selon les différents moments de la journée et de l'année, est fondamentale pour la compréhension du phénomène. Par ailleurs, la qualité et la

quantité de lumière diffuse émise par la voûte céleste sont instables car les phénomènes climatiques qui entrent en jeu restent aléatoires et ne peuvent être approchés que statistiquement à travers les relevés météorologiques qui déterminent les probabilités de survenu d'un type de ciel.

1-6-1 Modèles de ciel :

La CIE (Commission International de l'Éclairage) propose aujourd'hui 15 modélisations de types de ciels (PEREZ., 1993). Elles reprennent toujours le ciel couvert uniforme, le ciel couvert et le ciel clair. Trois modèles de ciel sont couramment utilisés, ces modèles de ciels (2 ciels couverts et un ciel clair) sont les plus anciens ciels normalisés par la CIE



Figure 05 : Modèles de ciel. Source : BODART, M., 2002.

Selon L MUDRI, L., 2002, ces modèles standards de ciel permettent de représenter la distribution spatiale et temporelle des luminances de la voûte céleste.

1-6-2- Ciel couvert uniforme :

C'est le cas d'un ciel couvert d'une couche épaisse de nuage laiteux, ou à une atmosphère pleine de poussière, ou le soleil n'est pas visible. Chaque point de la voûte céleste est caractérisé par la même luminance. Dans la pratique, cela correspond par exemple, à des conditions de brouillard dense.

1-6-3- Ciel couvert CIE

C'est le cas d'un ciel avec des nuages clairs cachant le soleil. Ce modèle stipule que la luminance du zénith est trois fois supérieure à celle de l'horizon. Dans ce cas, la symétrie autour de direction zénithale indique que l'orientation d'une baie verticale est sans effet sur le niveau d'éclairage intérieur

1-6-4- Ciel clair :

Le ciel clair est un rayonnement diffus qui dépend de la variation de la position du soleil, mais qui n'intègre pas le rayonnement solaire direct. Ce modèle simule la composante diffuse de l'éclairement d'un ciel serein.

II-LA QUANTITE DE LUMIERE

1-Grandeurs liées au confort

Les grandeurs photométriques sont à la base de toutes les mesures en éclairage et il existe 4 grandeurs fondamentales :

1-1-Intensité lumineuse (I)

Etablie à partir de la notion du flux lumineux et considérée comme la seule véritable nouvelle grandeur qu'introduit la photométrie dans le système international (SI), l'intensité lumineuse est définie comme étant le quotient entre le flux lumineux élémentaire quittant une source lumineuse et l'angle solide élémentaire dans lequel il se propage. Elle est utilisée pour les calculs d'éclairement ponctuel, représentée par un vecteur en vue de sa dépendance de la direction d'émission et exprimée en candela. La candela (cd) est l'intensité lumineuse, dans une direction donnée, d'une source qui émet un rayonnement monochromatique de fréquence 540.1012 Hz et dont l'intensité énergétique est de 1/683 W.sr-1. L'instrument utilisé pour sa mesure est les récepteurs photométriques

Symbole : I Unité de mesure : cd Candela

L'intensité lumineuse (I) est la quantité de flux lumineux émise dans une direction particulière. Elle permet de caractériser les luminaires en indiquant sur un graphe leur intensité lumineuse dans les différentes directions (pour une source lumineuse de 1 000 lm).

$I = L.S$ avec :

- I : en candelas (cd)
- L : Luminance en cd/m^2
- S : surface en m^2

1-2-Flux lumineux (F)

Le flux lumineux est la grandeur visuelle correspondant à la quantité de lumière totale fournie par une source lumineuse dans tout l'espace environnant. Sa valeur varie essentiellement en fonction du temps (heure, jour, mois et saison) du fait de sa relation avec le soleil comme source et elle est exprimée en lumen. Le lumen (lm) est le flux lumineux émis dans un angle solide de 1 stéradian par une source ponctuelle isotrope placée au sommet de cet angle et ayant une intensité lumineuse de 1 candéla. L'instrument utilisé pour sa mesure

est le lumen mètre ; un appareil, appelé aussi sphère intégratrice, permet de déterminer le flux lumineux d'une source donnée.

Symbole : Φ Phi Unité de mesure : lm Lumen

1-3-Eclairage (E)

L'éclairage d'une surface donnée est le quotient du flux lumineux sur la surface par l'aire de cette dernière ; son niveau mesure donc la densité de lumière reçue, soit par un point (éclairage ponctuel) ou par une surface (éclairage d'une surface), cela d'une manière horizontale ou verticale. La mesure de l'éclairage dépend donc de la densité de la lumière émise par la source, de la distance entre la source lumineuse et la surface éclairée et de l'inclinaison de la surface ; elle permet une appréciation objective de l'ambiance lumineuse d'un espace (sombre, faiblement éclairé, fortement éclairé) et aide ainsi à faire une comparaison entre espaces éclairés entre eux. L'éclairage est exprimé en lux (lx) ; le lux est l'éclairage d'une surface qui reçoit un flux lumineux de 1 lumen par mètre-carré, d'une manière uniformément répartie. L'instrument permettant sa mesure est le luxmètre.

(L'éclairage en un point d'une surface est le rapport du flux Lumineux reçu par unité de surface. L'éclairage est exprimé en lux. 1 lux = 1 lumen /m². L'éclairage caractérise donc la quantité de lumière reçue par une surface. Cependant, cette grandeur est très difficilement perceptible par l'œil humain. L'échelle des niveaux d'éclairage disponibles naturellement est très étendue elle varie entre 0,2 lux et 100 000 lux (Tableau E).

Source lumineuse	Eclairage (lux)
Extérieur par pleine lune	0.2
Extérieur par ciel couvert	Entre 5000 et 10 000
Extérieur par ciel clair	Entre 7000 et 24000
Surface perpendiculaire au soleil d'été	100 000

Tableau 01 : Eclairage des différentes sources de l'éclairage naturel. (Source : CCRC., 2007).

Symbole : E Unité de mesure : lx Lux

Grandeur	Flux lumineux	Intensité lumineuse	Luminance	Eclairage
Unité	lm	cd	cd/m ²	lx
	émission	émission	émission	réception
Aspect directionnel	non	oui	oui	non

Tableau 02 : Tableau récapitulatif des grandeurs photométriques courantes

(Source : CCRC., 2007)

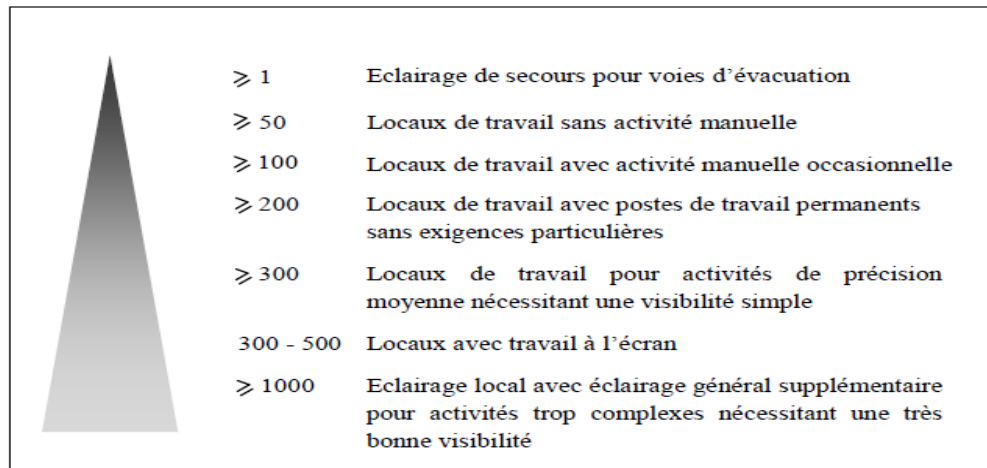


Figure 06 : Valeurs de l'éclairage requises pour un éclairage nominal dans les locaux de travail (Source : CUSSTR 2012)

La valeur de l'éclairage moyen à maintenir dans la zone de travail sur la tâche visuelle est reliée à celle de la zone environnante (ces zones sont définies par un maillage de points de calcul et de mesure) pour éviter la fatigue visuelle, suivant une relation décrite dans le tableau.

Eclairage sur la tâche visuelle (lux)	Eclairage des zones environnantes (lux)
≥ 500	100
300	75
200	50
150	30
$50 \leq E_{\text{tâche}} \leq 100$	20

Tableau 03 : l'éclairage sur la tâche visuelle et la zone d'environnantes
Source (Guide bleu 2014)

La quantité d'éclairage relie à l'activité de l'espace (voir schéma suivant) :

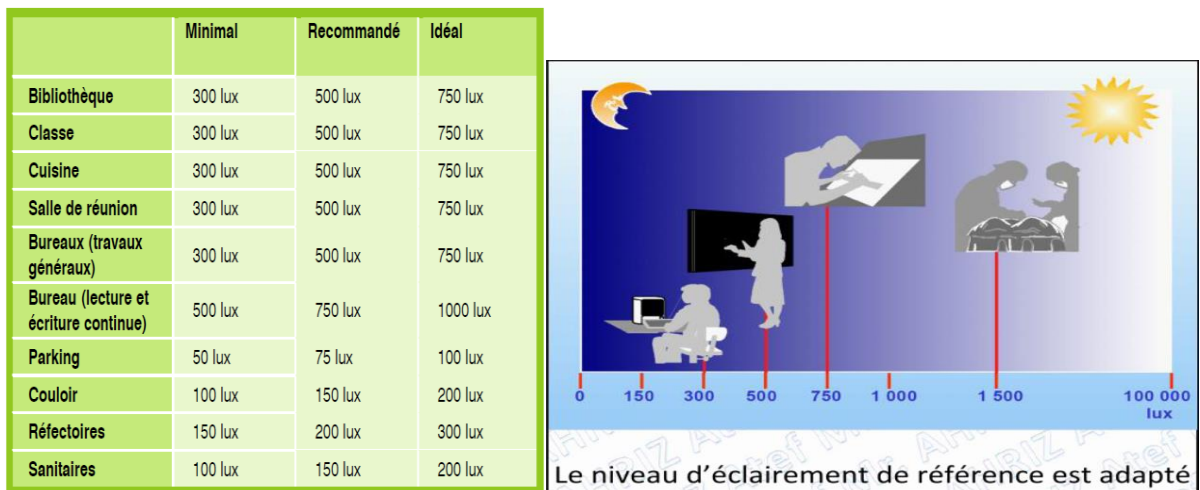


Figure 07 : Niveaux d'éclairage recommandés selon le RGPT 2010 et la norme NBN L 13-006

1-4-Luminance (L)

La luminance qualifie l'impression reçue par l'œil d'un observateur regardant, dans une direction donnée, une source lumineuse, qu'elle soit primaire ou secondaire et selon qu'elle émet la lumière directement ou par réflexion. Elle dépend de la nature de la surface et des conditions météorologiques (temps sec, pluie, etc.) et elle varie suivant la position de l'observateur. La luminance s'exprime par candela par mètre carré (cd/m^2) ; c'est la lumière émise par une surface dont l'aire apparente est de 1 mètre carré et dont l'intensité est de 1 candela. L'instrument permettant de la mesurer est le luminancemètre.

Symbole : L'Unité de mesure : cd/m^2

La luminance est l'intensité lumineuse produite (ou réfléchi) par une surface et vue d'une direction donnée Elle décrit l'effet de la lumière sur l'œil avec :

- L : en candelas par m^2 (cd/m^2)
- I : Intensité lumineuse en candelas
- S : surface en m^2

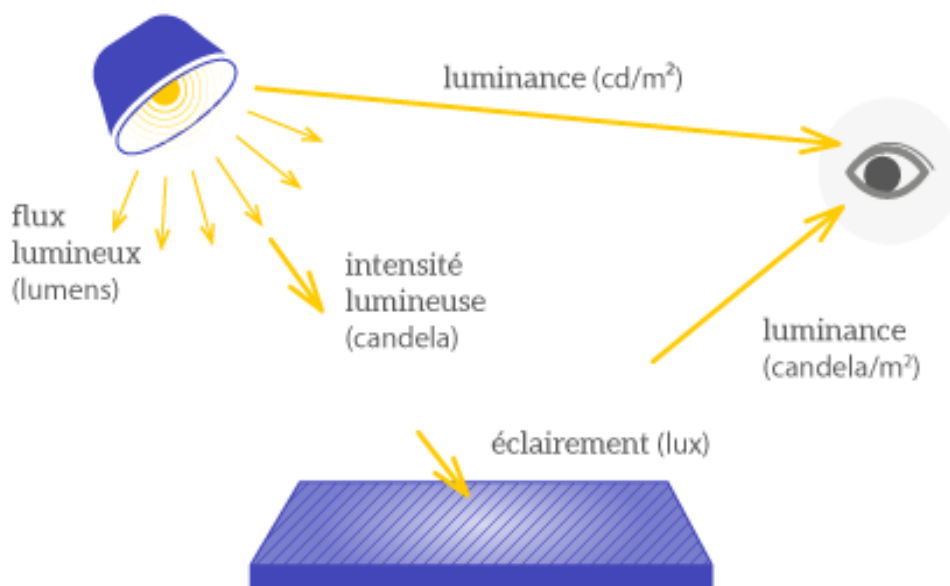


Figure 08 : Résumé des différentes grandeurs

(Source : auteur 2019)

2-Le facteur de lumière de jour

En éclairage naturel, (Liébard et De Herde, 2005) l'exigence d'éclairement peut être exprimée en valeur de "facteur de lumière du jour" (FLJ). Ce facteur est le rapport de l'éclairement naturel intérieur reçu en un point (généralement le plan de travail ou le niveau du sol) à l'éclairement extérieur simultané sur une surface horizontale, en site parfaitement dégagé, par ciel couvert. Il s'exprime en %. Le facteur de la lumière du jour (FLJ) est la somme de trois composantes :

- La composante directe (SC= Sky component).
- La composante réfléchie externe (ERC= External Reflected component).
- La composante réfléchie interne (IRC=Internal Reflected component).

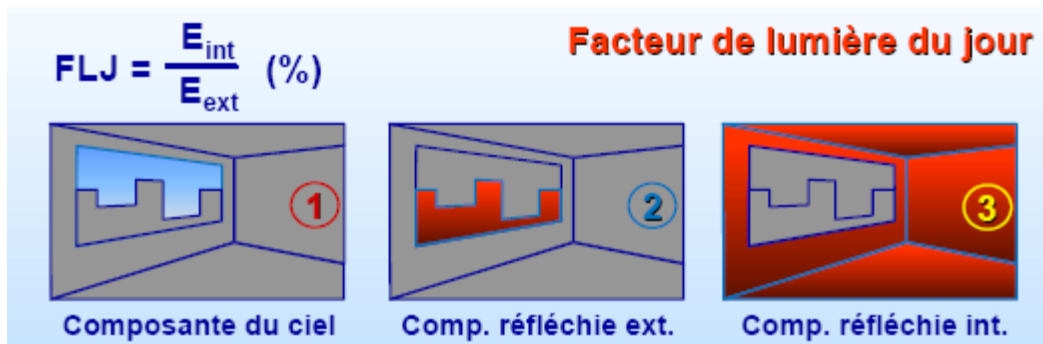


Figure09 : Les trois composantes du facteur de lumière du jour.
(Source : Liébard et De Herde, 2005)

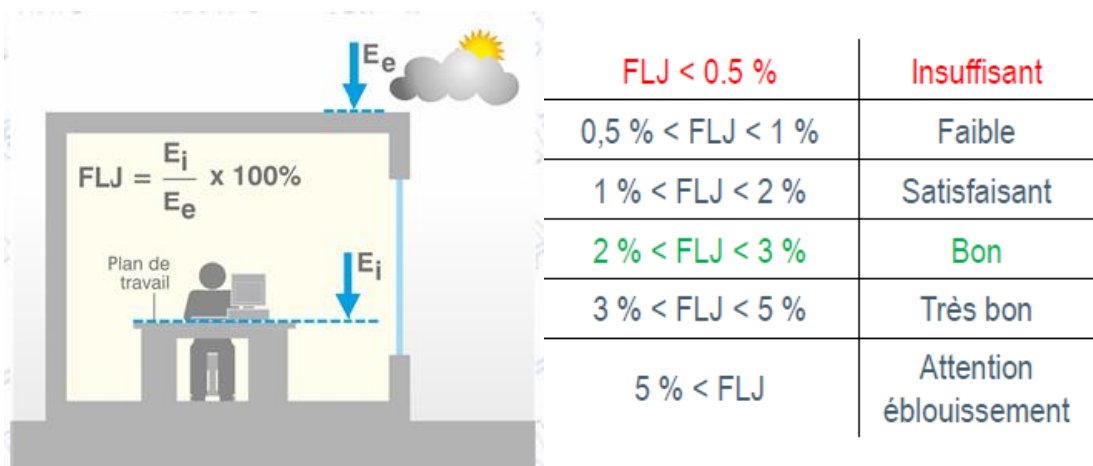


Figure10 : Quantité de FLJ requise sur le plan de travail

(Source A : ahriz 2014)

Pour un espace bureautique :

- FLJ minimum : $\geq 2 \%$ (valeur de base)
- FLJ moyen : 5%

Pour les bibliothèques

- FLJ minimum : $\geq 1.5 \%$ (valeur de base)

- FLJ moyen : 5 %

Salle de cours

- FLJ minimum : $\geq 2\%$ (valeur de base)

- FLJ moyen : 5 %

FLJ	- de 1%	1 à 2 %	2 à 4 %	4 à 7 %	7 à 12 %	+ de 12 %
	Très faible	Faible	Modéré	Moyen	Elevé	Très Elevé
Zone considérée	Zone éloignée des fenêtres (distance env. 3 à 4 fois la hauteur de la fenêtre)			A proximité des fenêtres ou sous des lanterneaux		
Impression de clarté	Sombre à peu éclairé		Peu éclairé à clair		Clair à très clair	
Impression visuelle du local	Cette zone semble être séparée de cette zone					
Ambiance	Le local semble être refermé sur lui-même			Le local s'ouvre vers l'extérieur		

Tableau 04 : Impression visuelle ressentie en fonction de la valeur du FLJ

(Source A: ahriz 2014)

$$FLJ_{\text{moy}} = \frac{S_f \times TL \times a}{(St \times (1 - R^2))}$$

SF = surface nette de vitrage (= ouverture de baies moins 10% pour les châssis).

TL = facteur de transmission lumineuse du vitrage, dont on déduit 10 % pour saleté (0,9 pour vitrage simple).

a = angle du ciel visible depuis la fenêtre, exprimé en degrés. Par exemple, il vaut 90° si aucun masque n'est créé par des bâtiments ou l'environnement en face de la fenêtre. Il vaut 60° si un bâtiment crée un ombrage entre le sol et les 30 premiers degrés

St = surface totale de toutes les parois du local, y compris celle des vitrages

R = facteur de réflexion moyen des parois du local (prendre 0,5 par défaut)

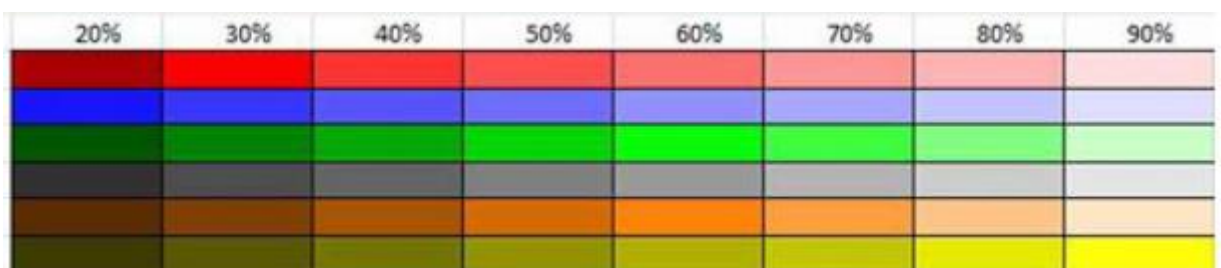


Figure11 : Facteur de réflexion moyen des parois

(Source A : ahriz 2014)

III -QUALITE DE LUMIERE

1-L'éblouissement: est l'effet de conditions de vision dans lesquelles l'individu subit une réduction de l'aptitude à percevoir les objets, pouvant aller jusqu'à un aveuglement temporaire. L'éblouissement est dû à une luminosité trop intense de surfaces placées dans la direction de la vision ou à un contraste lumineux trop important entre surfaces contiguës. Il place l'individu dans des situations de grand inconfort visuel (Magali, B. Arnaud, D.,2002)

L'éblouissement est une perception visuelle négative causée par des surfaces de lumière dans le champ de vision. Le prévenir ou le réduire au minimum est extrêmement important non seulement au point de vue du confort visuel, mais aussi de la sécurité. L'éblouissement excessif direct ou indirect peut causer de la fatigue, des dommages de la vue et peut réduire la concentration.

1-1-Types d'éblouissement

Suivant l'origine de l'éblouissement, les éclairagistes distinguent deux genres :

1-1-1-Le premier est l'éblouissement direct: il est produit par un objet lumineux (lampe, fenêtre, ...) situé dans la même direction que l'objet regardé ou dans une direction voisine.

Nous pouvons cependant définir deux genres d'éblouissement direct :

A- Eblouissement d'inconfort : ce type d'éblouissement résulte de la vue en permanence de sources lumineuses de luminances relativement élevées (soleil ou ciel par exemple). Il peut créer de l'inconfort sans pour autant empêcher la vue de certains objets ou détails.

B- Eblouissement perturbateur : celui-ci est provoqué par la vue d'une luminance très élevée pendant un temps très court. Il peut, juste après l'éblouissement, empêcher la vision de certains objets sans pour autant créer de l'inconfort

1-1-2-Le second est l'éblouissement indirect: celui-ci est produit par des réflexions de sources lumineuses sur des surfaces brillantes

1-2-Les sources d'éblouissement :

En éclairage naturel, les sources principales d'éblouissement sont (Magali, B. Arnaud, D.,2002) :

- La vision directe du soleil ou du ciel au travers des fenêtres
- La réflexion du soleil ou du ciel sur les bâtiments voisins.
- Un contraste de luminance excessif entre une fenêtre et le mur dans lequel elle s'inscrit.
- Un contraste de luminance excessif entre une fenêtre et son châssis.

- Une surface de luminance trop élevée par rapport aux surfaces voisines.

2-Réflexion

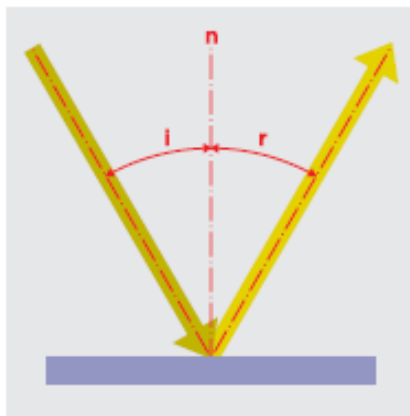
Elle correspond à la propriété de la surface des objets de renvoyer les rayons lumineux. Une surface dont le facteur de réflexion est élevé réfléchit beaucoup la lumière et apparaît claire. Une surface dont le facteur de réflexion est faible réfléchit peu de lumière et apparaît sombre. Il existe deux modes de réflexion.

2-1-La réflexion spéculaire :

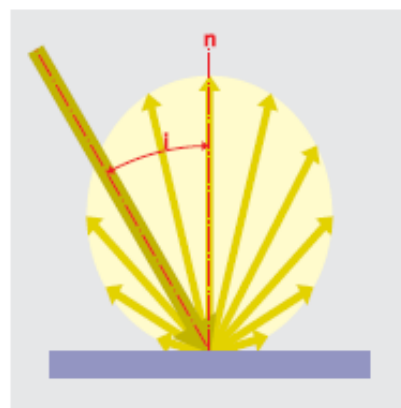
La lumière est renvoyée selon un angle de réflexion égal à l'angle d'incidence du rayon lumineux. C'est le cas d'une surface parfaitement polie. Lorsque la réflexion se propage dans toutes les directions de l'espace en raison de la légère granulation de la surface. Il existe deux types de réflexion diffuse :

2-2-La réflexion diffuse : la lumière est réfléchie distribuée dans toutes les directions quelconque la lumière se répartit de manière aléatoire.

2-3-La réflexion mixte : la lumière est réfléchie de manière diffuse, mais privilégie une direction précise.



Réflexion spéculaire



Réflexion diffuse

Figure 12 : Les des modes de réflexion (source autre 2019)

Le tableau suivant donne des exemples de valeurs de coefficient de réflexion lumineuse :

Peintures		Bois	
blanc	0,70 à 0,80	bouleau clair, érable	0,55 à 0,65
jaune	0,50 à 0,70	chêne vernis clair	0,40 à 0,50
vert	0,30 à 0,60	chêne vernis foncé	0,15 à 0,40
gris	0,35 à 0,60	acajou, noyer	0,15 à 0,40
brun	0,25 à 0,50	Papiers peints	
bleu	0,20 à 0,50	très clairs (blanc, crème)	0,65 à 0,75
rouge	0,20 à 0,35	clairs (gris, jaune, bleu)	0,45 à 0,60
noir	0,04	foncés (noir, bleu, gris, vert, rouge)	0,05 à 0,36
Sols			
pelouse		0,18 à 0,23	
sable		0,09 à 0,55	
terre		0,26	
neige fraîche		0,8 à 0,9	

Figure 13 : valeurs de coefficient de réflexion lumineuse

(Source : Guide bleu 2014)

3-Rendu de couleur

Le rendu des couleurs SCHWEIZER2015 est la capacité d'une source de lumière à reproduire de façon aussi fidèle que possible les couleurs des surfaces (8 couleurs test de R1 à R8) par rapport à une source de lumière de référence. Cette propriété est caractérisée par l'indice de rendu des couleurs Ra. (En anglais : Colour Rendering Index CRI). Le meilleur rendu des couleurs correspond à l'indice Ra = 100

Les sources de lumière sont classées en différents niveaux de rendu des couleurs :

- Ra > 90 très bon rendu des couleurs
- Ra > 80 bon rendu des couleurs

Un rendu des couleurs inférieur à 80 ne doit pas être sélectionné pour les postes de travail.

