

République algérienne démocratique et populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
Université Abderrahmane Mira – Bejaia



Faculté de Technologie
Département d'Architecture



THEME :

***Étude qualitative et quantitative du confort visuel
dans les salles d'enseignement d'architecture***

***Cas de l'effet de l'ensoleillement direct sur le bloc d'architecture de
l'université de Bejaia***

Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master II en Architecture
« Architecture, ville et territoire »

Préparé par :

IZEM Sounia

Soutenu publiquement devant le jury composé de :

Mr. MERZEG Abdelkader (Président)

Mr. KEZZAR Mohamed Akli (Examineur)

Mme Saraoui Attar Selma, (Encadreur)

Année Universitaire 2018- 2019

Remerciements

Tout d'abord, je remercie le bon Dieu le tout puissant pour son aide et pour m'avoir guidé pour mener à bien ce travail.

J'adresse particulièrement mes plus sincères remerciements à

Madame Attar Selma pour avoir dirigé ce travail, Je la remercie pour son encadrement, son expérience, sa disponibilité, son aide, son soutien, et ses conseils précieux et avisés tout au long de ce travail.

Je suis très reconnaissante à Monsieur MERZEG et à Monsieur KEZZAR, pour avoir accepté d'examiner ce travail.

Toute ma gratitude, et mon profond respect à Mr. MANSOURI Yacine pour son soutien, ses précieux conseils et aide tout au long de mon travail.

Mes chaleureux remerciements aux enseignants (Mr MESSAOUDI) et étudiants de l'université de Bejaia, en particulier les étudiants en architecture ainsi les fonctionnaires du Département (Mme Rbiha, Mme Noria et Mme Sakina) pour leurs soutiens et encouragements

Dédicaces

Je tiens à dédier ce modeste travail à :

*A mes très chers parents pour leur aide, amour, sacrifice,
patiences, soutien moral et matériel depuis mon enfance
jusqu'à ce jour.*

A mes chers frères et sœur :

Hanine, Azel, Sifax , Nadia, Sana , Sara

A mes deux gendres :

Mounir, Farid

Mes petits neveux et ma nièce

Mouhoub, Aris, Nelya

A mes chers (chères) amis(es) :

Samira, Fouzia, Afifa, tinhinane, Ahlem Nabet, Sonia Reg

Rabeh adjrard, Lamine AMG, Md Arezki

A toutes les personnes chères à mon cœur

Merci



Sounia

Chapitre I :

Tableau (I-01) : Critères de l'INSEE utilisés pour déterminer l'inconfort des logements en 2008.....	17
Tableau (I-02) : Présentation des différentes réglementations thermiques	18
Tableau (I-03) : les niveaux d'éclairément perçus par l'œil humain	28
Tableau (I-04) : les valeurs de luminance dans les bureaux	28

Chapitre VI :

Figures (VI-01) : Courbes d'éclairément mesuré pour la journée du 20 Juin pour la salle 06. 92	
Tableau (VI-02) : variation des valeurs de l'éclairément dans la salle 01 Pour la période 21dec 2018.....	93
Tableau (VI-02) : variation des valeurs de l'éclairément dans la salle 02 Pour la période 21dec 2018.....	89
Tableau VI-03 : variation des valeurs de l'éclairément dans la salle 04 Pour la période 21dec 2018.....	94
Tableau (VI-04) : variation des valeurs de l'éclairément dans la salle 06 Pour la période 21dec 2018.....	94
Tableau (VI-05) : variation des valeurs de l'éclairément dans la salle 07 Pour la période 21dec 2018.....	95
Tableau VI-06 : variation des valeurs de l'éclairément dans la salle 08 Pour la période 21dec 2018.....	96
Tableau (VI-07) : variation des valeurs de l'éclairément dans la salle 10 Pour la période 21dec 2018.....	96
Tableau (VI-08) : variation des valeurs de l'éclairément dans la salle 12 Pour la période 21dec 2018.....	97
Tableau (VI-09) : variation des valeurs de l'éclairément dans la salle 01 Pour la période 21juin 2019.....	97
Tableau (VI-10) : variation des valeurs de l'éclairément dans la salle 02 Pour la période 21juin 2019.....	98
Tableau (VI-11) : variation des valeurs de l'éclairément dans la salle 04Pour la période 21juin 2019.....	99
Tableau (VI-12) : variation des valeurs de l'éclairément dans la salle 06 Pour la période 21juin 2019.....	99