Si, exceptionnellement, des sources de lumière avec un indice de rendu des couleurs inférieur à 80 sont utilisées, il faut veiller à ce que les couleurs de sécurité puissent être identifiées sans problèmes

Les couleurs de test saturées de R9 à R14 sont parfois également utilisées pour déterminer les propriétés spécifiques d'une source de lumière. Le rendu de ces couleurs est spécifié séparément.















R ₁ Vieux rose		R ₅ Bleu turquoise		Rendu des couleurs	IRC
R ₂ Jaune moutarde		R ₆ Bleu ciel			
R ₃ Jaune vert		R ₇ Violet			
R ₄ Vert clair		R ₈ Lila			
R ₉ Rouge		R ₁₂ Bleu		Médiocre	60 < IRC < 80
R ₁₀ Jaune		R ₁₃ Couleur chair		Moyen	80 < IRC < 85
R ₁₁ Vert		R ₁₄ Vert feuille		Bon	IRC > 85

Figure14 : Le schéma de Indice de Rendu des Couleurs avec les valeurs préferment

(Source autuer2019)

4-Température de couleur : mesurée en degrés Kelvin qui désigne la teinte de la lumière émise par un corps en fonction de sa température (plus elle est élevée, plus la lumière considérée contient de grandes quantités de couleurs

Température apparente	Température de couleur
Chaude (blanc, rosé)	< 3000 °K
Intermédiaire (blanc)	3300 à 5500 °K
Froide (blanc, bleuté)	> 5500 °K

Tableau 05 : Température de couleur. Source : Lætitia, F., 2012.

La température de couleur est un élément d’appréciation du confort visuel dû à la qualité de l’éclairage. Le diagramme de Kruithof 2012 établit les conditions du confort perçu pour différentes combinaisons d’éclairage et de température de couleur.

Il montre que dans une ambiance peu éclairée (zone rose), le confort est associé à une lumière chaude alors que dans une ambiance fortement éclairée (zone bleu), le confort est associé à une lumière trop froide. La zone intermédiaire (zone jaun) est celle du confort.

La qualité de l'ambiance lumineuse d'un espace dépend à la fois de la qualité de lumière (niveau d'éclairage) et de la teinte de cette lumière (température de couleur).

Le diagramme de Kruithof (Figure 15) met en relation ces deux paramètres et fait apparaître une zone d'éclairage confortable.

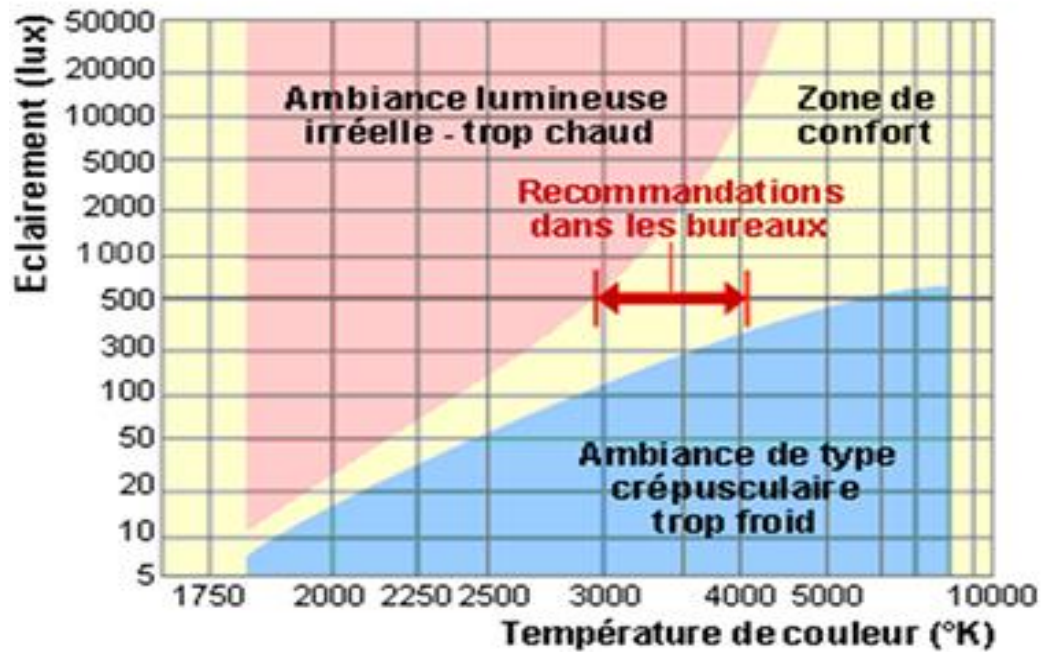


Figure15 : Le diagramme de Kruithof. (Source : Lætitia, F., 2012).

VI- LA DISTRUBITION DE LA LUMIERE

La distribution de la lumière naturelle consiste à diriger et à transporter les rayons lumineux de manière à créer une bonne répartition de la lumière naturelle dans le bâtiment. Une répartition harmonieuse de la lumière naturelle dans un bâtiment peut être favorisée par différentes approches basées sur :

1-Uniformité de l'éclairement :

Selon la Norme Européenne EN 12464-1 concernant l'éclairage intérieur des lieux de travail ; l'uniformité des niveaux d'éclairement (exprimée par l'indice d'uniformité I_u) est définie comme étant « le rapport entre l'éclairement minimum (E_{min}) et l'éclairement moyen (E_{moy}) observé dans la zone de travail ». (DE HERDE, A., LIEBARD, A., 2005).

$$I_u = E_{min} / E_{moy}$$

La zone de travail correspond à la zone où la tâche visuelle est exécutée. Cette zone est représentée par la surface d'un bureau ou d'une table à une hauteur de 0.7 mètre, la surface d'un tableau vertical. Un éclairage uniforme dans le bâtiment est nécessaire pour éviter d'incessantes et fatigantes adaptations des yeux et pour garantir une distribution de la lumière, quel que soit l'endroit où se trouve la personne. Pour cela, il faut éviter les zones d'ombre trop importantes dans le local, sur le plan de travail et entre les locaux adjacents (classes – couloir par exemple). De plus, une certaine uniformité de couleur entre l'environnement et la tâche visuelle est préférable :

- Entre support papier et plan de travail
- Entre plan de travail et murs.

Pour garantir l'uniformité de l'éclairage, lorsque l'éclairage de la zone où s'exerce la tâche visuelle est de 100 %, il convient que l'éclairage des murs soit de 50 à 80 % et celui du plafond de 30 à 90 %, car la luminance des parois internes doit être en équilibre avec la luminance de la tâche. Il convient également que le facteur de réflexion soit supérieur à 0,7 pour le plafond, entre 0,3 et 0,7 pour les murs, et entre 0,2 et 0,4 pour les sols (FLORU, R., 1996).

2-Une répartition harmonieuse de la lumière dans l'espace

Pour permettre à la lumière naturelle de se distribuer le mieux possible dans le local, il est essentiel de placer le mobilier de telle sorte qu'il ne fasse pas écran et de disposer les zones d'activité judicieusement. Les plans de travail seront situés préférentiellement près des ouvertures où la lumière naturelle est bien reçue. Si le niveau d'éclairage et la luminance varient dans le champ visuel, une adaptation de l'œil est nécessaire lorsque le regard se

déplace. Durant ce moment, l'acuité visuelle est diminuée, entraînant des fatigues inutiles. Selon la norme EN 12464-1 [CEN/TC169/WG2, 2002], la répartition lumineuse ou l'uniformité des niveaux d'éclairage caractérise les variations du niveau d'éclairage et est définie comme étant le rapport entre l'éclairage minimum et l'éclairage moyen observé dans la zone de travail. En ce qui concerne l'uniformité de la luminance, la distribution de la lumière dans un espace dépend de la répartition des sources lumineuses et de la réflexion des parois. Elle est d'autant meilleure que les réflexions de chaque paroi sont élevées et uniformément réparties. De plus, il faut une certaine uniformité de luminance, d'une part, entre le champ visuel en position de travail (le plan de travail) et au repos (les murs) et d'autre part, entre les différentes surfaces de référence (éclairage de la zone de travail et de la zone voisine). Une bonne répartition de la lumière dans un espace permet l'affectation des tâches de manière confortable et sans fatigue visuelle.

Cette bonne répartition de la lumière va dépendre de la disposition des appareils.

3-L'équilibre des luminances : (disposition des appareils)

Il faut garantir une répartition harmonieuse des luminances sur toute la zone de travail, il convient aussi de ne pas dépasser certaines valeurs de contraste entre les différentes zones du champ visuel ou les surfaces de référence, car des rapports trop importants entre différentes plages lumineuses réduisent la distribution de la lumière de façon régulière (SSG : Société Saint Gobain).

On préconise, en règle générale, d'éclairer au maximum la zone centrale du champ visuel et de décroître progressivement les luminances vers la périphérie

4-Les caractéristiques géométriques :

Il est également nécessaire de tenir compte des caractéristiques géométriques des espaces intérieurs. Les locaux peuvent s'analyser par leur taille, leur forme, leurs proportions et les différences de niveau qu'ils peuvent avoir entre eux.

4-1- 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.

4-2- 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 distribution peu homogène comme le montre la figure 16.

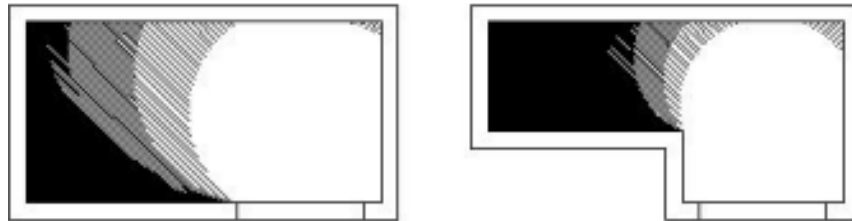


Figure16 - Relation entre la forme et la distribution de la lumière naturelle

(Source : R. Floru 1996).

Il est nécessaire de prendre en compte le fait que la pénétration latérale de lumière dans un espace produit une décroissance rapide des niveaux d'éclairement quand on s'éloigne de l'ouverture, à cause d'une diminution rapide du facteur de forme du ciel vu de l'intérieur. Ceci fait que les zones et les locaux périphériques sont souvent mal éclairés bien que les niveaux d'éclairement soient globalement suffisants. C'est pour cette raison que l'éclairage zénithal est bien souvent le plus adéquat.

5-Les systèmes de distribution lumineuse.

D'autre part, la largeur d'un bâtiment éclairé unilatéralement est limitée par la Profondeur de deux pièces et le vestibule les reliant. A ce propos, F.L. WRIGHT a trouvé que la largeur idéale d'une aile d'un bâtiment disposant d'un éclairage unilatéral serait d'environ 13 mètres afin que ce dernier puisse jouir de bonnes conditions d'éclairage naturel. Mais pour augmenter la largeur totale de certains bâtiments éclairés unilatéralement, les architectes adoptent des plans de formes variées en créant des puits de jour qui laissent pénétrer la lumière naturelle et évitent les masses sombres.

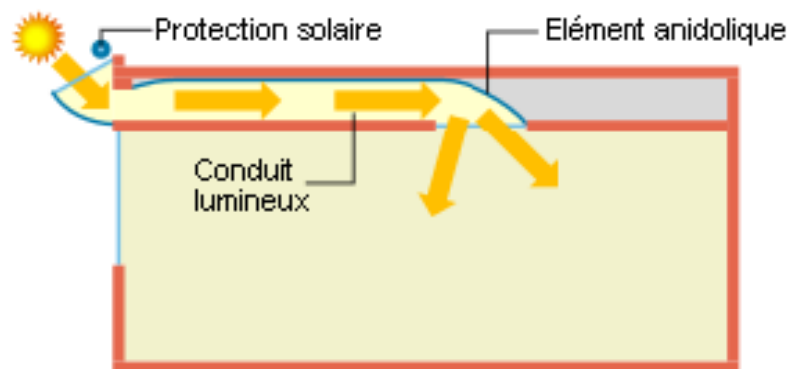


Figure17 : Dispositif anidolique (source : L. Michel200)

6- L'aménagement de la salle de classe

Le type de mobilier ainsi que son agencement peuvent avoir de fortes répercussions sur la distribution de la lumière dans l'espace et sur le confort visuel des occupants

7- L'ombre gênent

Les ombres qui sont créées par la présence d'un élément entre la tâche visuelle et la source lumineuse sont mauvaises pour la vision puisqu'elles diminuent fortement les contrastes. Le travail des occupants (la lecture ou l'écriture, sculpture...etc.) ne peut être perturbé par des ombres parasites. Il faut donc éviter les situations suivantes :

- Un éclairage latéral venant de droite pour les droitiers.
- Un éclairage latéral venant de gauche pour les gauchers.
- Un éclairage provenant du dos des occupants.

Conclusion

Le confort visuel dépend d'une combinaison de différents dimensions : qualitatif quantitatif et distribution. D'une manière générale, pour un environnement lumineux adéquat et confortable, la lumière doit être fournie en quantité suffisante à travers des grandeurs photométriques et l'FLJ. Elle doit également être de bonne qualité, ce qui implique l'absence de l'éblouissement et un bon rendu de couleur, ainsi qu'une bonne distribution de la lumière et un équilibre de luminance et la bonne répartition et prend en compte la géométrie de l'espace pour aider la perception et améliorer la performance visuelle des tâches et du comportement des occupants de l'espace.

Toutes ces caractéristiques sont des paramètres les plus importants qui déterminent une ambiance lumineuse en ce qui concerne la lumière artificielle et la lumière naturelle. En plus d'autres paramètres d'ergonomie visuelle influencent la performance visuelle des opérateurs, comme : les propriétés intrinsèques de la tâche (la taille, la forme, la position, la couleur).

Comme la lumière est essentielle au confort visuel et qu'elle pénètre dans l'espace par les ouvertures et les fenêtres, nous devons l'étudier au second chapitre.

CHAPITRE II
LA CONCEPTION DES
OUVERTURES

Introduction

Ce deuxième chapitre a pour l'objectif de mettre en évidence les facteurs déterminant la conception des ouvertures (typologie, matériaux, culture (arc), climat, identitaire...etc.), nous avons divisé le chapitre en deux grandes parties, dans la première partie mettre la lumière sur l'essentiel des notions de base qui définissent les ouvertures en architecture (portes, fenêtres, et baie vitrée) à partir de leurs historiques, classification, typologie, matériaux et éléments constructif..., que la deuxième partie traite les facteurs que le concepteur devrait prendre en compte pendant la phase de conception à travers des considérations (thermique, acoustique, symbolique, besoins humain, technique et normatif ...) puis des considérations spécifiques pour les salles des classes

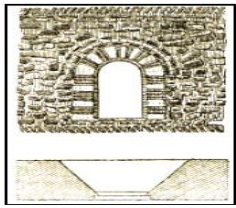
I- LES OUVERTURES EN ARCHITECTURE

1- Historique :

« L'histoire de l'architecture, c'est l'histoire de la fenêtre. » le Corbusier

Historiquement, la fenêtre fut conçue au XIIe siècle : à cette époque, elle ne comporte aucun ouvrant (elle n'a donc pas d'ouverture sur l'extérieur) et est constituée d'un simple trou de petite taille, rectangulaire ou ovale. Petit à petit, elle devient un véritable élément architectural. C'est l'un des matériaux de base de toute conception architecturale et un élément clé qui caractérise l'espace architectural, elle l'éclaire en créant les conditions nécessaires pour accueillir des activités humaines.

On peut résumer l'histoire de la fenêtre dans le tableau suivant :

La civilisation	L'ouvertures
<p>La civilisation Egyptienne</p> <ul style="list-style-type: none"> - Les égyptiens anciens représentaient déjà des fenêtres dans leurs premières fresques. - Le temple légendaire de Karnak construit par les Pharaons Seti I et Ramsès II en comportait lui-même. - Les fenêtres des maisons du nouvel empire sont petites et généralement peu nombreuses, la forme de ces fenêtres est rectangulaire. L'appui et le linteau sont bien apparents, le grillage en pierre a des jours verticaux taillés dans une dalle peu épaisse 	 <p>Figure 18 : Le temple de Karnak (Source : Institut papyrologie et égyptologie Lille)</p>  <p>Figure 19 : Grille de fenêtre en pierre (Source : Obenga, 1995)</p>
<p>La Grèce ancienne :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Elle offre, moins encore peut-être que l'Égypte, des exemples de fenêtres éclairant, soit l'intérieur des temples et des édifices publics, soit l'intérieur des maisons : cependant un bas-relief antique montre une fenêtre plus large que haute, sur le côté d'un temple ; des fenêtres, ouvertes à même le mur et sans chambranle, se voient aux portes de Messène, et la cella de Pandrose, dans l'Erechthéion d'Athènes (Acropole), 	 <p>Figure 20 : Élévation de la fenêtre de la cella de Pandores à l'Erechthéion d'Athènes, et coupe de la moulure du chambranle (Source : Viollet-le-Duc, 1854)</p>
<p>La civilisation Romaine :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Quoique les Romains ne se servent pas beaucoup plus que les Grecs de fenêtres pour éclairer leurs temples et leurs maisons, nous connaissons un certain nombre de types de fenêtres romaines, types bien différents dans leurs dispositions et leur décoration, suivant la destination des édifices dont les ruines nous les ont conservés. 	  <p>Figure 21 : Élévation de la fenêtre du temple de la Fortune, à Praeneste (Italie). (Source : Viollet-le-Duc, 1854)</p>
<p>Moyen Age :</p> <ul style="list-style-type: none"> - L'architecture du moyen âge étant peut-être de toutes les architectures connues celle qui se soumet le plus exactement aux besoins, aux convenances, aux dispositions des programmes, il n'en est pas qui présente une plus grande variété de fenêtres, particulièrement au moment où cette architecture abandonne les traditions romanes. - En effet, une fenêtre est faite pour donner du jour et de l'air à l'intérieur d'une salle, d'une chambre ; si le vaisseau est grand, il est naturel que la fenêtre soit grande ; s'il ne s'agit que d'éclairer et d'aérer une cellule, on comprend que la fenêtre soit petite. 	 <p>Figure 22 : Plan et élévation d'une fenêtre de l'église de Savenières (France). (Source : dictionnaire raisonné d'architecture)</p>

<p>L'architecture vernaculaire (cas du M'Zab) :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Les fenêtres ne sont que des fentes du genre meurtrier. Elles n'ont aucun souci de composition en façade ; leur disposition obéissant au besoin du regard depuis l'intérieur. Pour les mozabites, les fenêtres favorisent principalement la ventilation et la vision. Au M'Zab, les ouvertures sont conçus en fonction du besoin de lumière, en effet la réalisation d'un vide ou un trou est la chose la plus délicat techniquement. 	 <p>Figure 23 : Le chebek dans la maison mozabite (Source : Auteur, 2019)</p>
<p>Du Vème siècle au XIXème siècle</p> <ul style="list-style-type: none"> - L'invention du verre a fait évoluer les choses à un autre niveau en fournissant aux fenêtres une fermeture complète permettant dans le même temps de laisser passer la lumière. Le verre était soufflé sur une surface pour en faire un verre plat. Cette technique ne sera supplantée que 6 siècles plus tard. Elle laissa sa place au "manchon" (verre soufflé en forme de cylindre). 	 <p>Figure 24 : Une façade soumise à l'impôt sur les portes et les fenêtres. (Source : Bresler, 2002)</p>
<p>Fenêtre du XIXème siècle</p> <ul style="list-style-type: none"> - Le verre s'affine et la fenêtre s'agrandit avec la suppression des petits bois. - L'étanchéité se perfectionne avec l'apparition de la redingote qui évite le pourrissement de la pièce d'appui (Simon et Hauglustaine, 2002). Ce n'est qu'en 1959 que le système « float glass » offrait enfin du verre dont les faces étaient planes et parallèles et ce, sans opérations de doucissage ou de polissage 	 <p>Figure 25 :Float Glass, J.K. international (Source : www.esuppliersindia.com)</p>
<p>De la fenêtre au pan de verre dans l'œuvre de Le Corbusier :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Le Corbusier (1929) a fait une longue recherche sur l'harmonie, les proportions, le modulator... "<i>Une fenêtre ne peut être belle que par ses proportions justes et une utilité.</i>" - Ce qui est pour la première fois permis, c'est le contact de l'homme avec la nature, la poésie des arbres et des champs. C'était affirmé que la fenêtre en longueur éclaire mieux que les fenêtres en hauteur. 	 <p>Figure 26 : Villa Savoie à Poissy de le Corbusier. (Source : Colquhoun, 1985)</p>

2- Classifications des baies selon Bernard Tschumi

Une description simple pour les différents types de fenêtres selon Tschumi 2008, la typologie d'ouvertures faisant référence à l'histoire d'architecture ; il a classé cette dernière en quatre types.

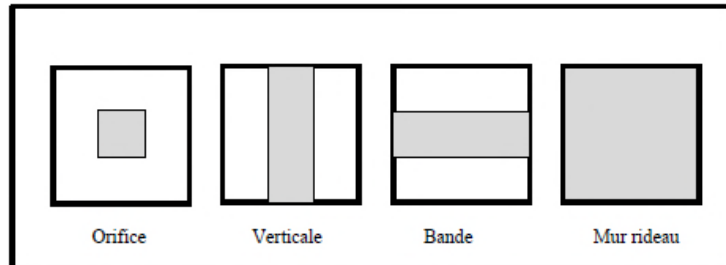


Figure 27 : Typologie des ouvertures faisant référence à l'histoire
(Source Tschumi, 2008)

2-1- La fenêtre orifice

La fenêtre orifice était essentiellement de très petite ouverture dans un mur. L'apparition des fenêtres dans l'architecture correspond à la conception de la visibilité et de la protection par rapport à l'extérieur de petite dimension (selon Bernard Tschumi, elle est appelée fenêtre orifice vue ces dimensions par rapport aux autres types de fenêtres).



Figure 28 : Typologie des ouvertures faisant référence à l'histoire
(Source M. Boudoukh 2015)

2-2- La fenêtre verticale

Initié par Auguste Perret, la fenêtre verticale apparaît après la fenêtre orifice



Figure 29 : La fenêtre verticale coloniale dans l'ancienne ville de Bejaia, Algérie
(Source M. Boudoukh 2015)

2-3-La fenêtre en bande

Initié par l'architecte, le Corbusier fait partie des cinq points de sa théorie de l'architecture moderne, la fenêtre en bande et grâce au béton qui a "libéré" le plan et la façade, les ouvertures peuvent courir sans interruption d'un bout à l'autre de la construction. La fenêtre en longueur, ou "bandeau", qui favorise des vues panoramiques, reste encore de nos jours le signe la modernité architecturale



Figure 30 : La fenêtre en bande de la villa Savoye de le Corbusier 1928 à 1931
(Source M. Boudoukh 2015)

2-4- Baie mur rideau :

La notion de mur-rideau telle qu'elle est employée actuellement signifie exclusivement : mur extérieur, non porteur dont la seule fonction est de protéger un espace du milieu extérieur. Ces murs rideaux, souvent faits actuellement en verre et composés d'éléments modulaires répétés. Initié par Mies Van Der Rohe, elle représente le mur de l'extérieur sans aucune surface opaque

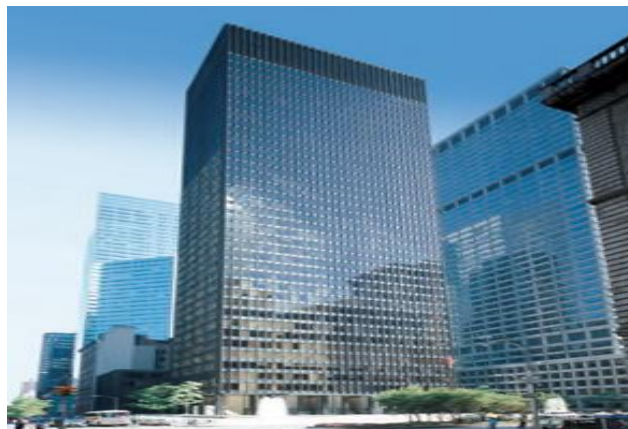
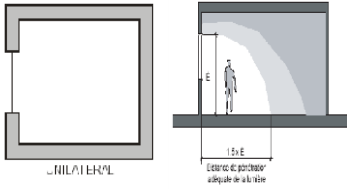
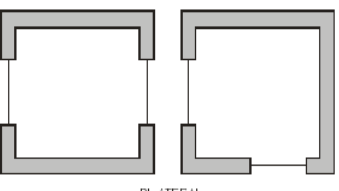
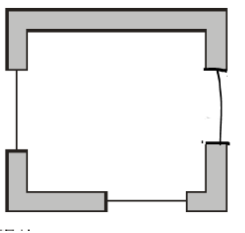
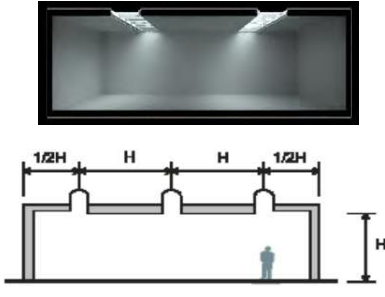
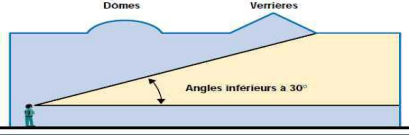
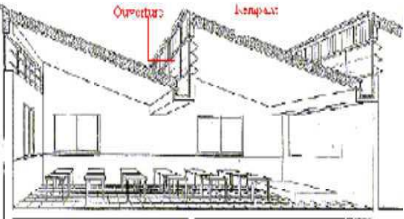
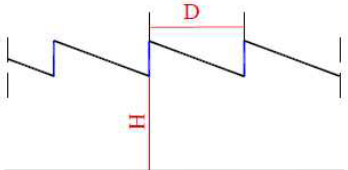
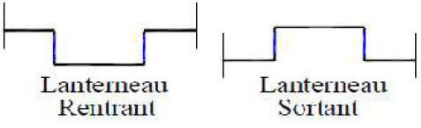
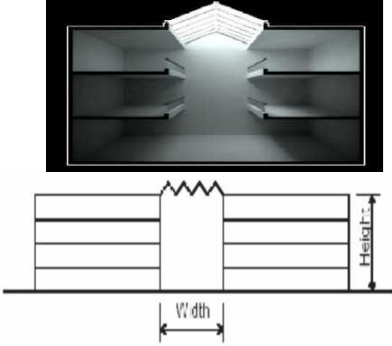


Figure 31 : Le mur rideau de l'Immeuble Seagram de Mies Von Der Rohe (1954-1958). Etats Unis (Source M. Boudoukh 2015)

3- Typologie des ouvertures

3-1- Dispositif des ouvertures : (Voici un tableau récapitulatif des dispositifs des ouvertures)

Dispositif de fenêtre	Avantages	Inconvénients
<p>Unilatéral</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Bien orientée, présente beaucoup d'avantages thermiques. - diminue le bruit. 	<ul style="list-style-type: none"> -La possibilité d'ombres gênantes. -L'éclairage intérieur résultant est très peu uniforme. -La profondeur des pièces éclairées unilatéralement se limiter pratiquement à deux fois la hauteur du plafond
<p>Bilatéral</p> 	<ul style="list-style-type: none"> -permet d'éclairer efficacement un local. -procure un éclairage plus uniforme. -réduit les risques d'éblouissement. - la profondeur des pièces Quatre fois la distance entre le plafond et le plan utile. -Il permet la vue vers l'extérieur 	<ul style="list-style-type: none"> -Peu augmenter le bruit. -Moins d'avantages sur la coté thermiques et acoustique que l'unilatérale.
<p>Multilatéral</p> 	<ul style="list-style-type: none"> -Favoriser la ventilation naturelle transversale des pièces en la doublant ou en la triplant. - Les ouvertures réduisent les ombres denses. - les ouvertures réduisent le risque d'éblouissement du ciel en augmentant l'éclairément des murs. 	<p>Augmenter les risques de surchauffe en période estivale ainsi que les déperditions de chaleur en période hivernale</p>
<p>Zénithal</p> <p>Zénithal direct :</p>  <p>Les tabatières (Skylights)</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Elle procure de 3 à 5 fois plus de lumière a surface équivalente qu'un vitrage vertical. - elle est exposée à une plus grande portion du ciel visible à partir de l'intérieur du local, - luminance est plus élevée - Un éclairage intérieur Uniforme. -économiques, les dômes ne nécessitent pas de structure lourde (10 % d'indice de vitrage). -solution pour les obstacles extérieurs élevés qui 	<ul style="list-style-type: none"> -Elle va créer plus de surchauffe l'été près de deux fois plus de chaleur qu'une façade verticale orientée Sud. (Il faut donc penser à les munir de systèmes de protection solaire performants). - N'offrent pas de vue sur l'extérieur. - Elle favorise également les déperditions de chaleur par convection et par conduction pendant la nuit et en hiver plus que les autres systèmes d'éclairage. - n'évitent pas la pénétration

 <p style="text-align: center;">Les dômes et les verrières</p>	<p>généraient éventuellement l'éclairage naturel intérieur</p>	<p>solaire et en conséquence, l'éblouissement. -des problèmes d'étanchéité et de nettoyage et d'entretien</p>
<p>Zénithal indirect</p> <p>Toitures en dents de scie (ou sheds)</p>   <p style="text-align: center;">Critères d'uniformité pour les sheds $[(D) \text{ est } \leq 1,5 (H)]$</p> <p style="text-align: center;">Lanterneaux</p>  <p>Puits de jour (patio, cour intérieure et atrium)</p>  <p style="text-align: center;">Ratio optimal de la hauteur sur largeur du puit de jour. (Le ratio de la hauteur sur la largeur ne doit pas être supérieur à 2/1, le ratio optimal est égal à 1</p>	<ul style="list-style-type: none"> - une limitation des apports solaires en jouant sur l'orientation et l'inclinaison du vitrage. - un éclairage suffisant, homogène (une répartition des sheds sur toute la toiture permet une homogénéité de l'éclairage). - Ils permettent aussi de couvrir des espaces de grandes portées tout en bénéficiant des avantages des vitrages verticaux ou peu inclinés (45 ° ou à 60 °). - permet d'éviter le rayonnement direct sur le plan de travail. - Les lanterneaux suppriment l'effet directionnel de la lumière du jour que nous rencontrons avec les sheds. - Un éclairage intérieur plus uniforme. -réduire les effets thermiques -permet d'éclairer et ventiler les pièces sans ouverture directe sur l'extérieur. -un accroissement important de la lumière. - À surface égale, les prises de jour horizontales permettent d'offrir deux fois plus de lumière qu'une fenêtre verticale. 	<ul style="list-style-type: none"> - l'inconvénient majeur des sheds consiste à une « directivité » prononcée de la lumière du jour due à la mono exposition du vitrage. -Un éclairage intérieur non uniforme -Possibilité d'éblouissement par le soleil direct au travers des lanterneaux si le vitrage n'est pas diffusant. -aucun vue vers l'extérieur. -La performance énergétique de ces dispositifs est complexe. (Elle dépend de leur géométrie, des propriétés de leurs surfaces, de leur orientation et de la qualité du vitrage utilisé) - la quantité de lumière naturelle disponible aux niveaux des différents étages est variable (des problèmes d'éclairage dans les Niveaux inférieurs). -risque d'éblouissement dans les parties hautes.

3-2- Systèmes d'ouverture

3-2-1-les fenêtres :

Pour choisir le système d'ouverture de votre fenêtre, il faudra prendre en compte :

- La configuration de votre habitation (villa, 5e étage d'un immeuble...),
- La configuration de votre pièce afin de gagner un maximum d'espace habitable,
- L'esthétique, la facilité d'utilisation, la sécurité

Une dizaine d'ouvertures possible de fenêtre telle que :

- **Système fixe** : Ce système est intéressant pour les fenêtres très en hauteur que vous ne pourriez jamais ouvrir. Elle est moins chère qu'une fenêtre ouvrante mais s'est difficile à entretenir car ne s'ouvre pas.
- **Système à la française** : C'est le grand classique en France, l'ouverture se fait vers l'intérieur selon un axe vertical.
- **Système oscillo-battante** : La fenêtre s'ouvre de 2 façons : à la française et en soufflet (fenêtre entrebâillée sur sa partie haute) elle permet d'assurer une grande sécurité pour les familles avec jeunes enfants et permet aussi d'aérer sans laisser une grande ouverture. Mais elle est plus chère et plus fragile.
- **Système à soufflet** : Entrebâiller la fenêtre sur sa partie haute, à privilégier, s'il n'y a pas l'espace pour une ouverture totale « à la française », mais la fenêtre à soufflet ne peut pas s'ouvrir en grand.
- **Système coulissant** : Dans ce système la fenêtre s'ouvre par glissement d'un vantail sur un autre. (Gauche à droite) elle est Très pratique en cas de manque de place mais ce système résistent moins bien au vent, et pouvant laisser passer de l'air si la qualité ou l'installation font défaut et moins pratique d'entretien
- **Système à galandage** : Dans ce système la partie coulissante de la fenêtre ou de la baie vitrée rentre dans le mur et disparaît totalement c'est un système plus chère et plus complexe en cas de réparation (nécessité de casse du mur).
- **Système basculante** : La fenêtre s'ouvre en haut vers l'intérieur, en bas vers l'extérieur, elle utilisée pour les fenêtres de toit, c'est une bonne solution pour aérer une pièce : l'ouverture supérieure rejette l'air chaud, l'ouverture inférieure fait entrer l'air frais. Mais ce système fragile et ne tient pas ouvert en cas de vent.
- **Système à l'anglaise** : Ce système ne se fait pas ouverture à l'intérieur, mais à l'extérieur ne prend pas de place à l'intérieur de la pièce elle n'est pas idéale en cas d'exposition au vent.

- **Système à l'italienne** : Ce système ne se fait pas ouverture à l'intérieur, mais à l'extérieur ne prend pas de place à l'intérieur de la pièce elle n'est pas idéale en cas d'exposition au vent.
- **Système guillotine** : Dans ce système la fenêtre s'ouvre par glissement d'un vantail sur un autre. (Gauche à droite) elle est Très pratique en cas de manque de place.

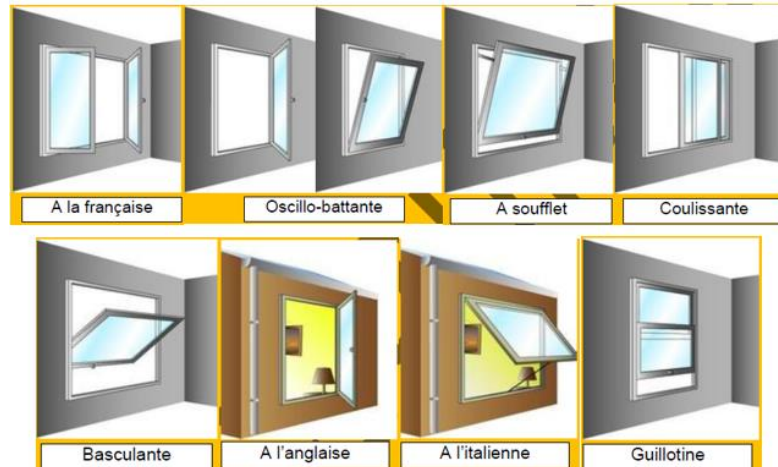


Figure 32 : Les différents systèmes des ouvertures (fenêtres)
(SOURCE D. Dunod, 2014)

3-2-2 les portes

Le système d'ouverture d'une porte intérieure a un rôle très important. Souci esthétique ou pratique, le choix de l'ouverture va donner toute sa place à la porte dans la pièce.

Il existe plusieurs systèmes d'ouverture

- **Système ouverture battante** :
- **- Battante un vantail** : L'ouvertures s'effectue par un mouvement de rotation autour d'un axe délimitant deux plans dans le vantail, qui se déplacent de part et l'autre de la baie lors de l'ouverture. Le débattement est limité à 90° et la baie n'est pas entièrement libre pour le passage.
- **-battante à deux vantaux** : C'est la meilleure solution, une variante de la précédente, à condition que l'ouverture dans le mur soit suffisamment large.
- **Le system coulissante** : Le vantail ou les vantaux sont montés sur des rails qui guident leurs déplacements le long du mur ; il suffit souvent d'installer un rail sur le linteau. C'est une solution idéale pour les petits appartements si l'on veut gagner de l'espace
- **Le system à tambour** : Les vantaux tournent autour d'un axe central, le diamètre doit être assez grand au minimum de 2.40 m. C'est un système d'ouverture utilisé surtout dans les édifices publics.

- **Le system en accordéon** : Le vantail se replie sur un côté comme un accordéon d'une largeur des panneaux : de 50 à 100 cm.
- **Le system va-et-vient** : Les vantaux sont fixés sur des paumelles et souvent comme des portes battantes mais ils reviennent en position fermée d'un vantail environ 80 cm deux vantaux environ 160 cm



Figure 33 : Les différents systèmes des ouvertures (fenêtres)
(Source D.Dunod, 2014)

4- Matériaux

4-1- Les matériaux de La fenêtre

Il existe 4 principaux types de matériaux pour vos châssis de fenêtres, chacun ayant des avantages et des inconvénients : le PVC, l'aluminium, le bois et le bois/alu(mixte).

- La fenêtre PVC :

Le PVC (Polychlorure de Vinyle) est le matériau le plus courant sur le marché des fenêtres : il équipe plus de 60 % des fenêtres. Et lorsqu'il s'agit de fenêtres posées en rénovation, la part de marché des fenêtres, la fenêtre en PVC est celle qui possède le meilleur rapport performance/prix. Ainsi, elle offre une très bonne isolation thermique et phonique, une très bonne durabilité, et ne nécessite aucun entretien ! En revanche, si les montants des fenêtres en PVC se sont affinés, ils restent généralement plus épais que ceux des fenêtres en aluminium. De plus, le PVC est un matériau moins adapté pour les grandes surfaces vitrées de type baies vitrées, car il nécessite dans ce cas d'être consolidé.

- **La fenêtre aluminium** : la plus résistante et esthétique

Si la fenêtre en aluminium s'avère plus coûteuse que son équivalent en PVC, elle offre de nombreux avantages, et notamment la meilleure résistance dans le temps. Sa robustesse lui permet d'être couramment utilisée pour la conception de grandes baies vitrées. De plus, la finesse de ses montants permet à la fenêtre en alu de bénéficier d'une surface vitrée plus importante que celle que l'on peut espérer avec d'autres matériaux. Autrefois critiquées pour leurs mauvaises performances en isolation thermique, de plus en plus de fenêtres en aluminium incluent désormais un système de rupture de pont thermique, qui corrige cet inconvénient.

- **La fenêtre bois** : d'excellentes performances en isolation

Le bois est un matériau traditionnel apprécié pour ses excellentes performances en matière d'isolation thermique et phonique, notamment quand il est associé à un vitrage performant. De nos jours, la fenêtre en bois est particulièrement utilisée dans le cadre de constructions écologiques, car elle répond aux normes et exigences de ce type d'habitat, ou dans la rénovation de bâtiments classés. Plus onéreux que le PVC, le bois doit être entretenu au minimum tous les 10 ans (couche de peinture ou de lasure) pour préserver ses qualités et ne pas se détériorer.

- **La fenêtre mixte** : une solution optimale mais coûteuse

La fenêtre mixte en bois-alu combine les avantages des deux matériaux : les performances thermiques et phoniques du bois à l'intérieur, et la résistance de l'aluminium à l'extérieur. Contrairement à la fenêtre en bois, ce type de menuiserie ne nécessite pas d'entretien particulier. En revanche, une fenêtre bois-aluminium vous coûtera bien plus cher qu'un modèle en matériau traditionnel.

Il existe également des fenêtres mixtes bois-PVC, dont le coût est un peu moins élevé, et qui permettent de bénéficier d'une isolation thermique renforcée, sans contraintes d'entretien.

4- 2- Les matériaux de portes

- **Le bois** : La porte en bois : prisée pour son authenticité et ses propriétés isolantes naturelle, la Porte en bois peut présenter des moulures et des détails que seul ce matériau peut autoriser
- **Le PCV (Polychlorure de vinyle)** : La porte en PVC : ne nécessitant aucun entretien, elle propose nettement moins de choix esthétiques. Ce peut être une bonne option à condition de ne pas céder aux prix d'appel trop alléchants.

- **Aluminium** : La porte en aluminium : la meilleure solution contre les effractions, n'est pas des plus jolies, mais elle assure une bonne isolation à la condition de choisir un modèle monobloc (et non pas "à cadre.
- **Le verre** : Très utilisé dans les portes, dont il peut devenir le matériau principal, il est encadré par une structure de bois ou de métal. Les vitres doivent être stratifiées et répondre à des normes de sécurité.

5- Eléments constructifs

- **Linteau** : L'élément formant le bord supérieur d'une baie, il enjambe la baie et transmet les charges aux sections de mur latérales. La forme de linteau la plus simple est la poutre sollicitée en flexion. La largeur maximale que l'on pourra donner à une fenêtre dépendra des propriétés des matériaux dont est fait le linteau et de la flèche admissible.
- **Dispositif pare-soleil** : Selon l'orientation du bâtiment et la conception des murs extérieurs, un dispositif pare-soleil devra être soit intégré au linteau, soit appliqué extérieurement
- **Allège** : La partie inférieure d'une baie peut prendre la forme d'une allège qu'elles soient maçonnées ou composées de vitrages fixes, les allèges devront être suffisamment hautes pour prévenir les chutes.

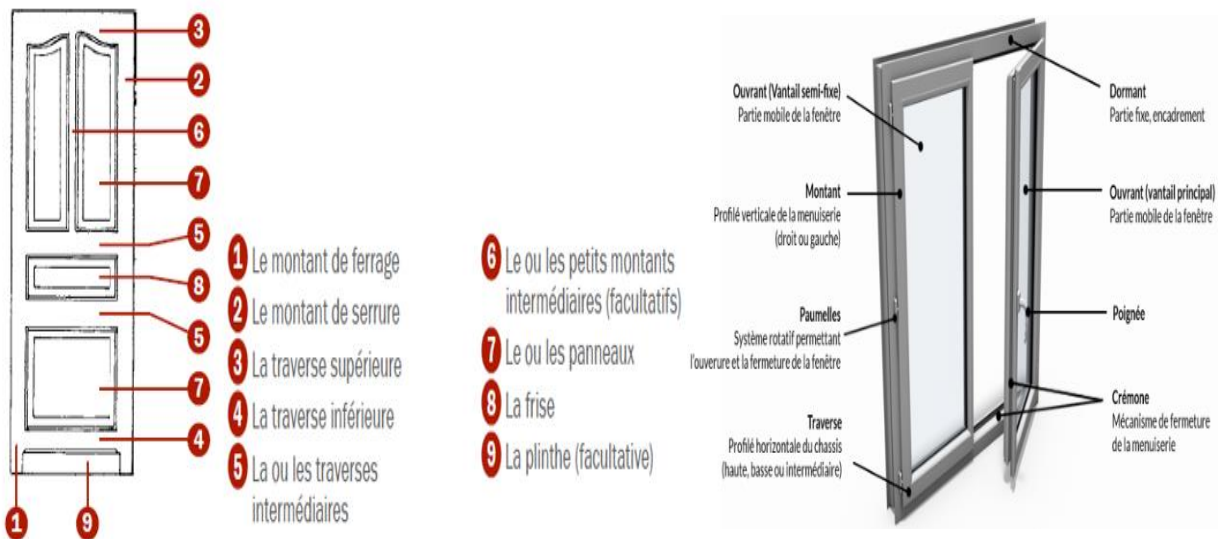


Figure 34 : Les éléments constituant la baie

Source (D. Dunod, 2014)

I-LES FACTEURS DE CONCEPTION DES OUVERTURES

Dans la phase de conception des ouvertures le concepteur doit tenir compte plusieurs considérations tel que :

1- Considérations architecturales :

1-1- Paramètres architecturaux

1-1-1-La forme des ouvertures

La forme de la fenêtre ne cesse de se développer pour des raisons d'utilité. Les formes et dimensions des fenêtres ont leur histoire (VON Miess, 1993). Bien plus tard, le battant vitré offre à l'usager la commodité du choix entre ouverture et fermeture sans être plongé dans l'obscurité.

Dès lors, la forme de la fenêtre est dans une certaine mesure dépendante de l'économie de moyens constructifs pour parvenir à contrôler la lumière et le climat intérieurs.

Une forme d'ouverture optimisée peut augmenter la qualité de l'éclairage naturel en limitant les effets de contrastes et les zones d'ombres. Une fenêtre large à la place de plusieurs petites fenêtres étroites afin de limiter une succession de contrastes forts.

1-1-2-La position de l'ouverture.

L'emplacement de l'ouverture dans la façade exerce une grande influence sur la pénétration de la lumière dans le local. Plus la fenêtre est élevée, mieux le fond du local est éclairé (Mouffok, 2008).

La surface vitrée égale, on choisira une position de baie sur le mur qui offre, dans la mesure du possible, une vue sur le sol extérieur, le paysage et le ciel

1-1-3-Les dimensions des ouvertures.

La taille des ouvertures d'un bâtiment est un élément déterminant dans la conception architecturale de la baie.

Pour un vitrage ordinaire, les surfaces des fenêtres doivent être inférieures de 40- 55% pour éviter la génération du phénomène de l'éblouissement.

Les baies de grande dimension auront une proportion de cadre moins importante, ce qui limite les déperditions thermiques et augmente l'apport de lumière naturelle, la menuiserie pouvant représenter jusqu'à 25 % de la surface de l'ouverture en cas de baies étroites.

1-2- L'orientation et l'inclinaison des ouvertures :

Les fenêtres protégées ne permettent pas la pénétration directe de l'énergie solaire à l'intérieur du bâtiment mais permettent une ventilation des pièces par des flux d'air extérieur indépendamment de l'orientation.

Selon Givoni 1978, L'effet de l'orientation des fenêtres sur les températures intérieures est largement conditionné par la ventilation naturelle et le degré de protection solaire.

La température intérieure est influencée par l'orientation des fenêtres par rapport aux vents, les rayonnements solaires pénètrent directement par les ouvertures des façades et échauffe l'intérieur des bâtiments.

Les fenêtres orientées :

À l'Est : les apports solaires sont maximaux en matinée

Au Sud : les apports solaires sont plus importants en hiver, car le soleil est bas sur l'horizon.

Cependant les apports d'été seront plus durement ressentis

À l'Ouest : les apports sont maximaux en fin d'après-midi.

1-3- Contrôle des apports solaires

- La dimension des baies de fenêtres :

Les grandes baies, orientées vers le soleil, sont intéressantes pour récupérer les gains solaires mais il convient d'éviter les trop grandes surfaces vitrées, même lorsqu'elles sont orientées Sud-Est et Sud-Ouest car il peut y avoir des problèmes de surchauffe en été et d'inconfort thermique en hiver

La position des fenêtres :

- Fenêtres inclinées (fenêtres de toit, coupoles, etc.) :

Ces surfaces vitrées inclinées fournissent, pour une surface égale de vitrage, deux à trois fois plus de lumière naturelle que les ouvertures en surface verticale.

En été, les fenêtres inclinées captent plus d'énergie solaire. Il faut donc prévoir des protections pour empêcher une surchauffe et un système de ventilation approprié.

Dans les autres cas (en hiver et pendant la nuit), ces fenêtres inclinées subissent une grande perte thermique en raison du rayonnement infrarouge vers la voûte céleste.

Il est donc nécessaire de prévoir une bonne protection pour éviter le refroidissement excessif pendant ces périodes.

Fenêtres verticales :

Par rapport à l'intérieur d'un local, plus la fenêtre sera haute, plus le fond de la pièce sera éclairé. Pour économiser l'énergie (moins d'éclairage artificiel), il est donc conseillé de situer le linteau le plus haut possible (Simon et Hauglustaine, 2002).

2- Considérations thermiques.

La performance thermique est le critère de rendement des fenêtres le plus couramment utilisé après celui de la lumière et de la vision extérieure. Elle tient compte à la fois des caractéristiques de transmission thermique par la fenêtre et des températures de surface du vitrage (Simon et Hauglustaine, 2002). La transmission thermique comprend les pertes de chaleur de l'intérieur vers l'extérieur et l'apport thermique du rayonnement solaire. La formation de condensation et son effet sur la durabilité des fenêtres sont liés aux températures de surface. De ces deux aspects de la performance thermique dépend le confort thermique à l'intérieur du bâtiment.

Les possibilités d'utilisation des protections solaires sont multiples (les protections extérieures, les protections intérieures, les protections intégrées). Le choix optimal du type d'une de ces protections dépend donc des besoins de l'utilisateur.

2-1- Les éléments architecturaux :

Ce sont des éléments fixes extérieurs intégrés dans la structure du bâtiment. Les balcons, les terrasses, etc. sont autant d'éléments repris dans cette catégorie. Ils doivent, par définition, être prévus dès la conception.

2-1-1- Les brise-soleils :

Ce sont des éléments extérieurs rapportés au bâtiment : soit des éléments architecturaux lourds, soit des éléments un peu plus légers fixés à l'extérieur (vertical, horizontal, nid d'abeille).

2-1-2- Les stores vénitiens (ou écrans solaires à lamelles) :

Ce sont des protections mobiles verticales ou horizontales extérieures, intérieures ou même intégrées au vitrage multiple. Ces protections sont composées de lamelles en aluminium ou en bois, inclinables par un système de câbles, de chaînes ou de baguette. L'inclinaison des lamelles permet de conserver un éclairage naturel du local en se protégeant plus ou moins du rayonnement direct du soleil.

2-1-3- Les stores enroulables (ou volets roulants) :

Ils constituent des protections mobiles, complètement extérieures ou intérieures, amovibles et sont composés d'une toile (ou d'un jeu de lamelles) qui se déploie devant (protection extérieure) ou derrière (protection intérieure) la fenêtre. Quelle que soit la position de la protection, le mécanisme est similaire. Ces stores enroulables peuvent être de différents types. Ils sont "simples", plissés (simple ou à double paroi) ou avec une structure alvéolaire (Simon et Hauglustaine, 2002).