Tableau (VI-13) : variation des valeurs de l'éclairément dans la salle 07 Pour la période 21juin 2019.....	100
Tableau (VI-14) : variation des valeurs de l'éclairément dans la salle 08 Pour la période 21juin 2019.....	100
Tableau (VI-15) : variation des valeurs de l'éclairément dans la salle 10 Pour la période 21juin 2019.....	101
Tableau (VI-16) : variation des valeurs de l'éclairément dans la salle 12 Pour la période 21juin 2019.....	101
Tableau (VI-17) : variation des valeurs de l'éclairément dans la salle 01 Pour la période 21mars/sep 2019.....	102
Tableau (VI-18) : variation des valeurs de l'éclairément dans la salle 02 Pour la période 21mars/sep 2019.....	103
Tableau (VI-19) : variation des valeurs de l'éclairément dans la salle 04 Pour la période 21mars/sep 2019.....	103
Tableau (VI-20) : variation des valeurs de l'éclairément dans la salle 06 Pour la période 21mars/sep 2019.....	104
Tableau (VI-21) : variation des valeurs de l'éclairément dans la salle 07 Pour la période 21mars/sep 2019.....	104
Tableau (VI-22) : variation des valeurs de l'éclairément dans la salle 08 Pour la période 21mars/sep 2019.....	105
Tableau (VI-23) : variation des valeurs de l'éclairément dans la salle 10 Pour la période 21mars/sep 2019.....	105
Tableau (VI-24) : variation des valeurs de l'éclairément dans la salle 12 Pour la période 21mars/sep 2019.....	106

Figure (01) : schéma résumant la structure du mémoire. Source : auteur 2019..... 12

Chapitre I

Figure (I-01) : les éléments physiques qui contribuent au confort matériel..... 14

Figure (I-02) : diagramme de liens entre les normes relatives à l'énergie et l'ambiance intérieures des bâtiments 14

Figure (I-03) : les tabatières 22

Figure (I-04) : dispositif d'éclairage zénithal direct..... 22

Figure (I-04) : les effets directifs des sheds 23

Figure (I-05) : les performances lumineuses les lanterneaux..... 23

Figure (I-06) : Performances lumineuses du puits de jour 24

Figure (I-07) : Performances lumineuses d'un dispositif d'éclairage unilatéral 24

Figure (I-08) : Dispositifs d'éclairage bilatéral et ses performances lumineuses. 25

Figure (I-09) : La lumière visible par l'œil humain 26

Figure (I-10.) : les quatre notions de la photométrie 26

Figure (I-11) : le flux lumineux..... 27

Figure (I-12) : l'intensité lumineuse..... 27

Figure (I-13) : l'éclairement 28

Figure (I-14) : le facteur de lumière du jour (FLJ)..... 29

Figure (I-15) : Exemple de contraste de luminosité 32

Figure (I-16) : diagramme de Kruithof 32

Chapitre II :

Figure (II-01) : condition d'obtention du confort visuel dans une salle de cour..... 38

Figure (II-02) : paroi verticale..... 43

Figure (II-03) : paroi horizontale 44

Figure (II-04) : Intensité du rayonnement solaire sous différentes latitudes..... 45

Figure (II-05) : L'orientation et la couleur. 45

Figure (II-06) : fonctions des protections solaires 48

Chapitre III

Figure (III-01) : schéma représentant le processus méthodologique. 50

Figure (III-02) : capture d'écran sur interface Excel 2007..... 52

Figure (III-03) : Photo de luxmètre du département source : 55

Figure (III-04) : capture d'écran sur l'interface ECOTECT. 56

Figure (III-05) : capture d'écran de l'interface ECOTECT 2011. 57

Figure (III-06) : la modélisation 3D importée sur AUTODESK ECOTECH 2011.	57
Figure (III-07) : la modélisation 3D importée sur AUTODESK ECOTECH 2011.	58
Figure (III-08) : la modélisation 3D importée sur AUTODESK ECOTECH 2011.	58
Figure (III-09) : la modélisation 3D importée sur AUTODESK ECOTECH 2011.	59
Figure (III-10) : la modélisation 3D importée sur AUTODESK ECOTECH 2011.	59
Figure (III-11) : la modélisation 3D importée sur AUTODESK ECOTECH 2011.	60
Figure (III-12) : la modélisation 3D importée sur AUTODESK ECOTECH 2011.	60