2-1-4- Les tentes solaires ou marquises :

Ce sont des toiles extérieures enroulables déployées obliquement ou à l'horizontale. Elles offrent une protection tout à fait variable en fonction des besoins. L'inconvénient majeur est que ce type de protection mobile est sensible au vent et aux intempéries.

2-1-5- Les stores à projection ou volets projetés à l'italienne :

Placé à l'extérieur, ce système mobile combine des protections enroulables verticales et des protections horizontales, ce qui permet de conserver un certain apport d'éclairage naturel.

2-1-6- Les stores enroulables réfléchissants :

Ce sont des stores similaires aux stores enroulables classiques mais ils sont composés d'une toile réfléchissante qui, habituellement, se déroule entre les feuilles de verre d'un vitrage multiple. Cette lame d'air doit avoir au minimum 12 mm d'épaisseur.

2-1-7- Les protections solaires intégrées au vitrage :

Ces protections solaires sont intégrées entre les feuilles de verre d'un vitrage multiple. Leurs propriétés sont analogues à celles obtenues par des systèmes de protections solaires homologues placés à l'intérieur ou à l'extérieur. Un avantage est l'entretien car ce type de protection n'est pas concerné par les salissures.

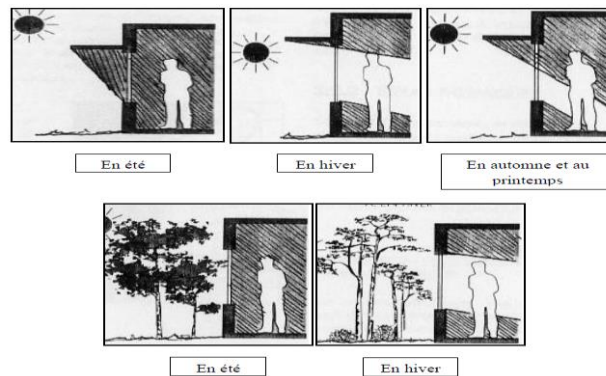


Figure 35 : Principes et efficacité des protections solaires.
(Source : Simon et Hauglustaine, 2002)

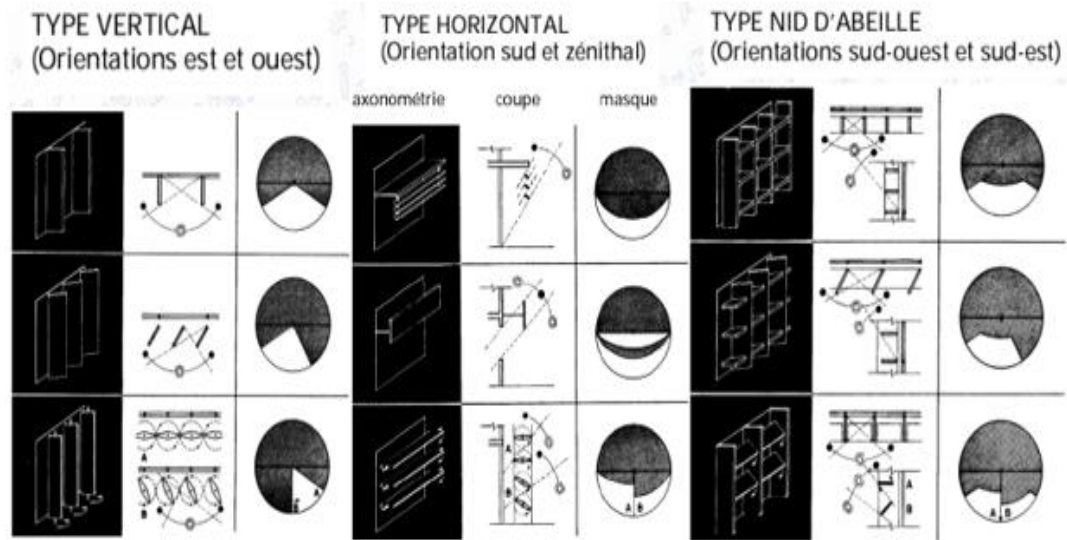


Figure 36 :Les types des brise soleil.

(Source : A. Ahriz 2014)

3- Considérations acoustiques

La transmission du son par les fenêtres est régie par les mêmes principes physiques que la transmission du son par les murs, à savoir la masse et la rigidité de la fenêtre. Cependant, les mesures de limitation du bruit dépendent à la fois des propriétés du vitrage et des caractéristiques du châssis des fenêtres. Étant donné que le son est un phénomène aérien, l'étanchéité à l'air des fenêtres devra être un facteur déterminant dans les mesures destinées à limiter le bruit.

L'isolation aux bruits aériens apportée par les fenêtres a généralement pour objectif principal d'isoler l'intérieur du bâtiment des bruits du trafic.

Les bruits d'impact sont principalement provoqués par les précipitations (grêle ou pluie), en particulier pour les vitrages inclinés.

Chaque bruit parasite a un niveau et une tonalité différents. Un trafic à circulation rapide n'a pas la même tonalité que le bruit grave d'un moteur d'autobus ou du trafic urbain plus lent.

Ce paramètre a un rôle considérable car il est beaucoup plus difficile, dans la pratique, de réaliser une isolation aux sons graves.

Le choix du vitrage doit donc s'effectuer en fonction du niveau sonore maximal intérieur acceptable, du type et du niveau de bruit selon la zone d'implantation.

Les fenêtres constituent en général un maillon faible dans l'isolation aux bruits aériens des façades et des toitures.

Leurs performances acoustiques dépendront :

- 1- Du type de vitrage.
- 2- De l'étanchéité acoustique entre ouvrant et dormant et entre menuiserie et façade ;
- 3- Du type de châssis, de leur montage et verrouillage ;
- 4- Des accessoires (grilles de ventilation, volets...).
- 5- Du type et de la qualité des raccords entre le vitrage, les grilles de ventilation, les panneaux opaques et la menuiserie, etc.
- 6- De l'absorption et de l'amortissement aux bords du vitrage et du châssis ;
- 7- De l'angle d'incidence du bruit
- 8- Du type de bruit

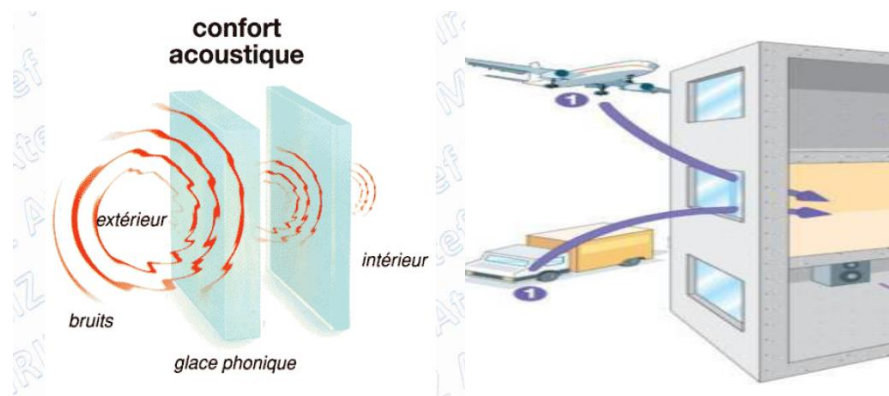


Figure 37 : Source bruit aérien EXT et l'Isolation phonique

(Source : A. Ahriz 2014)

4- Considérations climatiques.

Tout comme l'enveloppe, la fenêtre agit à la fois comme une peau respirante et comme une barrière ou un filtre

4-1- L'eau et le vent :

Malgré l'action du vent, l'eau sous sa forme de liquide libre doit être arrêtée totalement par L'enveloppe et donc par le vitrage mais aussi par les autres constituants de la baie, à savoir les châssis, les joints et les compléments.

Le vitrage arrête naturellement l'eau mais les autres constituants de la baie demandent une attention particulière lors de la conception et de la mise en œuvre des éléments. L'enveloppe doit être conçue comme un régulateur et non comme une barrière à l'air. En effet, le renouvellement périodique de l'air de l'ambiance intérieure est indispensable, mais doit être contrôlé. Les échanges

d'air indésirables se font principalement par les joints, autour des fenêtres et des portes, aux raccords entre les châssis et les parois et, bien entendu, lors de l'ouverture des portes et des fenêtres.

La pénétration contrôlée de l'air extérieur au travers des parois influence également la température de l'air ambiant, la température des parois, ainsi que le contrôle du taux de renouvellement d'air.

Le niveau de performance d'étanchéité à l'eau et à l'air, sous une pression donnée, est lié au contexte et à la hauteur par rapport au sol.

4-2- La neige :

La neige représente une charge dont il faut tenir compte dans le calcul de la structure portante des verrières mais aussi des parties translucides de celles-ci.

L'accumulation, même partielle, de neige sur des surfaces vitrées (principalement en toiture) peut provoquer des "chocs thermiques" et donc l'éclatement des feuilles de verre.

4-3- La vapeur d'eau :

En conditions hivernales, la température et l'humidité de l'air sont plus élevées dans le bâtiment qu'à l'extérieur. Le bâtiment est donc comme un réservoir de chaleur et de vapeur d'eau, qui tendent à s'échapper vers l'extérieur au travers des parois extérieures

5- Considérations liées aux besoins humains :

5-1- La ventilation

Les locaux d'habitation (séjour, chambre à coucher, d'études ou de jeux) et les cuisines doivent être pourvus de fenêtres ou de portes dans les parois extérieures qui, lorsqu'elles sont ouvertes, assurent une ventilation intensive en cas de surchauffe par le soleil, en cas de forte occupation ou en cas de production temporaire élevée d'odeurs ou de vapeurs.

Ce type de ventilation est assuré par l'ouverture des portes et/ou fenêtres dont la superficie totale doit au moins correspondre à :

- Pour une ventilation unilatérale : 6,4 % de la superficie au sol des pièces présentant des ouvertures dans une seule façade.

- Pour une ventilation transversale : 3,2 % de la superficie au sol des pièces présentant des portes et des fenêtres ouvrantes dans plusieurs façades, à répartir comme ceci : 40 % sur une façade et 60 % sur une autre

Pour une bonne gestion de l'énergie et pour assurer la qualité de confort et de vie, il faut maîtriser la ventilation. Les composants d'une telle installation (ventilateurs, conduits, diffuseurs, bouches d'amenées d'air, extracteurs d'air, grilles, etc.) doivent assurer un débit d'air permettant de satisfaire la réglementation et d'atteindre le confort.

5-2- La vue vers extérieur.

Dans un espace architectural, la fenêtre est un moyen de communication, un lien visuel qui permet à l'homme de rester en relation permanente avec le monde extérieur. La variabilité de la lumière naturelle permet d'établir une harmonie avec le monde extérieur et crée une ambiance intérieure plus chaleureuse. Les baies vitrées, par lesquelles la lumière pénètre, offrent le double avantage d'une communication visuelle vers l'extérieur et d'une vue au loin nécessaire au repos de l'œil après une vision rapprochée. Les raisons récurrentes d'un désir des fenêtres dans un environnement sans fenêtres étaient :

- Capacité de savoir le temps et l'heure du jour.
- Sentiment d'être en contact avec le monde extérieur.

Evitant le sentiment d'être enfermé, d'isolement et claustrophobe.



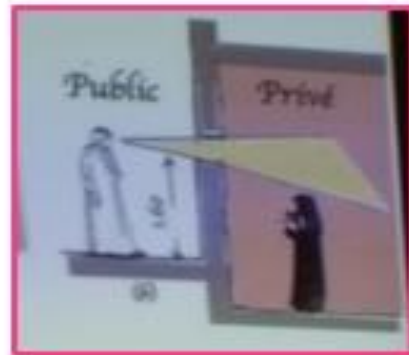
Figure 38 : Vue vers extérieur (source auteur 2019)

5-3- L'intimité : repère religieux et socioculturel :

La question de la vue-dehors est nécessairement associée à la vue à l'intérieur en soulevant la question de l'intimité, qui dans certaines circonstances peut être considérée pour être d'importance. Les baies creuses dans les façades présentent effectivement un double effet paradoxal ; d'un côté ils garantissent l'éclairage et le rafraichissement à l'intérieur de la pièce, mais d'un autre côté, ils accroissent le risque d'entrave à l'intimité intérieure de la famille de manière plus marquant que le cas de la porte d'entrée (en chicane).



« a »



« b »

Figure39 : Exemple de la relation entre les fenêtres et l'espace public : ''a'' la fenêtre est supérieure aux piétons, « b » l'intérieur est en dessous de la rue extérieure

(Source cour : S. Zeghichi2019)

III- Considérations spécifiques dans les salles des classes :

Outre les considérations ci-dessus, il existe d'autres considérations spécifiques pour les salles de classes, notamment :

L'éclairage doit être bilatéral, afin d'éviter les ombres portées (droitiers-gauchers) et donner une autonomie complète plus de la moitié du temps en lumière naturelle seul.

Dimension d'ouverture de fenêtre d'au moins 25% de la surface au sol avec une hauteur d'allège de l'ordre de 1,15m

Prendre en compte le fait que les ouvertures des fenêtres doivent être suffisamment grandes pour permettre l'éclairage nécessaire à la lumière naturelle et permettre la ventilation du nombre d'élèves.

Ventilation naturelle/ transversale.

Une bonne ventilation dans la classe est une condition très importante pour la santé des élèves, car elle permet de prévenir les épidémies et de créer un environnement sain. La classe est ventilée de deux manières. Renouvellement de l'air au moins 5 fois par heure (idéal 7 fois).

Les salles de classe devront avoir des fenêtres placées de manière à assurer une ventilation transversale c'est-à-dire donnant sur les deux façades Les ouvertures seront aussi larges que peut le permettre leur protection contre le soleil ou contre la pluie.

Dans le cas des pièces comme la bibliothèque, la direction, on recommande l'emploi des persiennes mobiles qui empêcheront totalement le passage de la pluie à l'intérieur de la pièce.

Orientation des façades :

L'orientation des salles de classe doit être si possible nord-sud, perpendiculaire à la direction moyenne des vents. Pour se protéger contre la pluie, on peut amener à s'écarter de cette direction privilégiée, mais pas plus de 45° pour conserver une action efficace du vent. Ceci conduit donc le plus souvent à des façades exposées l'une entre le sud-est et le nord-est, l'autre entre le nord-ouest et le sud-ouest. En milieu urbain, il faut éviter d'exposer les façades des salles au bruit, à la pollution des rues passantes, et aux relations visuelles gênantes afin que les occupants puissent utiliser l'ouverture des fenêtres.

Protection des murs

Si les bâtiments sont construits de façon à ce que l'axe de la longueur se trouve est-ouest, avec toutes les ouvertures (portes et fenêtres) vers le sud et le nord alors on n'a besoin que des petits auvents ou d'avant-toit au Nord et au Sud. Les côtés Est et Ouest seront protégés contre les rayons

du soleil par des murs aveugles. Des arbres plantés devant ces murs sont des écrans très efficaces dès qu'ils ont atteints une taille suffisante. Pare-soleil débordant de $\frac{1}{2}$ de la hauteur de la façade ;

Bien dimensionner les baies

Les baies de trop grandes dimensions sont à proscrire. Nous entendons par baie, les ouvertures (portes et fenêtres). Lors d'un cyclone avec des vents atteignant 250 km/h, des baies vitrées même protégées par des volets (et les murs) soit 600 kg/m². L'épaisseur du vitrage doit être d'au moins 6 mm .

Les ouvertures

Le centre de gravité et le centre de raideur du bâtiment doivent coïncider pour limiter les effets de torsion lors des tremblements de terre. Les ouvertures et les descentes de charge doivent être superposées afin de transmettre directement les efforts au sol, par les fondations en évitant ainsi les effets de cisaillement. Il est préconisé de renforcer les angles lors de la construction

Conclusion :

La fenêtre s'est développée de la fenêtre traditionnelle en passant par la fenêtre horizontale jusqu'à ce qu'elle est devenue l'enveloppe du bâtiment. De cela les fonctions de la fenêtre se sont développées en parallèle avec le développement de l'architecture. De ce fait il est préférable lors de la conception des fenêtres de penser à la séparation de la fonction visuelle (la vue vers l'extérieur) de ses fonctions énergétiques (l'éclairage, le chauffage et la ventilation).

La conception des ouvertures dans différents bâtiments nécessite une étude approfondie basée sur la connaissance des caractéristiques générales des ouvertures telles que les matériaux de construction, et les formes typologie ainsi les considérations qui prend en compte dans la phase de conception, notamment les facteurs thermiques, acoustiques et climatiques et les besoins humains, en plus les considérations spécifiques pour les salles des classes.

PARTIE DESCRIPTIVE

CHAPITRE III
PRESENTATIONS DE CAS
D'ETUDE

Introduction :

La ville de Tébessa est témoin d'une augmentation remarquable du nombre de bâtiments éducatifs, nécessitant le plus grand nombre possible de salles de classe. Nous voulions donc voir la qualité du confort visuel dans ses équipements

Nous avons donc choisi d'étudier l'échantillon de l'école Saker Hassan située dans la ville de Tébessa dans le quartier jouridont pour évaluer se ouvertures.

I- PRESENTATION DE LA WILAYA DE TEBESSA :

La wilaya de Tébessa est une wilaya orientale au riche passé historique, Tébessa a toujours occupé une place stratégique tant par son site pittoresque et grandiose, que sa situation en tant que carrefour de communication important, Tébessa, l'antique Thevet, a pu garder son statut pendant des siècles ; depuis l'époque numide jusqu'à l'heure actuelle.

1- Situation de la ville de Tébessa.

TEBESSA est une commune d'Algérie, chef-lieu d'une wilaya, située à l'est du pays, entre le massif de l'Aurès et la frontière algéro-tunisienne. A 35° 24' 19" nord, 8° 06' 59" est de 960 m d'altitude .

Ainsi la province de Tébessa est située dans la première région : la première zone, située entre la latitude 34°-36°, est caractérisée par un éclairage lumineux horizontal moyen égal à 35 Kilolux et la dominance du ciel partiellement couvert.



Carte.4 : carte politique de nord algérienne source : www.algerieprofonde.net (2018)

2- Ensoleillement :

L'ensoleillement est considérable dans la ville de Tébessa. Potentiellement, pour une latitude de $35^{\circ} 24' 19''$, le nombre d'heures d'ensoleillement dépasse les 14 heures par jour en été, et 09 heures en hiver comme le montre Le diagramme solaire (figure), ainsi que la trajectoire solaire qui est plus importante en été (21 Juin jour le plus long de l'année) qu'en hiver (21 décembre, jour le plus cours de l'année).

D'après les informations retenues depuis la station météorologiques de la willaya de Tébessa pour l'année 2018, on tire :

- Le mois le plus ensoleillé est le mois de juin (17 jours ensoleillés plus de 10 heures d'ensoleillement par jours).
- Le mois le mois ensoleillés est le mois de Février (0 jour ensoleillés) Pour notre étude on fixe nos données selon la période de la saison scolaire qui selon la direction de l'éducation de la willaya de Tébessa commence dès 08 septembre et termine à la fin du mois Mai, donc on adopte
- Le mois du Mai représentant le mois le plus ensoleillé pendant la saison scolaire

- Le mois de Février représentant le mois le mois ensoleillé

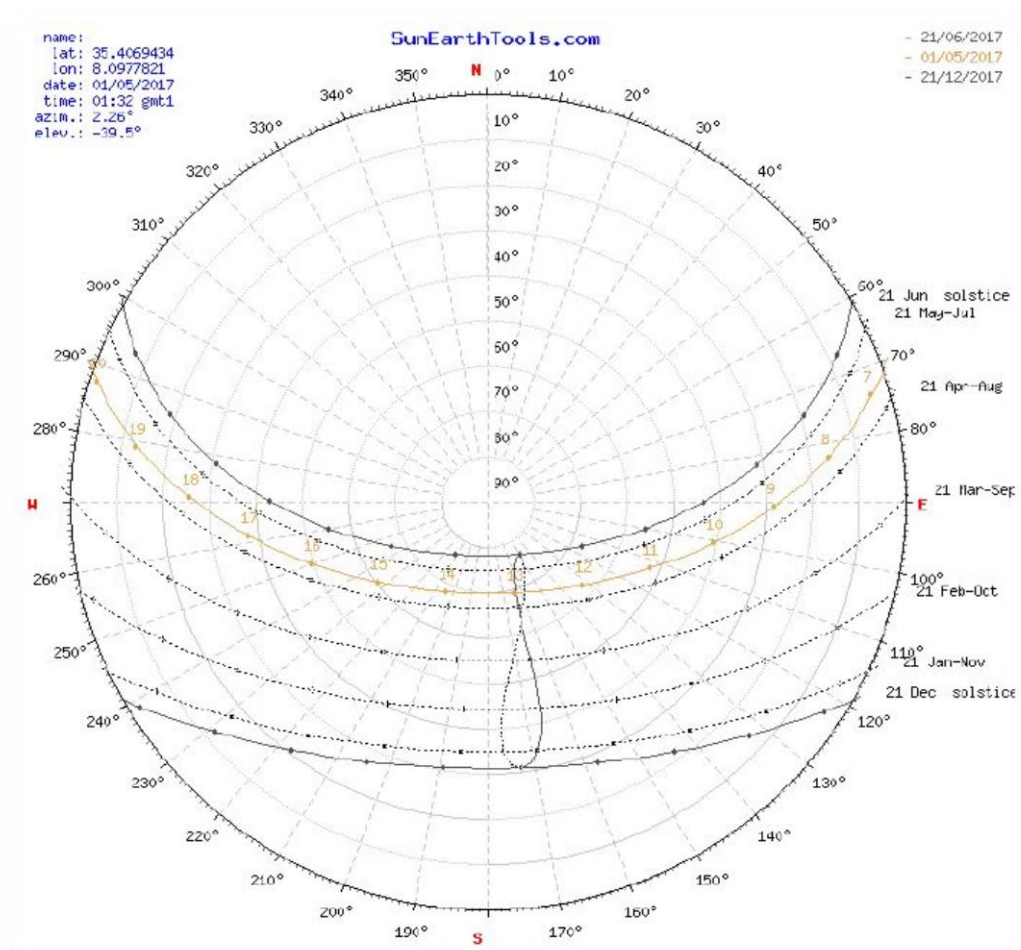


Figure40 : Diagramme solaire indiquant la trajectoire solaire pour la ville de Tébessa – latitude 35° 24' 19" (source : A. Ahriz 2014)

3- La situation climatique :

Le climat de la ville de Tébessa est un climat froid en hiver et chaud et sec en été. Il s'exprime par un rayonnement solaire intense, avec des températures très élevées en été et une moyenne maximale de 42°C durant le mois de Juillet et des températures faible en hiver et une moyenne minimale de -1.2°C durant le mois de Janvier. Une humidité relative moyenne, une précipitation considérable en hiver et presque rare en été, avec un écart de températures très important

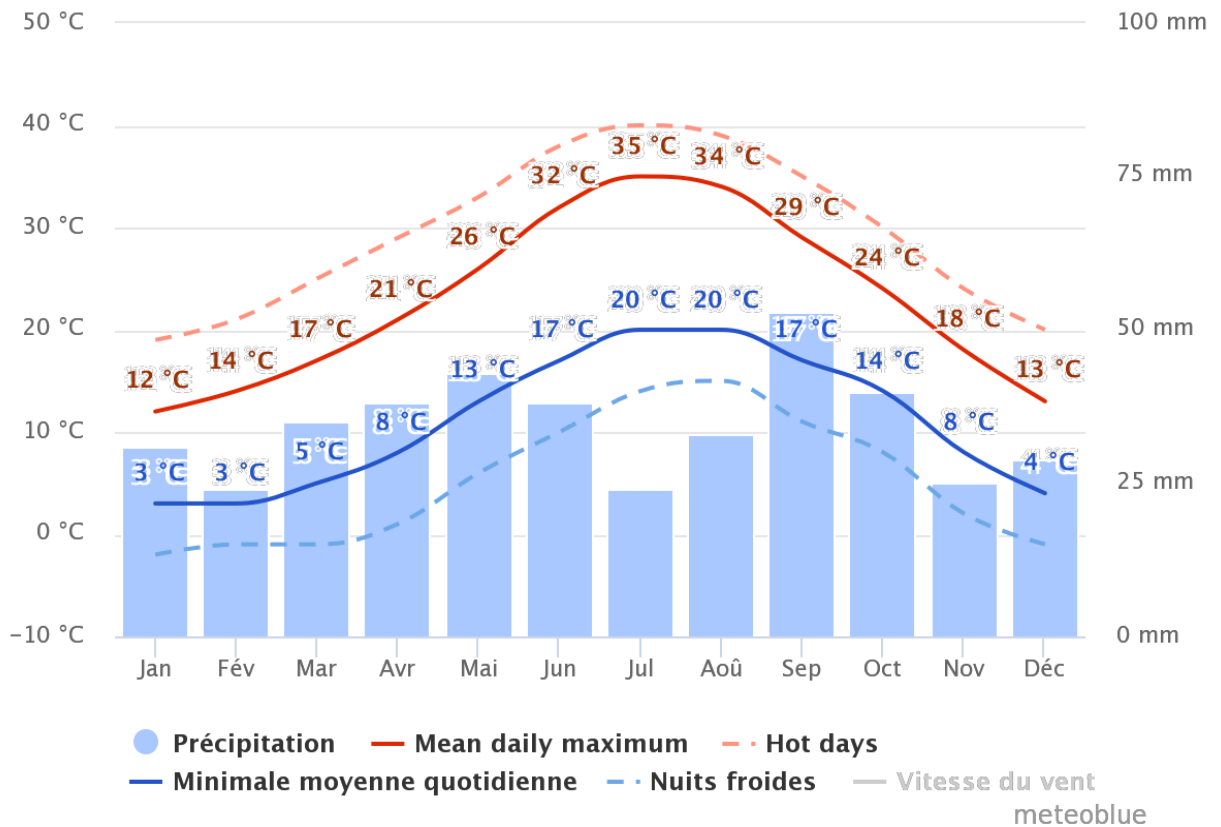


Figure41 : Diagramme Températures et précipitations moyennes de Tébessa

(Source : auteur 2019)

La "maximale moyenne quotidienne" (ligne rouge continue) montre la température maximale moyenne d'un jour pour chaque mois pour Tébessa. De même, « minimale moyenne quotidienne" (ligne bleue continue) montre la moyenne de la température minimale. Les jours chauds et les nuits froides (lignes bleues et rouges en pointillé) montrent la moyenne de la plus chaude journée et la plus froide nuit de chaque mois des 30 dernières années.