Chapitre IV :

Figure (IV-01) : Carte illustrant la situation géographique de Bejaia.....	61
Figure (IV-02) : Zoning de la disponibilité de la lumière naturelle en Algérie.	64
Figure (IV-03) : vue sur la façade sud du bloc d'architecture.....	65
Figure (IV-04) : plan de masse campus ThargaOuzemmour	65
Figure (IV-05) : modélisation 3D du bloc d'architecture.....	66
Figure (IV-06) : le couloir RDC du bloc d'architecture.....	66
Figure (IV-07) : prise de photo de la salle N°07	66
Figure (IV-08) : diagramme psychrométrique	67
Figure (IV-09) : le diagramme des températures journalières moyennes de Bejaia	66
Figure (IV-10) : l'effet d'ombre dans le mois de décembre.....	68
Figure (IV-11) : l'effet d'ombre dans le mois de juin. Source.....	68
Figure (IV-12) : l'effet d'ombre en mi-saison.	69
Figure (IV-13) : les taches solaires dans des salles du bloc en hiver (décembre).....	70
Figure (IV-14) : les taches solaires dans des salles du bloc en m-saison (mars, sep).....	70
Figure (IV-14) : les taches solaires dans des salles du bloc en été (juin).....	71
Figure (IV-15) : l'environnement lumineux dans la salle 05 à 9h	72
Figure (IV-16) : l'environnement lumineux dans la salle 06 à 9h	72
Figure (IV-17) : l'environnement lumineux dans la salle 02 à 9h.	72
Figure (IV-18) : l'environnement lumineux dans la salle 11 à 9h.	73
Figure (IV-19) : l'environnement lumineux dans la salle 12 à 9h.	73
Figure (IV-20) : l'environnement lumineux dans la salle 07 à 9h.	74
Figure (IV-21) : l'environnement lumineux dans la salle 06 à 12h	74
Figure (IV-22) : l'environnement lumineux dans la salle 02 à 12h.	75
Figure (IV-23) : l'environnement lumineux dans la salle 08 à 12h.	75
Figure (IV-24) : l'environnement lumineux dans la salle 12 à 12h.	75

Figure (IV-25) : l'environnement lumineux dans la salle 12 à 14h/15h.	76
Figure (IV-26) : l'environnement lumineux dans la salle 10 à 14h.	76
Figure (IV-27) : l'environnement lumineux dans la salle 01 à 15h	77
Figure (IV-28) : l'environnement lumineux dans la salle 05 à 15h	77
Figure (IV-29) : l'environnement lumineux dans la salle 11 à 15h.	77

Chapitre VI

Figures (VI-01) : Courbes d'éclairement mesuré pour la journée du 20 Juin pour la salle 06. 88	
Figures (VI-02) : Courbes d'éclairement mesuré pour la journée du 20 Juin pour la salle 06. 89	
Figure (VI-03) : la correspondance entre les résultats obtenus par les prises de mesures et la simulation pour la la salle 06 à 9h le 21 juin 2019.....	90
Figure (VI-04) : la correspondance entre les résultats obtenus par les prises de mesures et la simulation pour la salle 06 à 12h le 21 juin 2019.....	91
Figure (VI-05) : la correspondance entre les résultats obtenus par les prises de mesures et la simulation pour la salle 06 à 15h le 21 juin 2019.....	91

Chapitre II :

Graphe (II-01) : variation de l'acuité en fonction de l'âge39

Chapitre IV :

Graphe (VI-01) : température moyenne maximale et minimale. 62

Graphe (VI-02) : catégories de couverture nuageuse..... 62

Graphe (VI-03) : le niveau du confort selon l'humidité..... 63

Chapitre V :

Graphe (V-01) : Evaluation du confort global dans les salles du bloc..... 79

Graphe (V-02) : Evaluation de la lumière naturelle en hiver 80

Graphe (V-03) : Evaluation de la lumière naturelle en été..... 81

Graphe (V-04) : Evaluation de la lumière naturelle en mi-saison (mars/sep)..... 81

Graphe (V-05) : Dimension des ouvertures 82

Graphe (V-06): contrôle de la quantité de lumière 82

Graphe (V-07) : Périodes par saisons défavorables de la pénétration de la lumière naturelle. 83

Graphe (V-08) : Périodes par heure de journée défavorables de la pénétration de la lumière naturelle..... 83

Graphe (V-09) : répartition des étudiants selon la sensation de Fatigue visuelle 84

Graphe (V-10) : répartition des étudiants selon les causes de la fatigue visuelle 84

Graphe (V-11) : répartition des étudiants selon les effets du rendement en classe..... 85

Graphe (V-12) : répartition des étudiants selon les sources de l'éblouissement..... 85

Graphe (V-13) : répartition des étudiants selon la présence de taches solaire 86

Graphe (V-14) : répartition des étudiants selon l'usage de la protection..... 86

Remerciement

Dédicace

Liste des tableaux

Liste figures

Liste des graphes

Sommaire

Introduction générale..... 07

Chapitre I : La notion du confort, le confort visuel et sa relation à l'éclairage naturel et ses composantes

I.1 Introduction 13

I.2 La notion du confort..... 13

I.3 Les types du confort en architecture 15

I.4 Mesure du confort : 16

I.5 Du confort type ou confort composés : 19

I.6 L'éclairage naturel 20

I.7 Le confort visuel 30

I.8 Conclusion..... 33

Chapitre II : La lumière naturelle et les ambiances lumineuses : Critère du confort visuel dans les salles de classes

II.1 Introduction 34

II.2 Les ambiances lumineuses en architecture 34

II.3 Les ambiances lumineuses dans la conception architecturale..... 36

II.4 Le confort visuel dans les salles d'enseignement 36

II.5 Les niveaux d'éclairage requis dans les salles de classe..... 42

II.6 Les nuisances visuelles dans les salles de classe 42

II.7 Les effets d'orientation des façades par rapport au soleil 43

II.8 La protection solaire..... 47

II.9 Conclusion..... 48

Chapitre III : Le processus méthodologique

III.1 Introduction 49

III.2 Processus méthodologique : 49

III.3 Evaluation qualitative : 50

III.4 La méthode d'observation in situ 50

III.5 La méthode d'enquête (le questionnaire)	51
III.6. L'évaluation quantitative	53
III.7 La technique de prise de mesures :	53
III.8 La technique de simulation :	53
III.9 Conclusion :	60

Chapitre IV: Présentation du cas d'étude et l'analyse in Situ

IV.1 Introduction	61
IV.2 Présentation de la zone d'étude :	61
IV.3 Présentation du cas d'étude:	64
IV.4 L'analyse photométrique	71
IV.5. Synthèse des résultats	78
IV.6. Conclusion	78

Chapitre V: Etude qualitative du confort visuel dans les salles du bloc d'architecture

V.1 Introduction :	79
V.2 Etude du cas par cas (en fonction des salles) :	79
V.3 Synthèse et correspondances globales :	86
V.4 Conclusion	87

Chapitre VI : Evaluation qualitative de l'éclairage naturel dans les salles du bloc d'architecture

VI.1 Introduction :	88
VI.2 La prise de mesure et leur comparaison aux résultats ECOTECH :	88
VI.3 la correspondance simulation prise de mesure :	89
VI.4 Présentation et discussion des résultats de la simulation :	92
VI.5 Synthèse globale :	106
VI.6 Conclusion :	107
Conclusion générale :	108
Références bibliographique :	113
Annexes :	117
Table de matières	127

Introduction générale

La sensation de confort est une combinaison de plusieurs paramètres, tels que le confort acoustique, thermique, la qualité de l'aire et le confort visuel pour ce qui est de la qualité lumineuse des espaces. Notre présente étude ciblera essentiellement le confort visuel et l'importance de la lumière naturelle dans les espaces éducatifs.

Parmi les éléments clé de ce confort tant rechercher par les spécialistes du bâtiment la lumière naturelle, selon des études récentes la lumière joue un grand rôle et à de grands effets sur la santé et même l'humeur des usagers de l'espace.

La présence de la lumière naturelle au sein d'un bâtiment offre un atout à multiples facettes, d'abord i) sur le plan technique : en parlant de l'éclairage naturel face au problème de l'efficacité énergétique, ensuite ii) sur le plan esthétique qui met en valeur la forme, la couleur et l'environnement intérieur, ainsi que sur iii) le plan physique et iv) psychique de l'homme.