4- Vitesse du vent

Le diagramme pour Tébessa montre combien de jours dans un mois peut être attendu pour atteindre une certaine vitesse de vent. La mousson crée de forts vents stables sur le plateau tibétain de Décembre à Avril, mais des vents calmes de Juin à Octobre

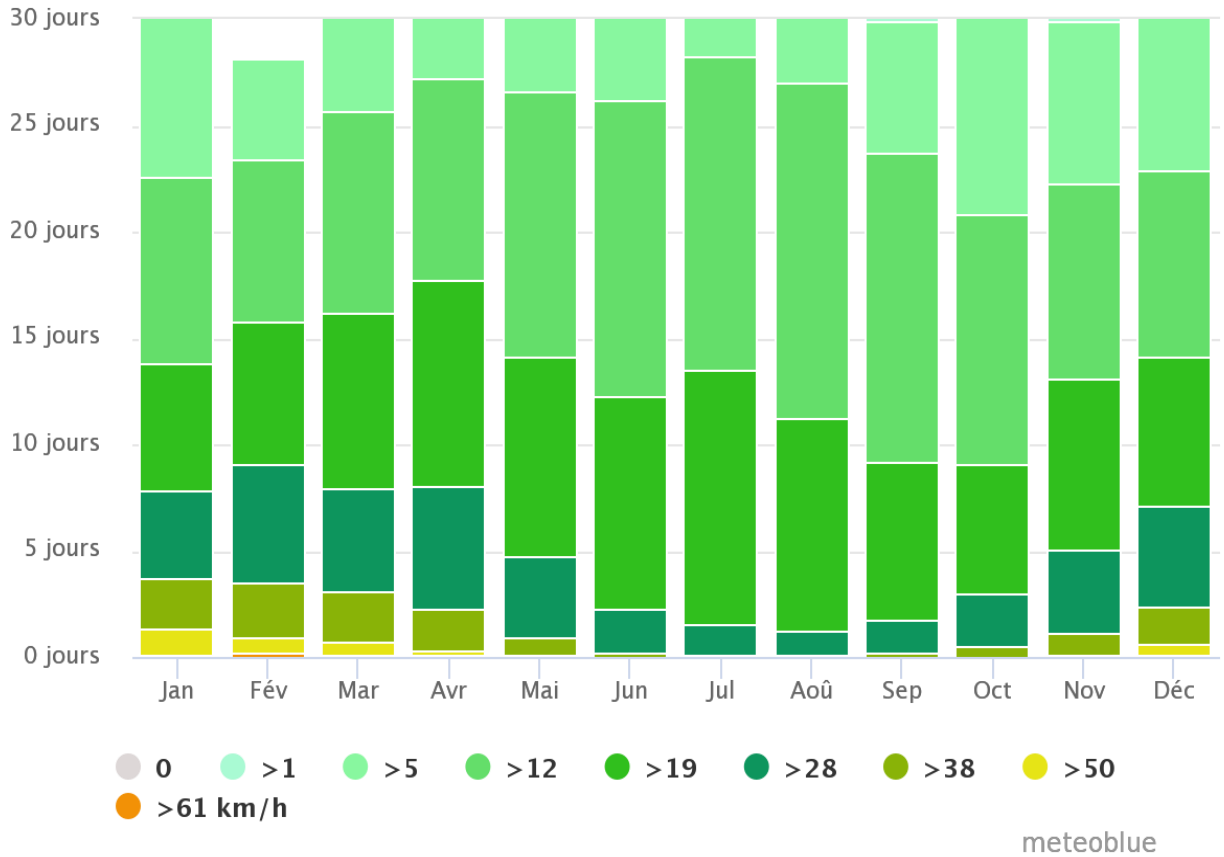


Figure42 : Diagramme de vitesse de vent de Tébessa

(Source : auteur 2019)

II-PRESENTATION DE CAS D'ETUDE

1 -Présentation de l'échantillon :

Pour vérifier l'état des ouvertures dans les salles de classe dans la wilaya de Tébessa. Nous avons pris un échantillon de salle de classe à l'école primaire Saker Hassan à la ville de Tébessa comme cas d'étude. Notre choix a également été motivé par la disponibilité des deux types d'éclairage (unit latérale, bi latérale) et le pouvoir faire notre étude sur les deux types.

2- Situation du cas d'étude :

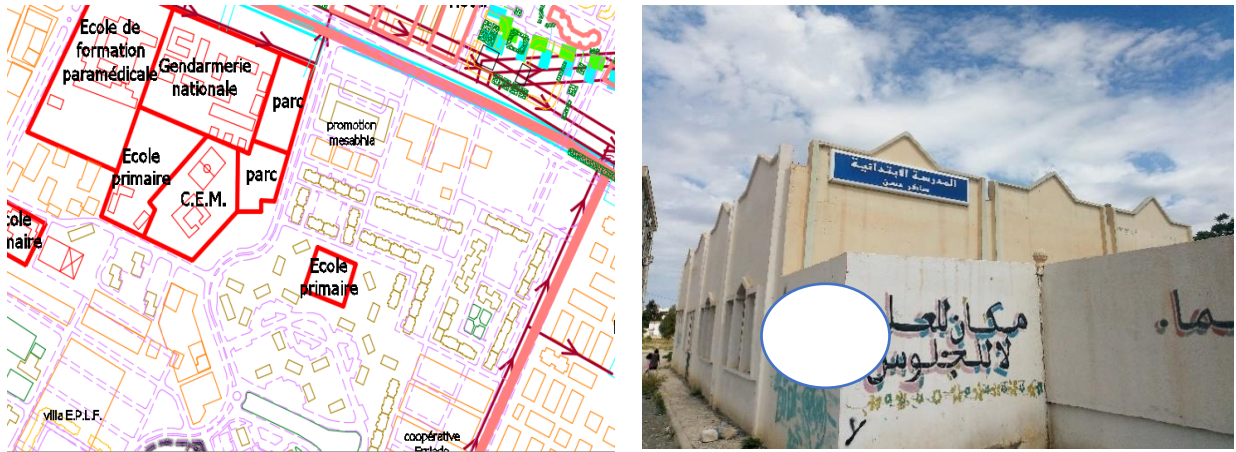


Photo 01 : la situation de l'école primaire Saker Hassen à Tébessa
(Source : auteur 2019)

Aujourd'hui, l'infrastructure scolaire dans la willaya de Tébessa est en croissance en termes d'écoles primaire, la ville de Tébessa seulement compte plus que 82 écoles primaire et plus que 21907 élèves répartis sur 790 salles de classe.

- **Ecole Saker Hassen :**

Située dans le pos 05 cité Djbel anwal (Tébessa), construite depuis les années 2003, et créé en 2004, aujourd'hui elle comporte 13 salles de classe plus un bureau de directeur, une cantine et salle d'eaux, elle a une capacité de 587 élèves et un surface totale 2500 m², (1500 m² bâti et 999 m² non bâti) avec une distance de 200 m de la route nationale (RN 10)

L'école est entourée par : l'habitats collectifs (R+ 4) en tous les coté (NORD, SUD, EST, OUST).

3- Etude de l'échantillon :

Présentation d'échantillon :

Salle de classe 01 d'école Saker Hassan

- ✓ Dimension : 9 m X 7 m X 3,06m
- ✓ Plan de travail = 0.75m
- ✓ Tableau = 1.1m
- ✓ Orientation : Ouest
- ✓ Ouvertures : 04 fenêtres unilatérales dans le mur « ouest » de taille (2.10m X 1.2m) X 04.
- ✓ Parois et couleurs : parois jaunes, plancher blanc, sol beige en carrelage



Photos 02 : de l'IN-situ salle de classe 01 unilatérales école Saker Hasan

(Source : auteur 2019)

Salle de classe 02 d'école Saker Hassan

- ✓ Dimension : 9 m X 7 m X 3,06m
- ✓ Plan de travail = 0.75m
- ✓ Tableau = 1.1m
- ✓ Orientation : Ouest
- ✓ Ouvertures : 04 fenêtres bilatérales dans le mur « nord » de taille (2.10m X 1.2m) X 04,
- ✓ Parois et couleurs : parois jaunes, plancher blanc, sol beige en carrelage



Photos 03 : de l'IN-situ salle de classe bilatérales école Saker Hasan

(Source : auteur2019)

- Façade ouest de l'école



Photo 04 : Façade ouest de l'école

(Source auteur2019)

la construction d'un mur de (1.2m X 0.9m) (RDC, côté ouest et nord) au niveau de la fenetre qui minimisent sa surface et changé la dimensionnement de fenetre j'usqa (1.2m X 1.20m) avec une hauteur sur le sol de 1.9m

Conclusion

Lors de notre visite sur le terrain à l'école Saker Hassan, qui correspond à notre étude, nous avons constaté une détérioration importante du niveau des ouvertures, les quatre façades étant ouvertes dans la rue, obligeant les responsables de l'institution à trouver des solutions exigeant des conditions de sécurité et une protection contre le niveau de bruit causé par l'environnement extérieur en construisant un mur. Le niveau des fenêtres peut nuire au confort visuel.

CHAPITRE IV
LES OUTILS DE SIMULATION

Introduction

Dans le chapitre précédent nous avons pu présenter la zone de notre étude et les problèmes conceptuels de cas d'étude.

Après le choix de cas d'étude nous comptons dans ce chapitre choisir et présenter en détail les logiciels de simulation et sont principes de travail afin de choisir le logiciel le plus disponible et le plus précis.

I- Les outils avancés à environnement intégré :

C'est l'ensemble des logiciels permettant une modélisation précise et détaillée du projet et une simulation pouvant prendre en compte toute la complexité de la géométrie et des matériaux du bâtiment à construire (CHAABOUNI ,2011). Ces outils offrent l'avantage d'une analyse complète de la stratégie de la lumière naturelle modélisée et fournissent ainsi des informations importantes concernant

- La visualisation de la distribution de la lumière naturelle,
- La visualisation du comportement dynamique de la lumière naturelle,
- La détermination des quantités de lumière,
- Le contrôle de la pénétration de la lumière directe,
- Le comportement dynamique des ombres,
- □l'identification de la présence d'un éblouissement éventuel et l'évaluation des indices du confort visuel.

1- CLASSIFICATION DES LOGICIELS DE SIMULATION

1-1- Outils de Simulation Thermique Dynamique

1-1-1 TRNSYS : L'atelier de simulation Trnsys Simulation Studio est un environnement de simulation dédié à la simulation dynamique des systèmes et des bâtiments multi-zones. Dans une démarche HQE, ce type d'outil devient un élément incontournable pour valider le concept énergétique ainsi que pour développer et expérimenter des approches innovatrices.

1-1-2- COMFIE-PLÉIADES

L'ensemble logiciel PLEIADES + COMFIE permet la conception de projets bioclimatiques en régime dynamique, l'analyse des performances et des ambiances, la formation et l'enseignement sur le comportement thermique de l'habitat.

1-2-Outils de mécanique des fluides dynamique

1- 2-1 COMIS : est un programme de simulation des transferts aérauliques et du transport des polluants dans les bâtiments multizones. Un couplage est possible entre ce logiciel et TrnSys.

1-2-2 FLUENT : est sans doute le logiciel de simulation numérique de mécanique des fluides le plus abouti du marché. Il permet de rendre compte des courants d'air, des gradients de températures et de leur gestion dans un espace donné

1-3- Outils de gestion de l'éclairage

1-3-1 Lightscape : C'est un logiciel qui est destiné à des utilisations graphiques, mais il offre également des fonctionnalités intéressantes pour la simulation physique de la lumière. Il utilise un algorithme de radiosité pour le calcul quantitatif, et un algorithme de lancer de rayons pour l'amélioration qualitative et visuelle des images de synthèses (MAAMARI, 2002). En effet, pour la simulation lumineuse, LIGHTSCAPE ne considère que les trois types de ciel normalisés : clair, uniforme (partiellement nuageux) et couvert, sans tenir compte des états intermédiaires

1-3-2- ECOTECT : Développé par Autodesk. ECOTECT permet une analyse lumineuse des espaces architecturaux et des ensembles urbains, à travers l'évaluation du facteur de lumière du jour, du niveau d'éclairement et des rayonnements solaires incidents sur les surfaces, vitrées et opaques.

1-3-3-DIALux : est un logiciel développé par l'entreprise DIAL GmbH, plateforme de services pour les techniques du bâtiment et de l'éclairage. DIALux permet le calcul de la lumière du jour et de la lumière artificielle en extérieur ou dans un espace intérieur. Ce calcul repose sur la norme DIN 5034 (Deutsches Institut für Normung EV) et la publication 110 de la CIE.

Les algorithmes de DIALux utilisent la méthode de la radiosité : les surfaces du modèle sont discrétisées en facettes et le rayonnement (émis et reçu) est calculé pour chacune des facettes. L'éclairement en chaque point est calculé sur base du bilan des rayonnements lumineux reçus et émis depuis les facettes. DIALux permet de calculer les éclairements, les facteurs lumières du jour, les luminances, et permet de réaliser des études d'ombrage ainsi que des rendus

1-3-4-DAYSIM : Environnement (Plate-forme) : MS Windows et Linux/Unix. Il a été développé sur le même environnement que RADIANCE et est compatible également avec ECOTECT. Le logiciel sert pour l'analyse et la simulation de la lumière du jour en calculant sa disponibilité annuelle dans les bâtiments en fonction des conditions atmosphériques du site d'intervention (niveaux d'éclairement, niveaux de luminance, distribution de l'éclairement à l'intérieur d'un local) (site internet).

1-3-5-RADIANCE : Il est reconnu pour la qualité scientifique et la fiabilité de ses résultats. Aussi, plusieurs outils spécialisés dans l'évaluation de l'éclairage naturel, comme ECOTECT, DAYSIM et SUPERLITE, ont-ils été développés sur la même plate-forme afin de pouvoir développer des extensions permettant le couplage et la combinaison des résultats. Il utilise un algorithme de lancer inverse de rayons (KARAOUI, 2012).

1-3-6-PHANIE : C'est un logiciel de simulation physique de l'éclairage, capable de traiter des scènes très complexes. Il permet dès la conception d'une salle ou d'un bâtiment, de définir et de visualiser des scénarios lumineux en fonction de multiples paramètres : architecture, sources lumineuses artificielles et naturelles (en liaison avec le climat), nature des matériaux. Il permet également de caractériser quantitativement les ambiances lumineuses, en termes de luminances, d'éclairages ou encore de risques d'éblouissement.

1-3-7-Velux Daylight Visualizer : Velux Daylight Visualizer est un outil simple à utiliser qui permet de voir l'apparence qu'aura un espace éclairé par la lumière naturelle. Il permet aussi de calculer certaines valeurs physiques de la lumière naturelle comme les niveaux d'éclairages, le facteur de lumière du jour et la luminance d'un espace architectural selon l'heure et le jour que le concepteur choisit ou selon une année complète.

1-3-8-Le plug-in Diva-for-Rhino® : DIVA est un plugin pour le logiciel Rhinocéros (modélisateur 3D) et Grass Hopper. (Éditeur d'algorithmes graphiques). Il permet d'effectuer des simulations de lumière naturelle et d'énergie. Ce logiciel est développé par la Graduat School of Design de l'Université d'Harvard. Il est maintenant exploité par une entreprise créée par des chercheurs, Solemma LLC. Diva pour Rhino permet aux utilisateurs d'évaluer la performance environnementale des bâtiments en réalisant des calculs de facteur de lumière du jour, d'éclairage, d'éblouissement et d'obtenir des rendus photoréalistes. Ces simulations sont réalisées en tenant compte du lieu, du climat ainsi que de la date et de l'heure. DIVA permet aussi d'effectuer des calculs thermiques

1-4-Outils de simulation de systèmes solaires –Energies Renouvelables

1-4-1-SimSol : est un outil de dimensionnement et d'étude de faisabilité d'installation de systèmes solaires thermiques. Il utilise le moteur de calcul de TrnSys.

1-4-2- PvSyst : est un outil de dimensionnement et d'étude de faisabilité d'installation de panneaux solaires photovoltaïques

1-5-Outils réglementaires

1-5-1-CLIMAWIN 2005 : Ce logiciel permet de réaliser des bilans thermiques en vue de l'application de la RT2005, ou d'un label type THPE dans des bâtiments d'habitat ou tertiaires. Il réalise l'ensemble des calculs réglementaires en thermique dans le bâtiment.

2- Domaines d'utilisation des logiciels

L'utilisation des logiciels de simulation de l'éclairage se généralise de plus en plus dans le domaine de conception en éclairage et au-delà. Ainsi de nos jours ces logiciels sont utilisés aussi bien par des bureaux d'étude du bâtiment et des architectes, que par des développeurs de jeu vidéo. Les applications peuvent être entre autres [IESNA, 1999] [3D-lumière, 2000] [MAAMARI, 2002] :

- 1- La conception en éclairage artificiel. Que ce soit pour l'éclairage intérieur des bâtiments, l'éclairage des façades, des monuments, des voiries, des trottoirs, ou l'éclairage des tunnels etc. Elle comprend entre autres le dimensionnement des systèmes, l'analyse du confort visuel et de la consommation etc.
- 2- La conception en éclairage naturel : dimensionnement des ouvertures et des protections solaires, orientation des projets, analyse de l'entrée de la lumière du jour et études des FLJ...
- 3- Le rendu et la présentation des projets par les architectes et par les décorateurs d'intérieur.
- 4- La création de scènes de réalité virtuelle pour le monde du cinéma, de la publicité ou des jeux vidéo...
- 5- La conception même des optiques de luminaires ou de phares de voitures

3-Validation des logiciels de simulation de l'éclairage

Un logiciel de simulation de l'éclairage est supposé simuler la réalité. Mais la fidélité de la simulation à la réalité est loin d'être vérifiée pour tous les logiciels existants sur le marché international. D'ailleurs, le niveau de précision et de similitude (entre les résultats d'une simulation numérique de l'éclairage et la réalité) exigé ou souhaité par les différents utilisateurs n'est pas nécessairement le même, et peut varier largement selon la spécificité de leurs domaines d'activité [MAAMARI, 2002].

3-1- Différents types de validation

En ce qui concerne les types de travaux de validation réalisés, nous avons pu identifier les suivants

3-1-1- La validation analytique

Les travaux de validation basés sur des références analytiques sont assez rares parmi les travaux réalisés que nous avons pu trouver lors de notre recherche bibliographique

3-1-2-La validation expérimentale

Dans ce type de validation, les résultats des logiciels sont comparés à des mesures expérimentale

3-1-3-La validation comparative

Elle porte sur une comparaison des résultats de simulation de plusieurs logiciels entre eux. Cela peut être fait avec l'existence ou non d'une référence expérimentale ou analytique

4-MÉTHODOLOGIES DE PRÉDÉTERMINATION

4-1- Méthodes simplifiées

Avant la large diffusion des outils de calculs informatiques, seules les méthodes simplifiées étaient utilisées pour prédéterminer l'éclairage naturel. Ces méthodes ne permettent d'estimer l'éclairement intérieur que sous un type de ciel bien précis. Pour des raisons évidentes de simplification, ce sont généralement des valeurs ponctuelles ou des valeurs moyennes de facteur de lumière du jour qui sont calculées. Des coefficients de correction sont parfois utilisés pour tenir compte de certains paramètres tels que la transparence et l'encrassement du vitrage ou l'influence des obstructions extérieures.

4-2-Modèles réduits

L'étude de l'apport d'éclairage naturel sur modèles réduits nécessite des infrastructures spécifiques pour simuler l'éclairage naturel. Cette méthode permet de visualiser directement la distribution de lumière dans un espace, ce qui est très utile dans le cadre d'une approche qualitative de la conception et de l'évaluation comparative de différentes options ou interventions.

4-3-Modèles numériques

Les logiciels de simulation informatique de l'éclairage ont connu et connaissent encore une évolution très rapide. Ces outils de modélisation numérique permettent de réaliser une géométrie en 3D des espaces et des objets, d'introduire différentes sources et de calculer ensuite la distribution de la lumière. Les logiciels les plus performants offrent également la possibilité de rendre des impressions visuelles photo réalistes. Grâce à l'intégration du calcul de l'éclairage artificiel et naturel, il est possible de réaliser, dès la phase de conception

II-LE CHOIX DE LOGICIEL DE SIMULATION :

Notre choix s'est porté sur le logiciel DIALUX dans sa version 2012 type 4.12.1. Une version d'évaluation accessible au site internet et téléchargeable. C'est un outil à la fois performant, fiable, qui convienne au problème posé dans notre étude et qui puisse garantir la continuité des étapes de notre travail

1 -Critère de choix de logiciel

- Logiciel gratuit conseillé par un éclairagiste
- Ce logiciel offre la possibilité de simuler en 3D des espaces travail
- Simulation de l'éclairage artificielle et naturel
- Maîtrisable

Avantages

- ✓ L'ensemble des grandes marques alimente le logiciel
- ✓ Nombreuses options de simulation : Orientation, météo, saisons
- ✓ Projection plus aisée des employeurs et/ou salariés sur les postes de travail
- ✓ Grande interactivité
- ✓ Possibilité d'utiliser ce logiciel pour la conception ou le réaménagement de poste (tertiaire)

Inconvénients

- ✓ Prise en main relativement longue
- ✓ Possibilité de simuler uniquement du tertiaire
- ✓ Logiciels différents dont un particulièrement gourmand

2- Méthodologie de la simulation

Le déroulement d'une simulation d'éclairage dans les salles de classes sous logiciel de dialux peut être résumé ainsi.

Première étape :

Pour créer un modèle, sélectionner « Nouveau projet d'intérieur » à l'ouverture du logiciel.

L'interface « DIA Lux 4.12» va ensuite s'ouvrir.



Figure43 : Lorsque vous ouvrez le logiciel

(Source : auteur 2019)

Importer un fichier AutoCAD en format DXF et modifier les mesures requises dans le logiciel

Importation du modèle et préparation de zone de travail : en fixant les paramètres géométriques, de localisation et d'orientation

La deuxième étape : La saisie des paramètres et les données spécifiques au modèle à simuler. La partie de « Gestionnaire de projet » reprend toutes les informations relatives au projet créé (géométrie, objets, luminaires, paramètres).

- La partie du « Guide » reprend plusieurs thématiques en rappelant les principales étapes de la simulation (création, édition, planification, calcul, analyse).
- La partie centrale est la fenêtre de représentation, et propose diverses vues sur le projet en cours (local, luminaires, ouvertures, plans de travail, zones de calcul)
- Enfin, la partie supérieure de la fenêtre contient les commandes de raccourcis ainsi que les menus déroulants principaux. L'illustration de la page suivante reprend les fenêtres, les commandes, et les onglets fréquemment utilisés au cours de ce didacticiel

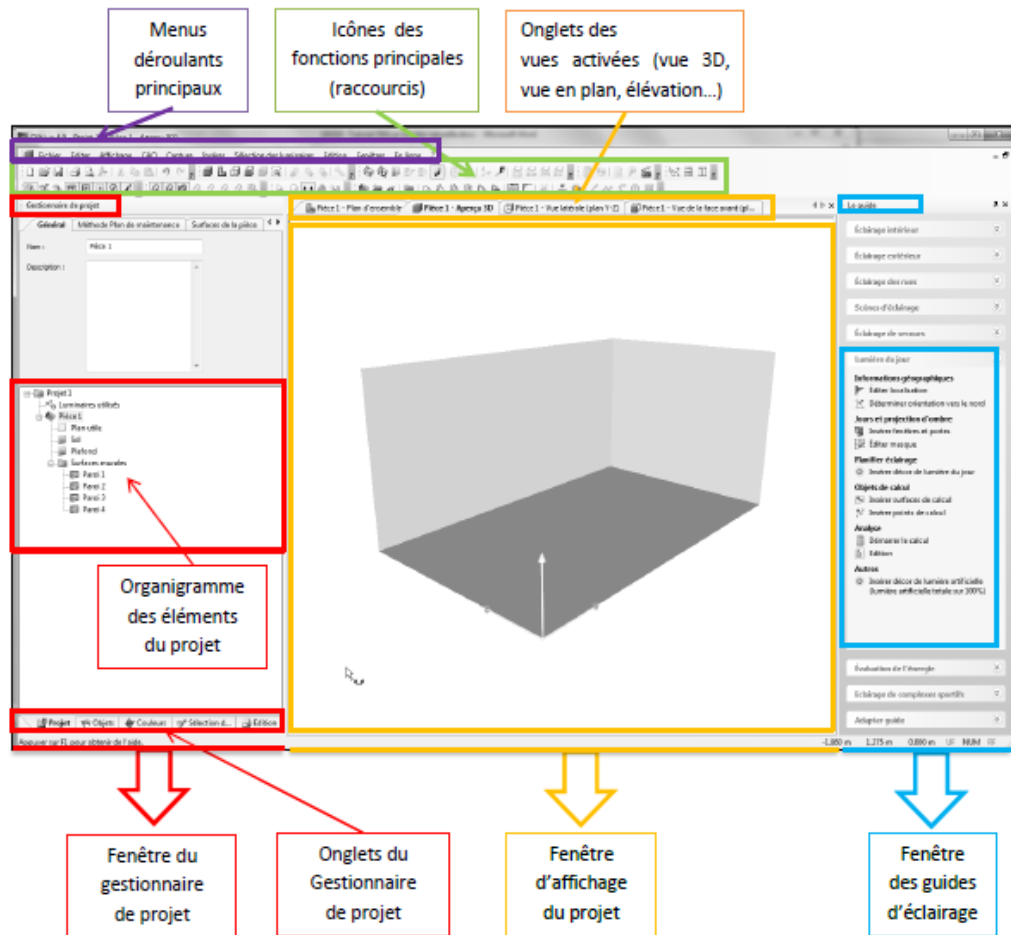


Figure44 : interface de logiciel dia lux

(Source : auteur 2019)

La troisième étape

Après la mise en place de la salle avec toutes ses exigences d'ouvertures et de couleurs de murs, plafonds et lumières.