L'énergie solaire est l'une des énergies inépuisables que l'homme doit utiliser et tirer profit de ses multiples atouts, en matière de l'éclairage, le séchage et le chauffage et beaucoup d'autres utilisations. La lumière naturelle éclaire l'espace architectural et crée un environnement qui répond aux attentes de l'homme dans de bonnes conditions de confort visuel. C'est un élément nécessaire et indispensable à la vision avec laquelle l'homme perçoit : la forme, la couleur et la nature en générale.

Le Corbusier l'affirme en disant que *« nos yeux sont fait pour voir les formes sous la lumière, les ombres et les clairs révèlent les formes, les cubes, les cônes, les sphères, les cylindres, ou les pyramides sont les grandes formes primaires que la lumière révèle bien, l'image nous en est nette et tangible sans ambigüité, c'est pour cela que se sont de belles formes, tout le monde est d'accord en cela, l'enfant, le sauvage, et le métaphysicien. »* (Le Corbusier, éd. G. Crès, 1924, p.16).

L'éclairage naturel doit suivre la formalisation du projet architectural dès son idéation et sa conception première, c'est l'un des facteurs déterminant dans une démarche de conception architecturale, il participe à la génération d'une certaine ambiance à l'intérieur de l'espace conçu, le besoin d'éclairer naturellement contribue au développement technique des éléments architecturaux comme la dématérialisation de la paroi qui a conduit à l'utilisation de nouveaux matériaux.

La lumière naturelle pour les architectes est considérée comme un moyen d'expression qui aide à la concrétisation du projet architectural. Pour Le Corbusier, elle est la base d'une architecture bien conçue, il dit : *« j'use, vous vous en êtes douté, abondamment de la lumière.*

La lumière est pour moi l'assiette fondamentale de l'architecture, je suppose avec la lumière ». (Le Corbusier, 1930)

La variabilité de la lumière du jour qui se manifeste par sa couleur, son intensité et son contraste, sont assujettis des conditions atmosphériques qui créent une relation entre l'espace conçu et l'espace dans lequel il va être construit à partir de la lumière naturelle. Luis Kahn dit que « *même une pièce qui doit être obscure à besoin au moins d'une petite fente pour qu'on se rende compte de son obscurité. Mais les architectes qui aujourd'hui dessinent des pièces ont oublié leur foi en la lumière naturelle assujettis à la facilité d'un interrupteur, il se contente d'une lumière naturelle grâce à laquelle une pièce est différente à chaque seconde de la journée.* » (Jewishheritage, Louis kahn, 2008 [en ligne] (page consultée le 27/04/2019)

Aujourd'hui l'énergie solaire comme source de l'éclairage du bâtiment est d'une grande importance en architecture et l'urbanisme vu qu'elle permet la réduction de la consommation de l'énergie électrique dans les bâtiments. (Page, J et Al, 1994). En Algérie, ayant des potentialités naturelles multiples, elle bénéficie dans un premier temps d'un ensoleillement excessif avec un éclairage favorable à la longueur de l'année à environ 3300 heures/an. (ChegaaretChibani, 1999)

La lumière naturelle n'a pas uniquement un impact sur l'économie de l'énergie, mais elle a surtout des biens-faits sur la physiologie et la psychologie des occupants. (Selkowitz, 1999), elle procure un rendement visuel plus confortable pour des niveaux d'éclairage inférieur à ceux de l'éclairage artificiel. (De Herde, 2004). Elle augmente la performance intellectuelle des personnes, et en particulier, le rendu dans les salles de classe. L'apprentissage varie en fonction du niveau de la concentration qui est en rapport avec le confort, ce constat est à prendre en circonspection au sein des bâtiments éducatifs. (Corgnati, S.P, Fabrizio, Filippi, 2007).

De nombreuses recherches et enquêtes ont été élaborées à ce sujet, nous citons à cet effet l'étude de Matallah, Zineb (2016), étude des effets de l'orientation sur le confort visuel dans les salles de cours avec éclairage naturel latéral cas des salles de classe de l'université de Laghouat. L'objectif principal de cette étude était d'évaluer quantitativement et qualitativement les performances lumineuses des systèmes conventionnels d'éclairage latéral des salles de classe de l'université de Laghouat, qui sont caractérisées par l'utilisation d'un même système conventionnel d'éclairage latéral, orientées suivant quatre différentes directions afin de déterminer les différents avantages et inconvénients de ce dispositif.