La phase de simulation directe vient . Démarrage de l'analyse: avec l'insertion de décor lumineux convenable et les types des résultats souhaités

3- Application :

logiciel utilise pour la création de 3d ,cas d'étude pour l'étude de l'impact de la taille de baie défernt types des ouvertures unilatéral et bilatéral . est le même carctéristuque d' eclairage optimal dans les salles de classes .

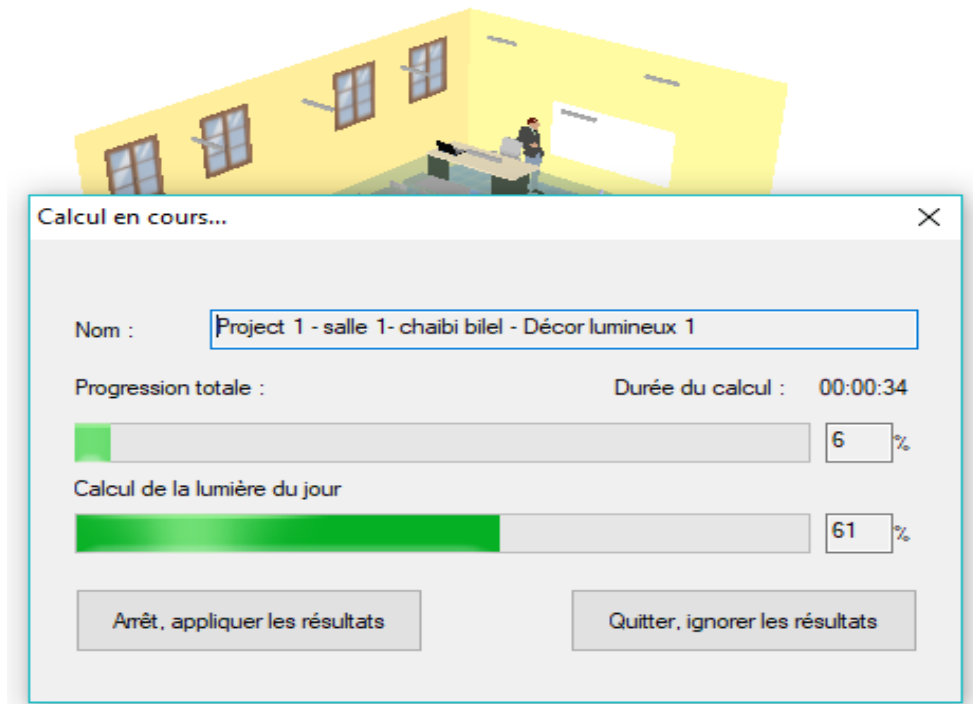


Figure45 : Calcul de la simulation

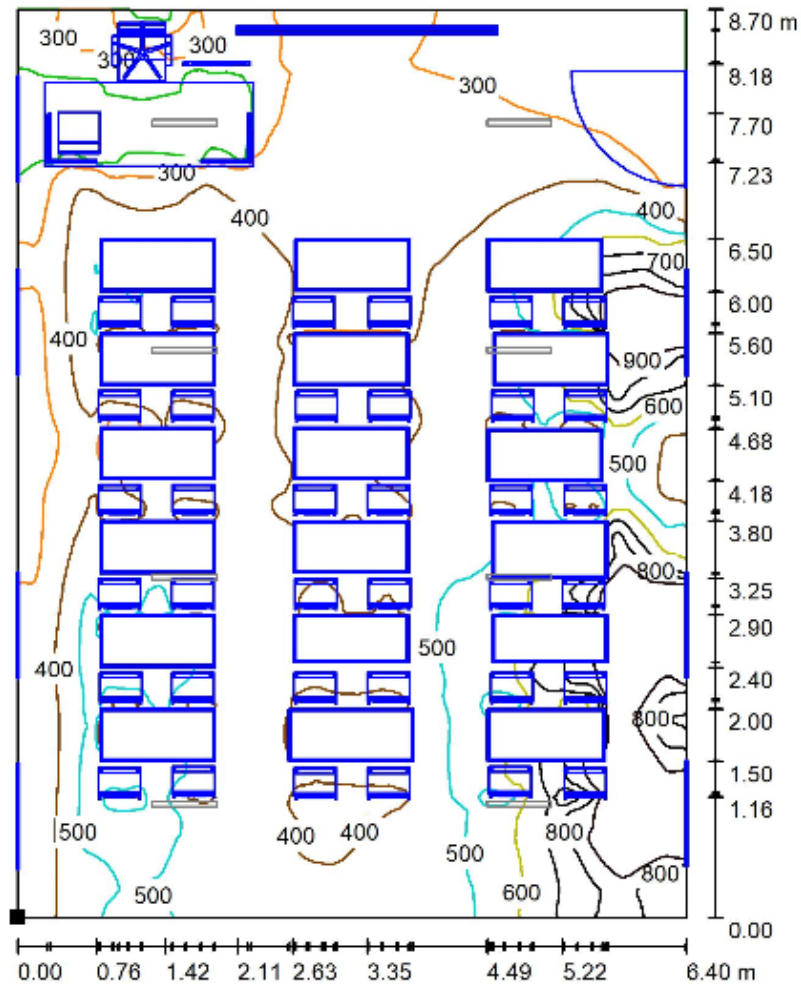
(Source : auteur 2019)

L'interprétation des résultats se base sur la lecture directe des valeurs d'éclairement depuis les courbes isolux et les graphiques des valeurs du plan utile, sol et mur contenant le tableau, fournit par le logiciel de simulation DIALUX. Comme le montre la figure.



Figure46 : Les courbes des résultats de la simulation de la lumière dans le plan de travail

(Source : auteur 2019)



Figurier47 : Résultat de simulation

(Source : auteur 2019)

Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons mets on exerce une série des logiciels disponible dans l'objectif de choisir le performant, notre choix s'est porté sur dialux que permet aisément d'opérer des changements à tous les niveaux et de tester une multitude d'hypothèses.

En effet, la simplicité de l'espace de modélisation permet d'ajouter ou de soustraire des éléments divers au bâtiment-modèle étudié.

Pour le choix final du logiciel de simulation en architecture pour notre cas. La quantité suffisante de la lumière présente et la plus acceptables et proches des valeurs menées dans un environnement réel.

PARTIE ANALYTIQUE

CHAPITRE V
SIMULATION ET
INTERPRETATION

Introduction

L'objectif de ce chapitre c'est l'évaluation de l'impact de la taille de fenêtre et l'impact de l'orientation sur le confort visuel.

donc nous allons simuler l'échantillon tel qu'il se présente dans les mêmes dimensions et dans les mêmes directions (Nord-Ouest) pour les deux mois février, mai (le plus et le moins ensoleillé), puis nous proposerons de modifier les dimensions et les orientations (est-ouest) tout en conservant les autres caractéristiques.

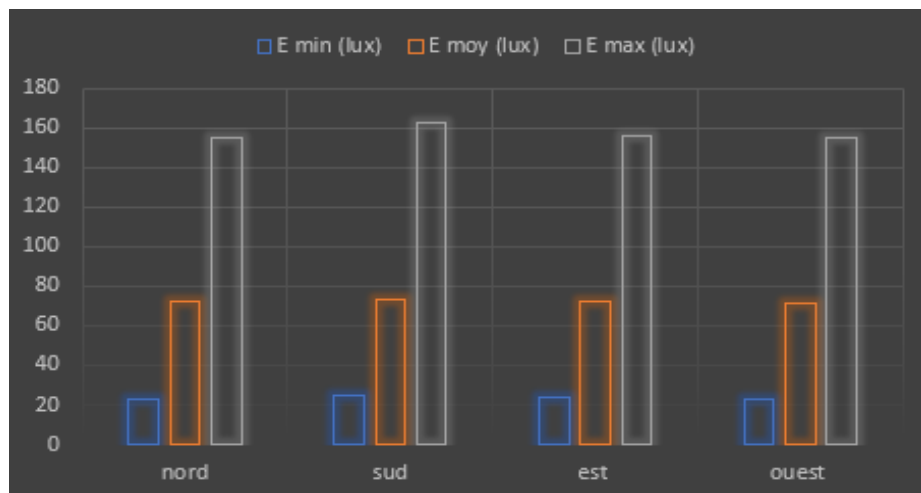
A-Type de fenêtre uni latérale :

1- étude selon l'orientation

1-1- Le mois de février

Dimension 1 (cas existant NORD et OUEST) :

- (L=1.00 m * H=1.30m) , : la distance au sol = 1.90 m

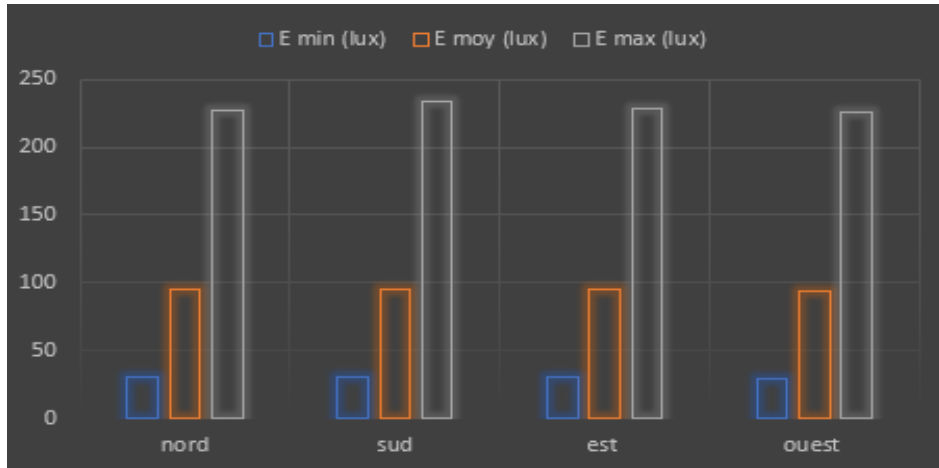


Graphe 01 : les valeurs d'éclairment sur le plan de travail selon la dimension 1 dans le mois de février

(Source : auteur 2019)

Dimension 2 :

- (L=1.00 m * H 1.60 m) , : la distance au sol = 1.60 m

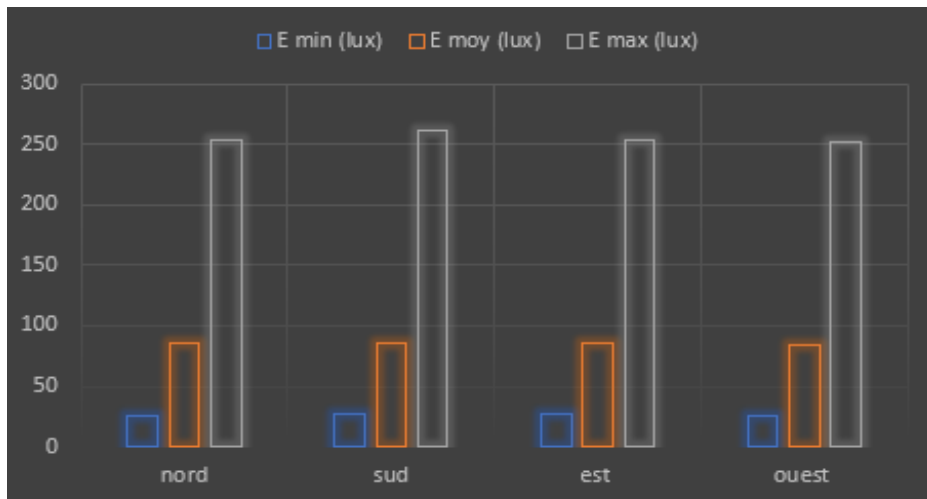


Graphe 02 : les valeurs d'éclairment sur le plan de travail selon la dimension 2 dans le mois de février

(Source : auteur 2019)

Dimension 3 :

- (L=1.00 m * H 1.8 m) , : la distance au sol = 1.40 m

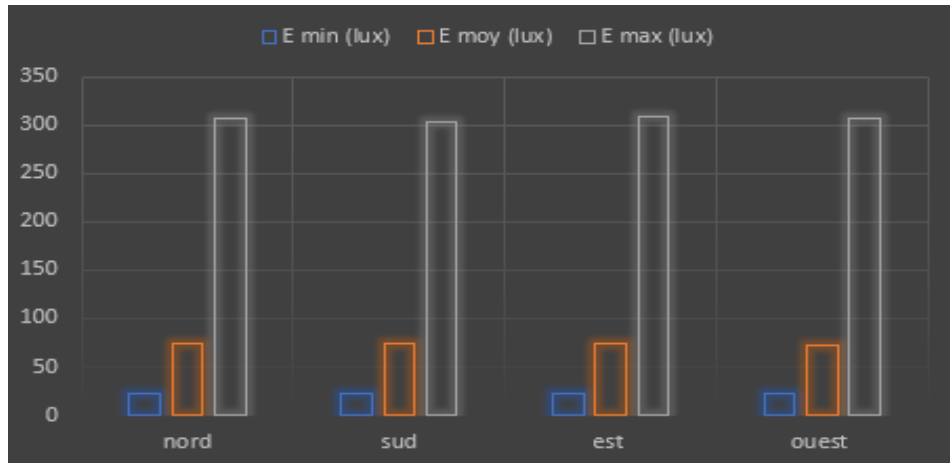


Graphe 03 : les valeurs d'éclairment sur le plan de travail selon la dimension 3 dans le mois de février

(Source : auteur 2019)

Dimension 4 :

- (L=1.00 m * H 2 m) , : la distance au sol = 1.20 m



Graphe 04 : les valeurs d'éclairment sur le plan de travail selon la dimension 4 dans le mois de février

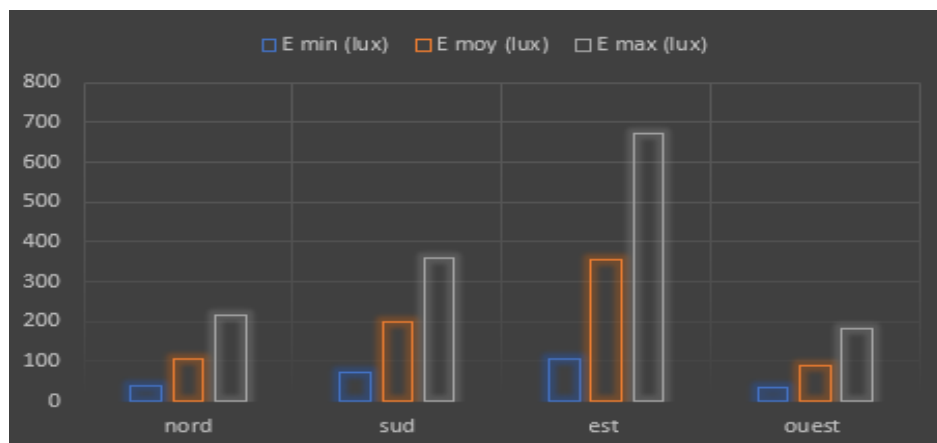
(Source : auteur 2019)

A partir du résultat de la simulation du mois février selon l'orientation on observe que l'éclairage moyen est insuffisant sur toutes les orientations avec tous dimensions.

1-2- Le mois de mai

Dimension 1 (cas existant NORD et OUEST) :

- (L=1.00 m * H =1.30m) , : la distance au sol = 1.90 m

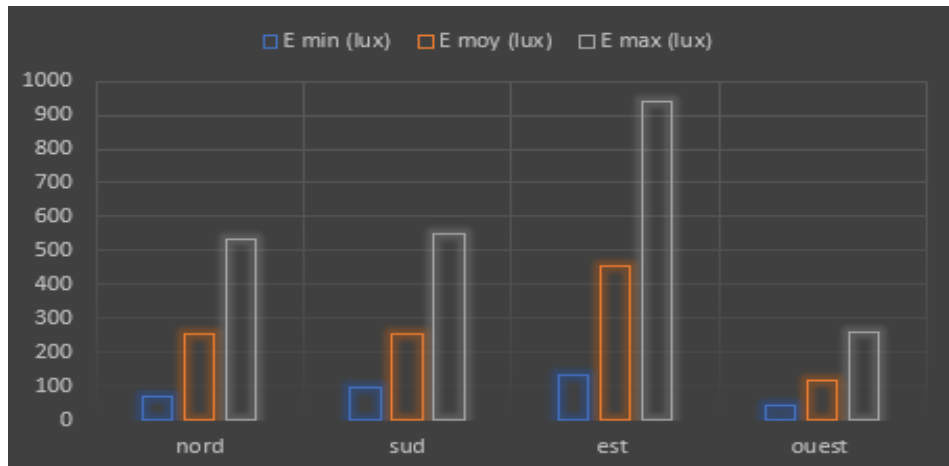


Graphe 05 : les valeurs d'éclairment sur le plan de travail selon la dimension 1 dans le moi mai

(Source : auteur 2019)

Dimension 2:

- (L=1.00 m * H 1.60 m) , : la distance au sol = 1.60 m

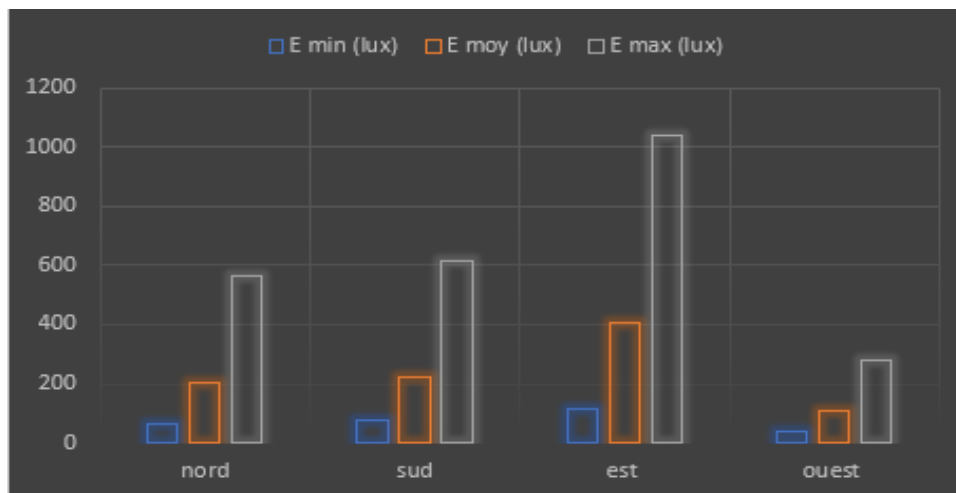


Graphe 06 : les valeurs d'éclairment sur le plan de travail selon la dimension 2 dans le moi mai

(Source : auteur 2019)

Dimension 3 :

- (L=1.00 m * H 1.8 m) , : la distance au sol = 1.40 m

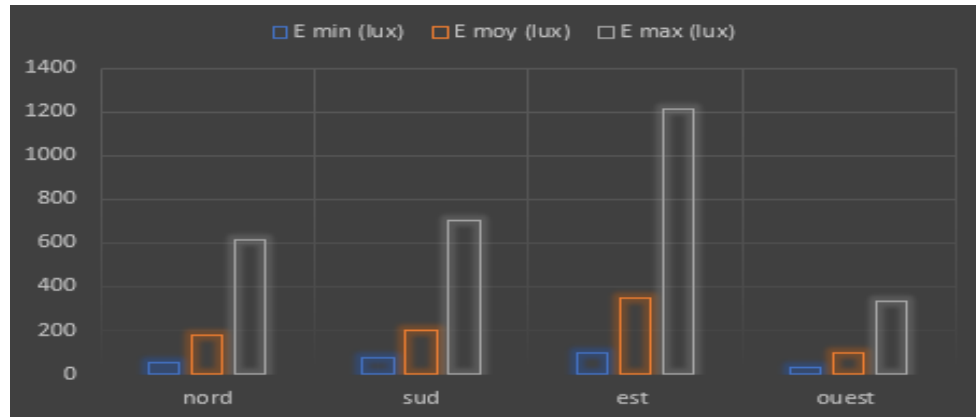


Graphe 07 :les valeurs d'éclairment sur le plan de travail selon la dimension 3 dans le moi mai

(Source : auteur 2019)

Dimension 4 :

- (L=1.00 m * H 2 m) , : la distance au sol = 1.20 m



Graph 08 :les des valeurs d'éclairment sur le plan de travail selon la dimension 4 dans le moi mai

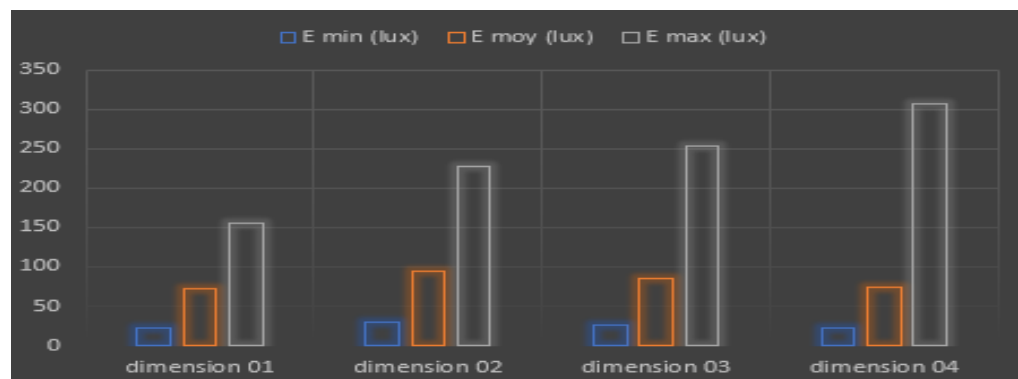
(Source : auteur 2019)

A partir du résultat de la simulation du mois mai selon l'orientation on observe que le meilleur éclairage est sur l'orientation NORD et SUD avec dimension 2 (E moy 260 lux et E max 530 lux) et le risque d'éblouissement sur l'orientation EST et un éclairage insuffisant sur l'orientation OUEST avec toutes les dimensions.

2- etude selon la taille de fenetre :

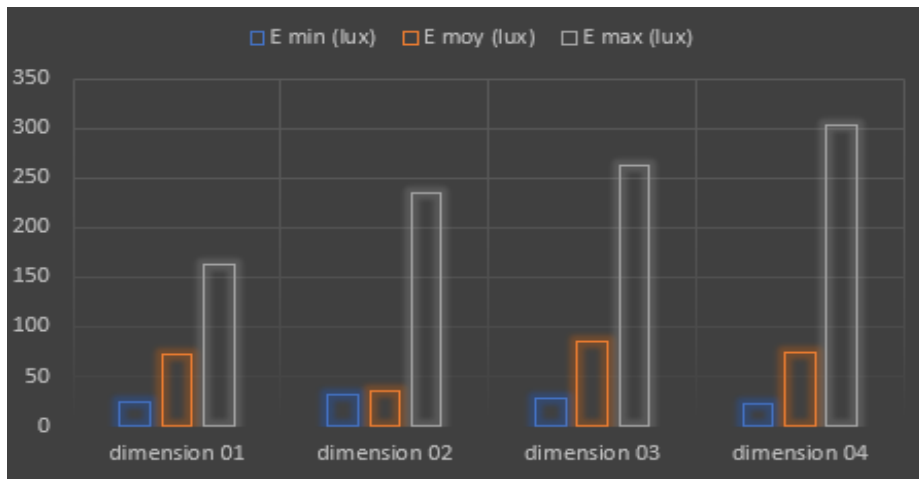
2-1- Le mois de février

- orientation : NORD



Graph 09 : les valeurs d'éclairment sur le plan de travail selon orientation NORD dans le mois février (Source : auteur 2019)

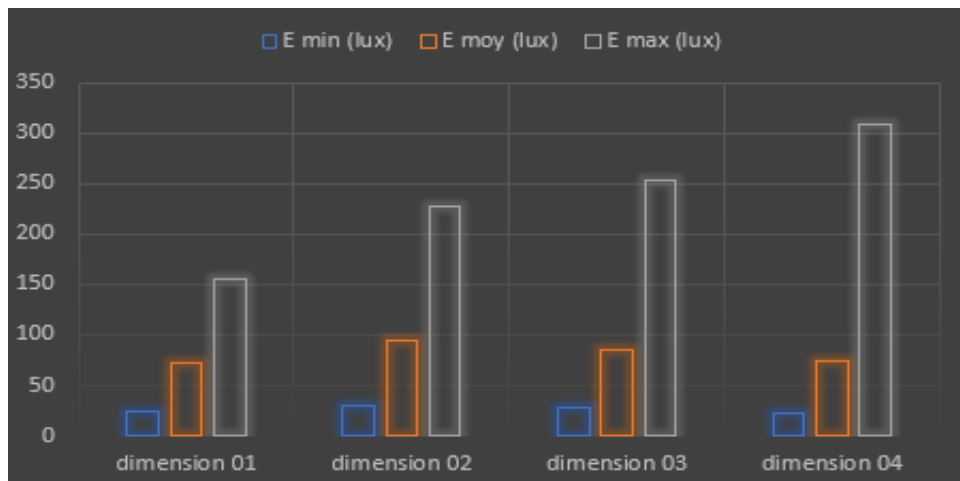
- **Orientation SUD**



Graph 10 : les valeurs d'éclairment sur le plan de travail selon Orientation SUD dans le mois février

(Source : auteur 2019)

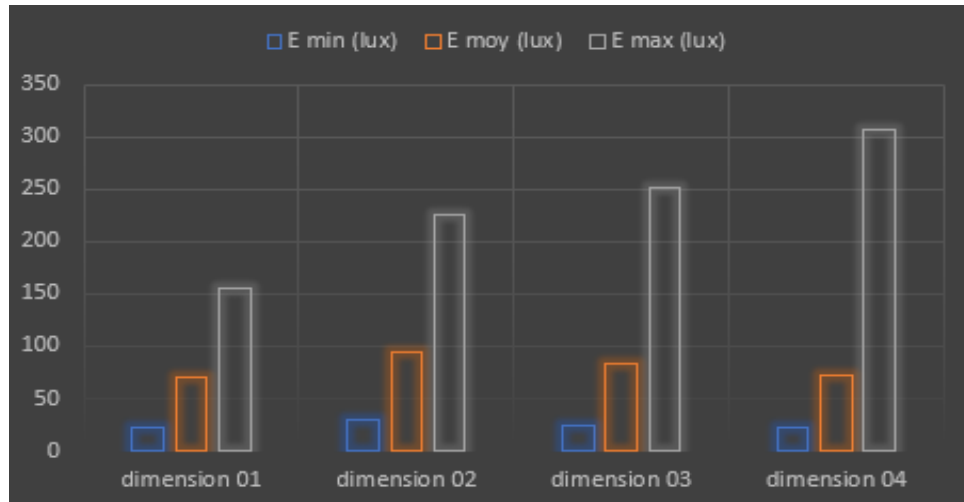
Orientation EST



Graph 11 : les valeurs d'éclairment sur le plan de travail selon Orientation EST dans le mois février

(Source : auteur 2019)

Orientation OUEST



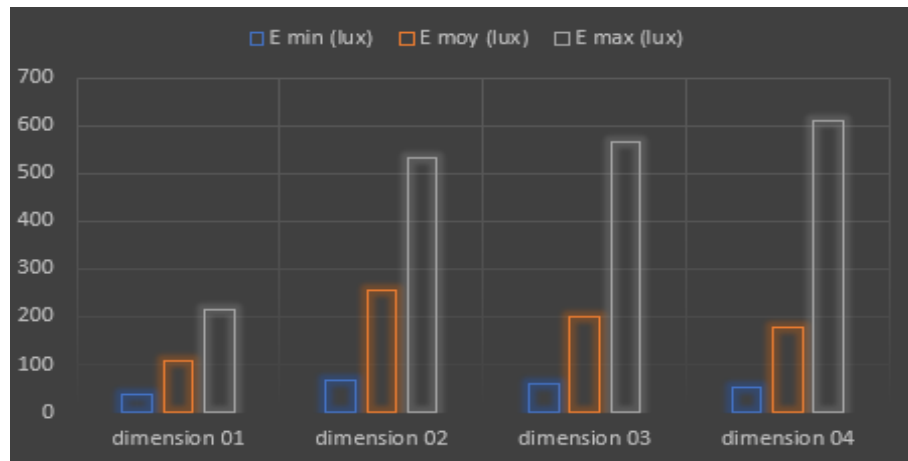
Graphe 12 les valeurs d'éclairment sur le plan de travail selon Orientation OUEST dans le mois février

(Source : auteur 2019)

A partir du résultat de la simulation du mois février selon la taille de fenêtre on observe que l'éclairage moyen est insuffisant sur toutes les orientations avec tous dimensions.

2-2- Le mois de mai :

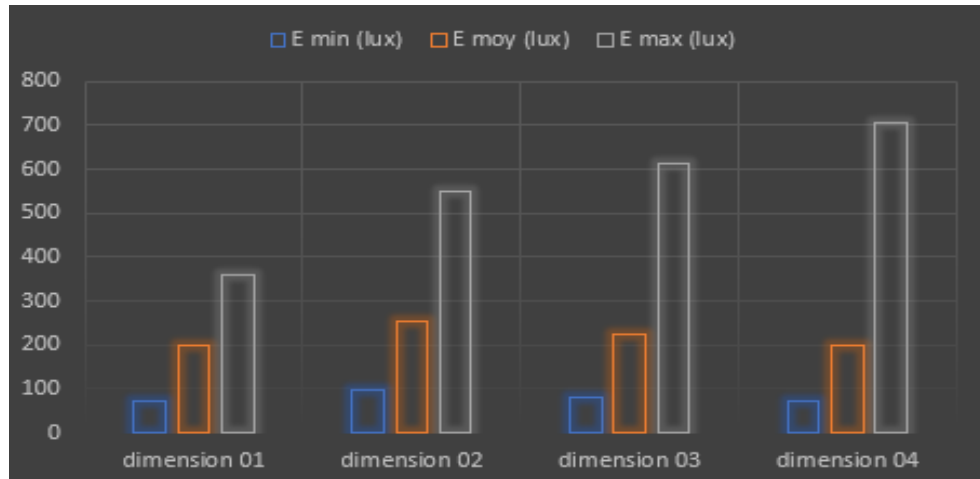
orientation : NORD



Graphe 13 :les valeurs d'éclairment sur le plan de travail selon orientation NORD dans le mois mai

(Source : auteur 2019)

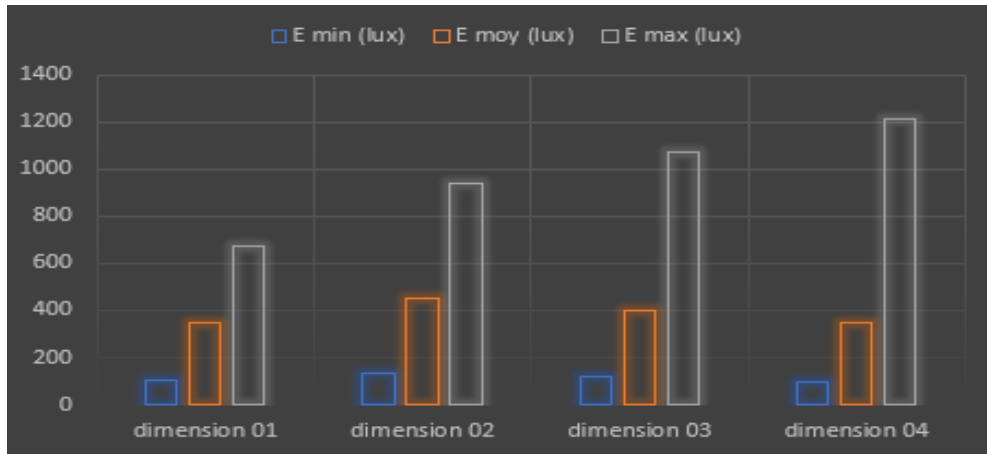
Orientation SUD



Graphe 14 : les valeurs d'éclairment sur le plan de travail selon orientation NORD dans mois mai

(Source : auteur 2019)

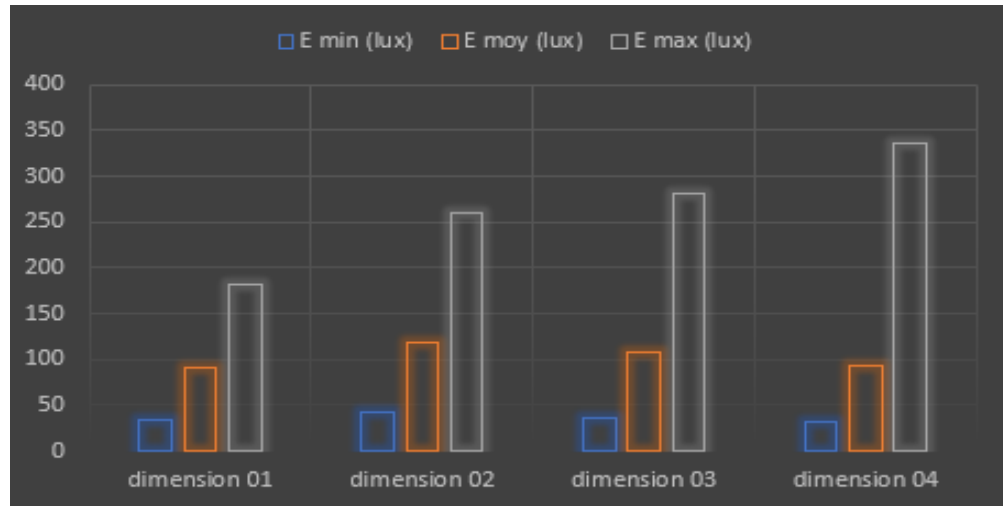
Orientation EST



Graphe 15 : les valeurs d'éclairment sur le plan de travail selon orientation NORD dans le mois mai

(Source : auteur 2019)

Orientation OUEST



Graph 16 :les valeurs d’éclairment sur le plan de travail selon orientation NORD dans le mois mai

(Source : auteur 2019)

A partir du résultat de la simulation du mois mai selon la taille de fenêtre on observe que le meilleur éclairement est sur la dimension 2 avec l’orientation NORD et SUD (E moy 260 lux et E max 530 lux) et le risque d’éblouissement sur l’orientation EST et un éclairement insuffisant sur l’orientation OUEST avec toutes les dimensions.

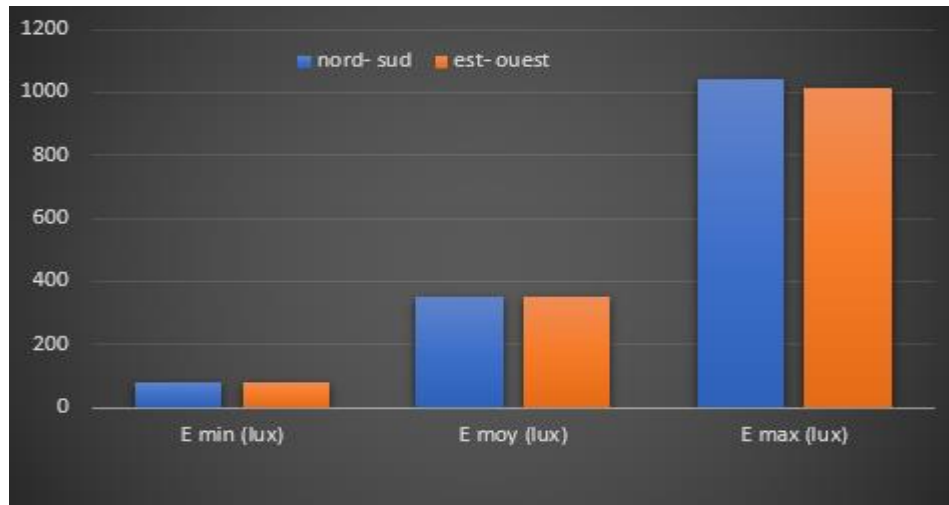
B -Type de fenetre bilatérale :

1- etude selon l'orientation

1-1 Le mois de février

Dimension 1 (cas existant NORD et SUD) :

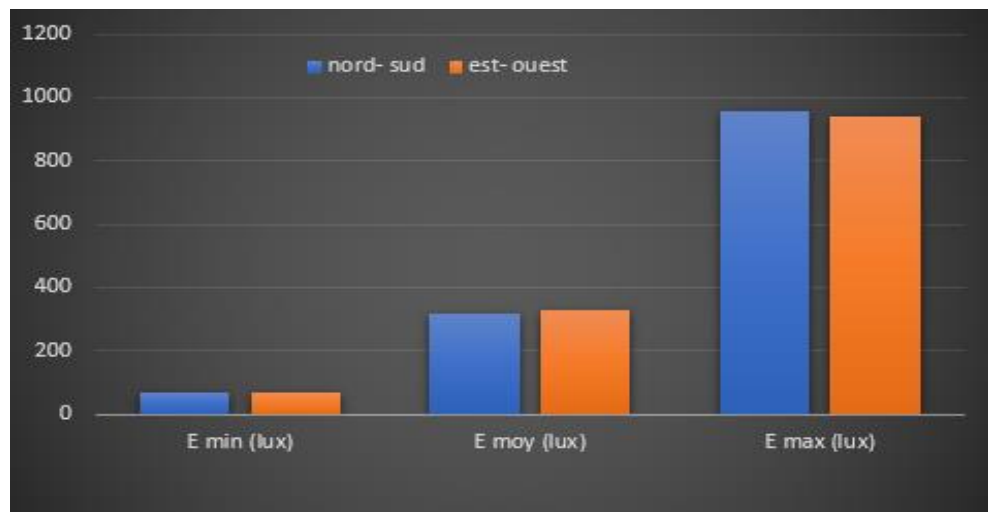
- (L=1.00 m * H=1.30m) * 4 (dans le NORD) : la distance au sol = 1.90 m
- (L= 1.00m * H = 2.10) *3 (dans le SUD) :la distance au sol =1.20m



Graphe 17 :les valeurs d'éclairment bilatérale sur le plan de travail selon la dimension 01 dans le mois de février (Source : auteur 2019)

Dimension 2

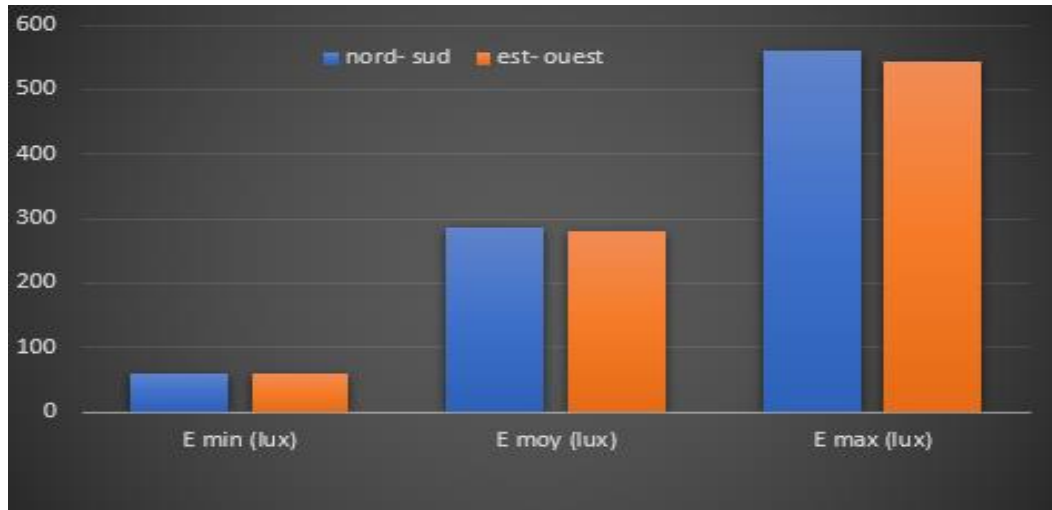
- (L=1.00 m * H =1.40 m) * 4 (dans le NORD) : la distance au sol = 1.40 m
- (L= 1.00m * H = 1.40) *3 (dans le SUD) :la distance au sol =1.40 m



Graphe18 :les valeurs d'éclairment bilatérale sur le plan de travail selon la dimension 02 dans le mois de février (Source : auteur 2019)

Dimension 3

- (L=1.00 m * H =1.20 m) * 4 (dans le NORD) : la distance au sol = 1.20 m
- (L= 1.00m * H = 1.20) *3 (dans le SUD) :la distance au sol =1.20m



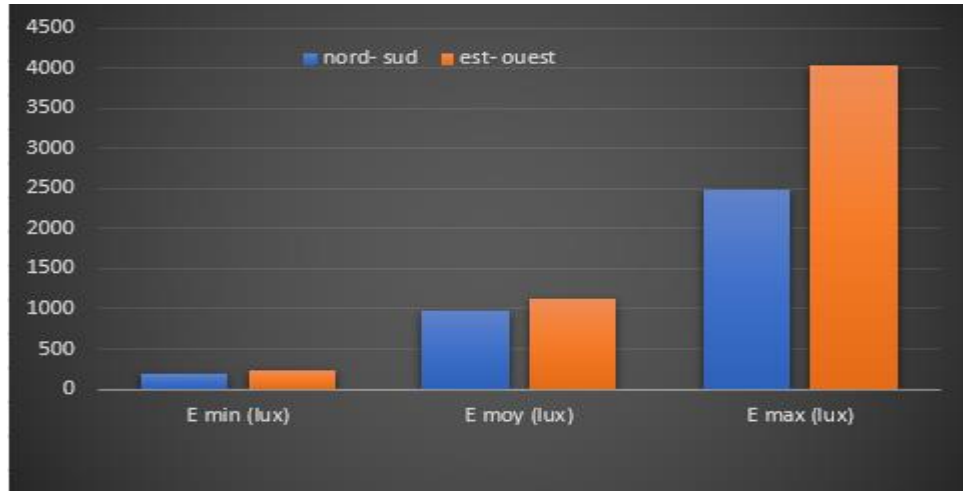
Graphe 19 : les valeurs d'éclairage bilatérale sur le plan de travail selon la dimension 03 dans le mois de février (Source : auteur 2019)

A partir du résultat de la simulation du mois février selon l'orientation on observe que le meilleur éclairage sur l'orientations NORD-SUD et EST-OUEST avec la dimension 3 (E moy :290 lux, E max :540lux) et le risque d'éblouissement avec les dimensions 1 et 2.

1-2 Le moins mai

Dimension 1

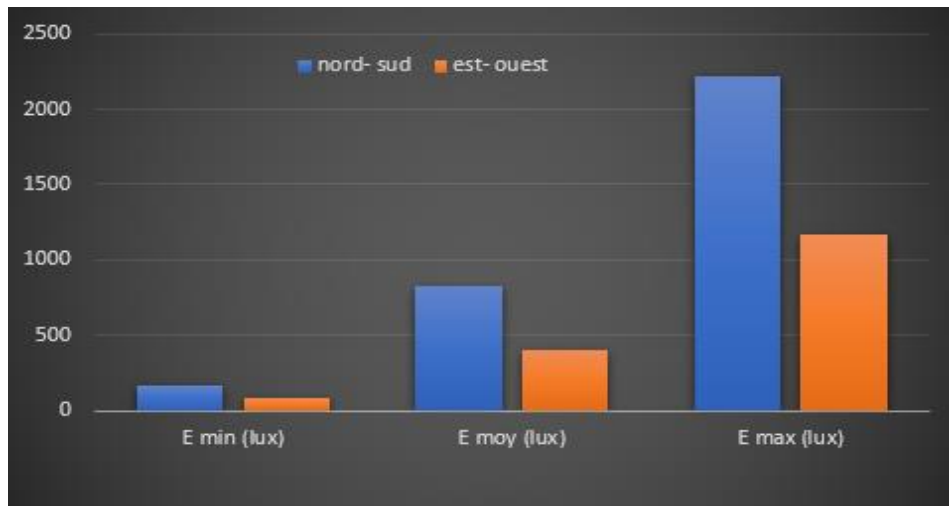
- (L=1.00 m * H =1.30m) * 4 (dans le NORD) : la distance au sol = 1.90 m
- (L= 1.00m * H = 2.10) *3 (dans le SUD) :la distance au sol =1.20m



Graphe 20 : les valeurs d'éclairment bilatérale sur le plan de travail selon la dimension 01 dans le mois de mai
(Source : auteur 2019)

Dimension 2

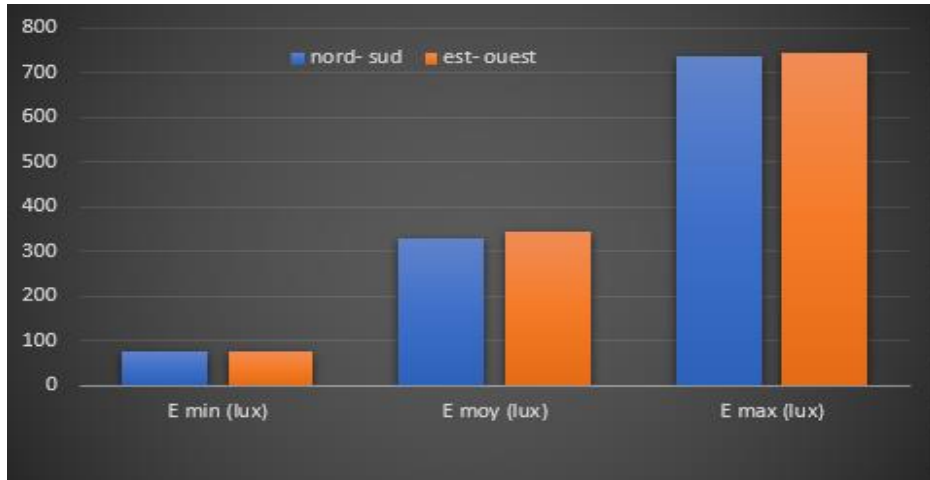
- $(L=1.00 \text{ m} * H=1.40 \text{ m}) * 4$ (dans le NORD) : la distance au sol = 1.40 m
- $(L= 1.00\text{m} * H = 1.40) * 3$ (dans le SUD) :la distance au sol =1.40m



Graphe 21 : les valeurs d'éclairment bilatérale sur le plan de travail selon la dimension 02 dans le mois de mai
(Source : auteur 2019)

Dimension 3

- $(L=1.00 \text{ m} * H=1.20\text{m}) * 4$ (dans le NORD) : la distance au sol = 1.20 m
- $(L= 1.00\text{m} * H = 1.20) * 3$ (dans le SUD) :la distance au sol =1.20m



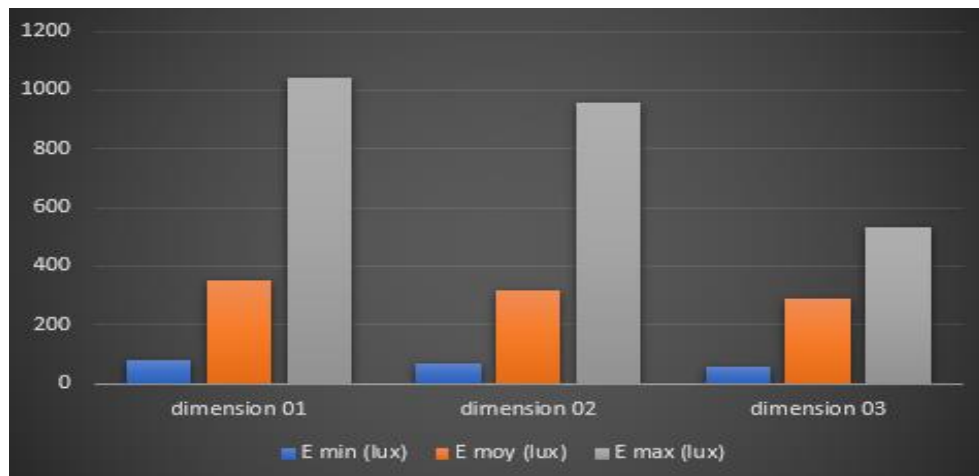
Graphe 22 :les valeurs d'éclairment bilatérale sur le plan de travail selon la dimension 03 dans le mois de mai (Source : auteur 2019)

A partir du résultat de la simulation du mois mai selon l'orientation on observe que le meilleur éclairage sur l'orientations NORD-SUD et EST-OUEST avec la dimension 3 (E moy :330 lux, E max :740) et le risque d'éblouissement avec les dimensions 1 et 2.

2- etude selon la taille de fenetre :

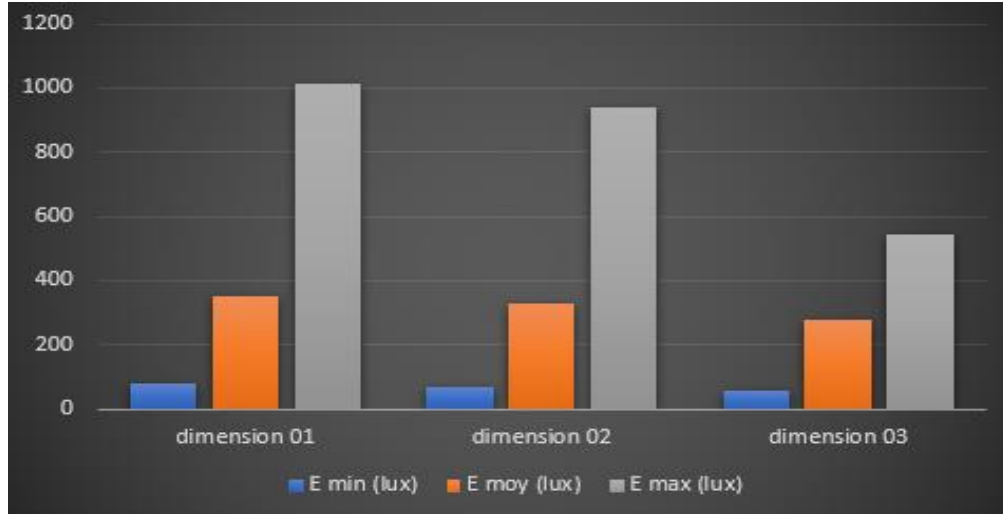
2-1- Le mois de février

NORD-SUD



Graphe 23 : les valeurs d'éclairment bilatérale sur le plan de travail selon orientation NORD- SUD dans le mois février (Source : auteur 2019)

EST - OUEST

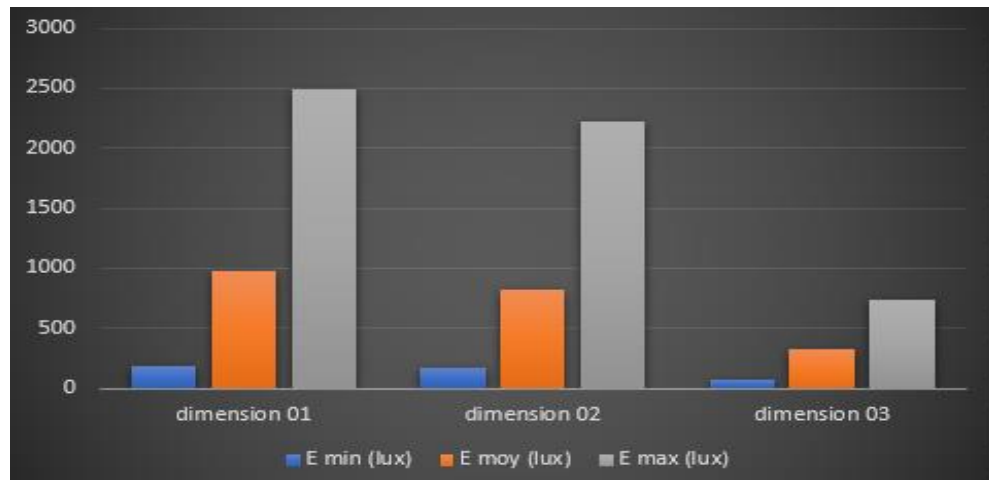


Graphe 24 : les valeurs d'éclairment bilatérale sur le plan de travail selon orientation EST - OUEST dans le mois février (Source : auteur 2019)

A partir du résultat de la simulation du mois février selon la taille de fenêtre on observe que le meilleur éclairage sur l'orientations NORD-SUD et EST-OUEST avec la dimension 3 (E moy :290 lux, E max :540lux) et le risque d'éblouissement avec les dimensions 1 et 2.

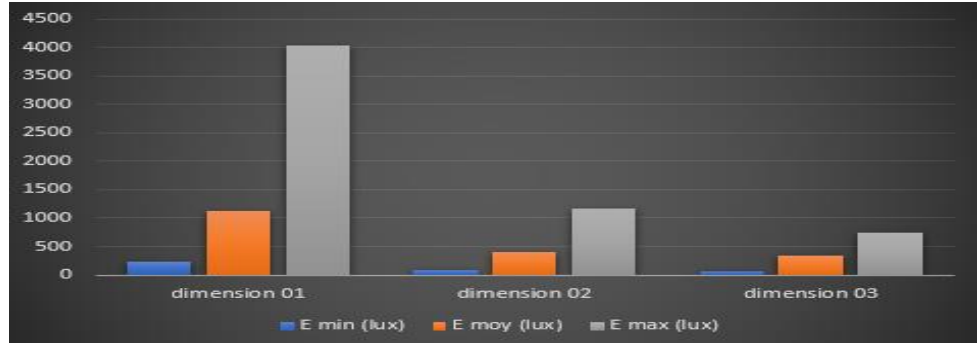
2-2-Le mois de mai

Nord – SUD



Graphe25 :les valeurs d'éclairment bilatérale sur le plan de travail selon orientation NORD- SUD dans le mois mai (Source : auteur 2019)

EST-OUEST



Graph 26 : les valeurs d'éclairage bilatérale sur le plan de travail selon orientation EST- OUEST dans le mois mai (Source : auteur 2019)

A partir du résultat de la simulation du mois mai selon la taille de fenêtre on observe que le meilleur éclairage sur l'orientations NORD-SUD et EST-OUEST avec la dimension 3 (E moy :330 lux, E max :740 lux) et le risque d'éblouissement avec les dimensions 1 et 2.

Conclusion

Les résultats de simulation dévoilent la différence énorme entre la typologie des ouvertures, en prouvant l'impact de l'ouverture et l'orientation de la salle de classe sur le confort visuel.

Sur la lumière de ces résultats on tire que :

-Les ouvertures bilatérales répondent mieux à l'éclairage et confort que les ouvertures unilatérales.

-pour les ouvertures unilatérales sur l'orientation NORD et SUD avec fenêtre de dimension (L1.00 m * H 1.60 m), la distance au sol = 1.60 m c'est la meilleure position que les autres.

-pour les ouvertures bilatérales sur l'orientation NORD-SUD et EST OUEST avec les dimensions : (L=1.00 m * H =1.20 m) * 4 (dans le NORD) : la distance au sol = 1.20 m

(L= 1.00m * H = 1.20) *3 (dans le SUD) : la distance au sol =1.20m

- (L= 1.00m * H = 1.20) *3 (dans le EST) :la distance au sol =1.20m

(L= 1.00m * H = 1.20) *3 (dans le OUEST) : la distance au sol =1.20m

C'est la meilleure dimension.

.

.

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

Les conditions de travail des adultes sont sévèrement réglementées à travers le monde, mais rien de tel n'existe pour les locaux d'enseignement. Les élèves et les enseignants, tout cycles confondus, travaillent souvent dans des conditions de confort visuel peu satisfaisantes.

Cette recherche est pour l'objectifs de déterminer l'impact de la taille et de dimensionnement des ouvertures sur le confort visuel dans les salles des classes et pour confirmer ou affirmer notre hypothèse (La conception des ouvertures, dans les salles de classe, semble avoir une grande influence sur l'éclairage et sur l'ambiance lumineuse et par conséquent sur le confort visuel).

Parmi les logiciels de simulation nous avons suivi une méthodologie expérimentale basée sur la technique de simulation par un outil numérique connu par sa puissance et la précision de son résultat, il s'agit de logiciel **DIALUX 2012.1**, avec des différentes notions pour étendre ces objectifs, le travail est deviser en trois grands parties, d'abord la première partie est une partie théorique concerne a une recherche bibliographique pour l'objectif de maitriser le concept de confort visuel et ses composantes ainsi des notions de base et les définitions théoriques ayant une relation entre le confort visuel avec les ouvertures ce qui incarné dans le première et le deuxième chapitre.

La deuxième partie est une présentation de l'environnement d'étude pour l'objectif de vérifier l'état des ouvertures dans les salles des classes de l'école primaire Saker hsane a Tébesa, puis la mise en place un ensemble des logiciels pour l'objectif de choisir le meilleur logiciel et le plus précis dans les résultats ce qui concrétiser dans le troisième et le quatrième chapitre.

Donc la troisième partie est une partie analytique, après avoir préparé l'échantillon nous commencerons la simulation avec DIALUX 2012.1, nous avant choisir un indicateur quantitatif qui est le niveau de l'éclairage sur le plan de travail pour l'évaluation de confort visuel. La méthode adoptée consiste à le changement des déférents dimensions des ouvertures avec les déférents orientations sur les deux types d'éclairage (unilatérale et bilatérale) et prendre les résultats et les valeurs de l'éclairage dans le but de déterminer la meilleur dimension des fenêtres et la meilleur orientation pour obtenir un confort visuel satisfaisant quantitativement et éviter les problèmes d'inconfort comme l'éblouissement.

Dans cette recherche nous avons changé deux paramètres afin d'étudier le niveau d'éclairage sur le plan de travail, mais il y a plusieurs paramètres ce qui n'a pas été changé à cause des limites des moyens et du manque de temps, alors si on change de ces autres paramètres on trouve d'autres résultats par exemple quand on change la position de la fenêtre ou les couleurs des murs on arrivera aux autres résultats de niveau d'éclairage sur le plan de travail et la même chose pour les autres paramètres comme l'indice d'ouverture dans la façade, le type de vitrage, la hauteur de plan de travail. On peut intégrer aussi, l'indicateur de la vision, et le type d'aménagement ou la position de l'utilisateur par rapport à la fenêtre, qui nous donne d'autres phénomènes, comme le phénomène de l'éblouissement direct.

Après avoir mené cette recherche et à partir de notre étude théorique et analytique, l'hypothèse a été confirmée. La conception des ouvertures dans la salle de classe a un impact important sur l'éclairage et sur l'ambiance lumineuse et par conséquent sur le confort visuel. (Plus la taille de la fenêtre est petite, plus le risque d'ombre gênante et l'atmosphère de repos est grande et plus la taille de la fenêtre est grande, plus le risque d'éblouissement sera augmenté).

En plus de la confirmation de l'hypothèse, nous avons déterminé les facteurs de conception des ouvertures dans les salles des classes à partir des considérations (thermique, acoustique, climatique ...etc.) cela doit être pris en compte dans la phase de conception. Nous avons également établi une stratégie pour déterminer les conditions relatives à la conception adéquate des ouvertures des salles des classes à partir des réglementations suivantes:

-L'éclairage doit être bilatéral, afin d'éviter les ombres portées (droitiers-gauchers) et donner une autonomie complète plus de la moitié du temps en lumière naturelle seule.

-pour les ouvertures bilatérales on favorise l'orientation NORD-SUD (l'axe de la longueur se trouve est-ouest, avec toutes les ouvertures (portes et fenêtres) vers le sud et le nord) et EST OUEST (l'axe de la longueur se trouve SUD-NORD), avec toutes les ouvertures (portes et fenêtres) vers le EST et OUEST) avec les dimensions :

- $(L=1.00\text{ m} * H =1.20\text{ m}) * 4$ (dans le NORD) : la distance au sol = 1.20 m

$(L= 1.00\text{m} * H = 1.20) *3$ (dans le SUD) : la distance au sol =1.20m

- $(L= 1.00\text{m} * H = 1.20) *3$ (dans le EST) : la distance au sol =1.20m

$(L= 1.00\text{m} * H = 1.20) *3$ (dans le OUEST) : la distance au sol =1.20m

- Dimension d'ouverture de fenêtre d'au moins 25% de la surface au sol avec une hauteur d'allège de l'ordre de 1,15m.

- La couleur des parois. Les matériaux, les traitements de surface sont choisis de manière à créer une ambiance favorable à l'étude et à ménager la vue. Il faut :

- tenir compte de l'ensemble des éléments (murs, sols, mobilier) et pas seulement des murs, des matériaux ni de la couleur elle-même.

- privilégier des couleurs claires pour les plafonds, murs et plan de travail.

- éviter les couleurs brillantes mais choisir plutôt des couleurs mates ou satinées.

- renouvellement de l'air au moins 5 fois par heure (idéal 7 fois).

-Les ouvertures et les descentes de charge doivent être superposées afin de transmettre directement les efforts au sol, par les fondations en évitant ainsi les effets de cisaillement.

On souhaitant que les architectes prennent en compte les différents paramètres de confort visuel et les différentes considérations (thermique, climatique, acoustique ...etc.) lors de la phase de conception des ouvertures pour obtenir un confort visuel confortable satisfaisant et sain.

LISTE DES FIGURES :

Figure 01 : les ondes électromagnétique constituant la lumière	05
Figure 02 : Le rayonnement solaire	06
Figure 03 Les différentes formes de rayonnement reçus par une surface terrestre	06
Figure04 : zoning de disponibilité de la lumière naturelle en Algérie.....	08
Figure 05 : Modèles de ciel. Source : BODART, M., 2002.....	09
Figure 06 : Valeurs de l'éclairement requises pour un éclairage nominal dans les locaux de travail	12
Figure07 : Niveaux d'éclairement recommandés selon le RGPT 2010 et la norme NBN L 13-006.....	12
Figure 08 : Résumé des différentes grandeurs.....	13
Figure09 : Les trois composantes du facteur de lumière du jour.....	14
Figure10 : Quantité de FLJ requise sur le plan de travail.....	14
Figure11 : Facteur de réflexion moyen des parois.....	15
Figure 12 : Les des modes de réflexion	17
Figure 13 : valeurs de coefficient de réflexion lumineuse.....	18
Figure14 : Le schéma de Indice de Rendu des Couleurs avec les valeurs préfermente..	18
Figure15 : Le diagramme de Kruithof.....	20
Figure16 - Relation entre la forme et la distribution de la lumière naturelle.....	23
Figure17 : Dispositif anidolique	23
Figure18 : LetempledeKarnak.....	26
Figure 19 : Grille de fenêtre enpierre.....	26
Figure20 : Élévation de la fenêtre de la cella de Pandores à l'Erechthéion d'Athènes, et coupe de la moulure du chambranle.....	26
Figure 21 : Élévation de la fenêtre du temple de la Fortune, à Praeneste (Italie).....	26
Figure 22 : Plan et élévation d'une fenêtre de l'église de Savenières	26
Figure 23 : Le chebek dans la maison mozabite.....	27
Figure 24 : Une façade soumise à l'impôt sur les portes et les fenêtres.....	27
Figure 25 :Float Glass, J.K. international.....	27
Figure 26 : Villa Savoie à Poissy de le Corbusier.....	27
Figure 27 : Typologie des ouvertures faisant référence à l'histoire	28

Figure 28 : Typologie des ouvertures faisant référence à l'histoire.....	28
Figure 29 : La fenêtre verticale coloniale dans l'ancienne ville de Bejaia, Algérie.....	28
Figure 30 : La fenêtre en bande de la villa Savoye	29
Figure 31 : Le mur rideau de l'Immeuble Seagram de Mies Von Der Rohe (1954-1958.....	29
Figure 32 : Les différents systèmes des ouvertures (fenêtres).....	33
Figure 33 : Les différents systèmes des ouvertures (les portes).....	34
Figure 34 : Les éléments constituant la baie.....	36
Figure 35 : Principes et efficacité des protections solaires.....	40
Figure 36 : Les types des brise soleil.....	41
Figure 37 : Source bruit aérien EXT et l'Isolation phonique.....	42
Figure 38 : Vue vers extérieur	44
Figure39 : Exemple de la relation entre les fenêtres et l'espace public : 'a' la fenêtre est supérieure aux piétons, « b » l'intérieur est en dessous de la rue extérieure.....	45
Figure40 : Diagramme solaire indiquant la trajectoire solaire pour la ville de Tébessa – latitude 35.....	50
Figure41 : Diagramme Températures et précipitations moyennes de Tébessa.....	51
Figure42 : Diagramme de vitesse de vent de Tébessa.....	52
Figure43 : Lorsque vous ouvrez le logiciel	64
Figure44 : interface de logiciel dia lux.....	65
Figure45 : Calcul de la lumière du jour.....	66
Figure46 : Les courbes des résultats de la simulation de la lumière dans le plan de travail	66
Figure47 : Résultat de simulation	67

Listes de graphique

Graphe 01 : les valeurs d'éclairment sur le plan de travail selon la dimension 1 dans le mois de février.....	68
Graphe 02 : les valeurs d'éclairment sur le plan de travail selon la dimension 2 dans le mois de février	69
Graphe 03 : les valeurs d'éclairment sur le plan de travail selon la dimension 3 dans le mois de février	69
Graphe 04 : les valeurs d'éclairment sur le plan de travail selon la dimension 4 dans le mois de février.....	70
Graphe 05 : les valeurs d'éclairment sur le plan de travail selon la dimension 1 dans le moi mai.....	70
Graphe 06 : les valeurs d'éclairment sur le plan de travail selon la dimension 2 dans le moi mai	71
Graphe 07 :les valeurs d'éclairment sur le plan de travail selon la dimension 3 dans le moi mai.....	71
Graphe 08 :les des valeurs d'éclairment sur le plan de travail selon la dimension 4 dans le moi mai.....	72
Graphe 09 : les valeurs d'éclairment sur le plan de travail selon orientation NORD dans le mois février	72
Graphe 10 : les valeurs d'éclairment sur le plan de travail selon Orientation SUD dans le mois février.....	73
Graphe 11 : les valeurs d'éclairment sur le plan de travail selon Orientation EST dans le mois février.....	73
Graphe 12 les valeurs d'éclairment sur le plan de travail selon Orientation OUEST dans le mois février.....	74

Graphe 13 :les valeurs d'éclairment sur le plan de travail selon orientation NORD dans le mois mai.....	74
Graphe 14 : les valeurs d'éclairment sur le plan de travail selon orientation NORD dans mois mai.....	75
Graphe 15 : les valeurs d'éclairment sur le plan de travail selon orientation NORD dans le mois mai.....	75
Graphe 16 :les valeurs d'éclairment sur le plan de travail selon orientation NORD dans le mois mai.....	76
Graphe 17 :les valeurs d'éclairment bilatérale sur le plan de travail selon la dimension 01 dans le mois de février	77
Graphe18 :les valeurs d'éclairment bilatérale sur le plan de travail selon la dimension 02 dans le mois de février	77
Graphe 19 : les valeurs d'éclairment bilatérale sur le plan de travail selon la dimension 03 dans le mois de février	78
Graphe 20 :les valeurs d'éclairment bilatérale sur le plan de travail selon la dimension 01 dans le mois de mai	79
Graphe 21 : les valeurs d'éclairment bilatérale sur le plan de travail selon la dimension 02 dans le mois de mai	79
Graphe 22 :les valeurs d'éclairment bilatérale sur le plan de travail selon la dimension 03 dans le mois de mai	80
Graphe 23 : les valeurs d'éclairment bilatérale sur le plan de travail selon orientation NORD- SUD dans le mois février.....	80
Graphe 24 : les valeurs d'éclairment bilatérale sur le plan de travail selon orientation EST - OUEST dans le mois février	81
Graphe25 :les valeurs d'éclairment bilatérale sur le plan de travail selon orientation NORD- SUD dans le mois mai.....	81

Graphe 26 : les valeurs d'éclairment bilatérale sur le plan de travail selon orientation EST- OUEST dans le mois mai.....	82
--	-----------

LISTE DE TABLEAU

Tableau 01 : Eclairage des différentes sources de l'éclairage naturel. (Source CCRC., 2007).....	11
Tableau 02 : Tableau récapitulatif des grandeurs photométriques courantes (Source : CC.....	11
Tableau 03 : l'éclairage sur la tâche visuel et la zone d'environnantes.....	12
Tableau 04 : Impression visuelle ressentie en fonction de la valeur du FLJ.....	15
Tableau 05 : Température de couleur. Source : Lætitia, F., 2012.....	19

LISTES DE PHOTOS

Photo 01 : la situation de l'école primaire Saker Hassen à Tébessa.....	53
Photos 02 : de l'IN-situ salle de classe 01 unilatérales école Saker Hasan.....	54
Photos 03 : de l'IN-situ salle de classe bilatérales école Saker Hasan.....	55
Photo 04 : Façade ouest de l'école.....	55

LISTES DES CARTES

Carte.4 : carte politique de nord algérienne source	49
--	-----------

BIBLIOGRAPHIE

BERNARD TSHUMI, Dictionnaire de la photonumérique, Editions VM, 1998, 190p.

- **BELL. J. & BURT. W.** in **ROUAG, Djamilia**. Sunlight problems within new primary school Class room in Constantine. Thèse de Doctorat. Constantine : Université Mentouri, Avril 2001,
 - **BOUDOUKHA, M.** Analyse de la Symbiose environnement lumineux et qualité architecturale dans le secteur résidentiel Cas de la cité des 426 lots El Eulma, Sétif. Thèse : Architecture, Formes, Ambiances et développement durable. Université Mohamed Khider de Biskra. 2015. 127p
 -
 - **Givoni.B, L’homme, L’architecture Et Le Climat, Paris, 1978, P 239**
 - **MUDRI, Ljubica**. De l’hygiène au bien-être, du développement sans frein au développement durable : ambiances lumineuses. Paris : Ecole d’architecture de Paris-Belleville. Novembre 2002
 - **Miguet F. (2000)**. Paramètres physiques des ambiances architecturales : Un modèle Numérique pour la simulation de la lumière naturelle dans le projet urbain. Thèse Doctorat : Ecole d’architecture de Nantes.
 - **Maamari, 2004** : La simulation numérique de l’éclairage, limites et potentialités, Fawaz Maamari, thèse de doctorat L’Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, 2004
 - **ZEMMOURI, Nouredine.**, (2005). Daylight availability integrated modelling and evaluation: A Fuzzy logic-based approach. Université Ferhat Abbas de Sétif
- Maamari, 2004** : La simulation numérique de l’éclairage, limites et potentialités, Fawaz Maamari, thèse de doctorat L’Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, 2004.
- Association Française de l’Eclairage**. Recommandations relatives à l’éclairage des locaux scolaires. Paris : LUX. 1987, p12

Association Française de l'Éclairage. Recommandations relatives à l'éclairage des locaux scolaires. Paris : LUX. 1987, p12.

- DDE :Direction de education de Tébessa
- CIE (Commission International de l'Éclairage) (Perez., 1993)
- (SI) Le système international
- **FLJ : Le facteur de lumière de jour**
- SC: Sky component
- ERC: External Reflected component
- IRC : Internal Reflected component

ملخص البحث

تعد الاضاءة الطبيعية عنصر مهم في حياة الانسان وجميع الكائنات الحية فهي مصدر اساسي في جميع المجالات ولا غنى عنها بالنسبة للرؤية حيث اكدت العديد من الابحاث حول موضوع الانارة الطبيعية في الاقسام التعليمية ان الضوء الطبيعي له اثار جد ايجابية ومعبرة على القدرات الدراسية للتلاميذ وعلى مآثرتهم وكذلك من الجانب الصحي لهم نفسيا وجسديا.

وفي هذا الصدد كان موضوع بحثنا الذي يتمحور حول تأثير حجم الفتحات على الراحة البصرية في الفصول الدراسية والذي يعتبر عامل مهم بالنسبة لأقسام التعليم والتربية من حيث كمية ونوعية الاضاءة المطلوبة وكيفية توزيعها.

قمنا باختيار المدرسة الابتدائية ساكر حسن الموجودة في ولاية تبسة حي 600مسكن.حيث لاحظنا اثناء زيارتنا الميدانية لها وجود الكثير من المشاكل على مستوى نوافذ الأقسام الدراسية فيها، أبرزها قيام المسؤولين عليها ببناء جدار يغطي حوالي ثلثي جميع النوافذ المطلة على الشارع. حيث قمنا بالمحاكاة لهذه الأقسام باستعمال برنامج ديا لوكس وأثبت نتائج الدراسة التطبيقية عدم وجود وعدم توفر الراحة البصرية داخل هذه الأقسام الدراسية.

لم نكتفي بدراسة هذه العينة بصفة خاصة، بل قمنا بتغيير ابعاد واحجام النوافذ الموجودة فيها وكذلك اتجاهاتها وذلك بالاستعانة ببرنامج المحاكاة لهدف تحديد وتعيين ابعاد واحجام الفتحات وكذلك التوجهات المثالية من اجل تحقيق راحة بصرية مثالية وكافية للتلاميذ وكذلك للأساتذة، كما قمنا في نهاية البحث بتقديم مجموعة من التوجيهات للمصممين في هذا المجال من اجل الاستفادة منها اثناء مرحلة التصميم.

Résumé

La lumière naturelle est un élément important de la vie humaine et de tous les organismes vivants. C'est une source fondamentale dans tous les domaines et un élément indispensable de la vision. De nombreuses recherches sur le sujet de l'éclairage naturel dans les établissements d'enseignement ont confirmé que la lumière naturelle avait des effets très positifs et expressifs sur les capacités d'étude des étudiants et leur persévérance. L'aspect santé d'eux psychologiquement et physiquement.

À cet égard, notre sujet de recherche porte sur l'impact de la taille de baie sur le confort visuel dans les salles des classes, facteur important pour les départements de l'éducation et de l'éducation en termes de quantité et de qualité d'éclairage requis et de répartition.

Nous avons choisi l'école primaire Saker Hassan qui situé à la wilaya de Tébessa, dans le quartier de 600 logements(jouridon), et nous avons constaté de nombreux problèmes au niveau des fenêtres des salles des classes, notamment la construction d'un mur recouvrant les deux tiers environ de toutes les fenêtres donnant sur la rue. Nous avons simulé ces classes en utilisant logiciel de simulation Dia Lux et les résultats de l'étude appliquée ont prouvé l'absence et le manque de confort visuel au sein de ces départements.

Nous avons non seulement étudié cet échantillon en particulier, mais nous avons également changé les dimensions et la taille des fenêtres ainsi que leurs orientations par l'aide le programme de simulation pour identifier et définir les dimensions et la taille des ouvertures, ainsi que les orientations idéales pour obtenir un confort visuel optimal et adéquat pour les étudiants et les enseignants, ainsi qu'à la fin de la recherche. Nous avons proposé des considérations et des recommandations pour les concepteurs pour prend en compte pendant la phase de conception.

Mots clés:

Confort visuel, Salle de classe, Simulation, Dialux