Nous citons ainsi, l'étude pilotée par F.Duforez et D.Léger, Les deux scientifiques ont conduit une étude dans une école d'Ile et Vilaine sur une classe moyenne avec pour objectif

de déterminer l'influence de l'éclairage sur l'apprentissage des élèves, « *On travaille mieux avec la lumière blanche du matin, plus riche énergétiquement, qu'avec la lumière du soir. Elle améliore significativement les tâches cognitives d'apprentissage et le temps de réaction* » déclare F.Duforez au Parisien. Selon les tests effectués par les médecins à l'hiver 2012-2013, la rapidité et les performances des enfants se sont révélées supérieures avec un éclairage puissant. « C'est sûr, ça les réveille ». (François Duforez, le parisien, 2014)

De ce fait La lumière du jour a des effets directs sur l'homme, elle influence son état et ses performances intellectuelles. Mettant de côté les multiples bienfaits de la lumière naturelle sur la santé de l'homme, l'excès de cette dernière crée des situations désagréables, et la mauvaise gestion de celle-ci peut provoquer des sensations défavorables de vision entraînant une fatigue inutile, une perte de concentration, une perturbation de l'humeur sur le long terme, des erreurs et d'une imprécision dans les activités quotidiennes au sein des équipements éducatifs, et cela est bien affirmé par les études antérieures dont on cite les travaux de recherches de Rouag Djamilia dans sa thèse de doctorat, qui traite les conditions d'éclairage naturel dans les salles de classe où elle a soulevé des problèmes d'ensoleillement direct, l'éblouissement et une surchauffe estivale qui sont à l'origine d'un inconfort visuel, et sont causés par la lumière naturel surtout dans les pays très ensoleillés comme l'Algérie. (Rouag Dj, 2001)

A travers nos études au bloc d'architecture du département de Bejaia, nous avons constaté des différences en matière du confort global entre ses différentes salles. Un confort qui a tendance à changer en fonction du moment de la journée et de la saison, les étudiants ont tendance à avoir des préférences à certaines salles par rapport à d'autres. Ce constat nous l'avons fait par rapport à deux types de confort : le visuel et la thermique, cependant dans mon mémoire et pour des raisons de temps, j'ai choisi de travailler sur le confort visuel. Plusieurs étudiants et enseignants se plaignent des problèmes d'inconfort dans certaines salles à un moment donné de la journée qui est traduit par une présence excessive de lumière et l'apparition des ombres gênants, qui peuvent souvent engendrer une déconcentration des étudiants, et la perturbation de la vision. Pourtant ses salles sont dotées de mêmes caractéristiques physiques : même couleurs et textures, même surface et hauteur des parois, les dimensions des ouvertures sont égales pour toutes les salles.

Face à cette série de réflexions un ensemble de questions feront l'objet de notre recherche et ce concernant le problème d'inconfort visuel au niveau des ateliers du bloc d'architecture, une question générale : **quelles sont les paramètres liés aux confort visuels**

qui font qu'un espace soit choisi et non pas un autre ? Cette question globale ne peut être traitée que par étapes, ce qui conduit à une série de questions secondaire :

- Existe-t-il vraiment un inconfort visuel dans les salles du bloc d'architecture ?
- Quelles sont les causes de cet inconfort ?
- Quelles sont les périodes dans lesquelles nous ressentons cet inconfort ?
- Comment gérer la lumière naturelle dans notre bloc d'une manière à en tirer profit sans qu'il y soit de gêne visuelle dû à une quantité excessive de lumière ou à la qualité de cette dernière ?
- Comment assurer un meilleur confort visuel au niveau des salles de classe en général et dans les ateliers du bloc d'architecture en particulier ?

Les hypothèses :

1. L'inconfort visuel existe dans quelques salles du bloc d'architecture et Les problèmes de l'inconfort rencontrés au niveau des salles du bloc d'architecture sont dus à une mauvaise orientation du bloc.
2. Le dimensionnement et l'emplacement des ouvertures est un autre facteur qui influence sur le confort visuel. Elles permettent un contrôle du type d'éclairage et la quantité de lumière désirée selon l'usage.
3. Pour les bâtiments existants, le recours vers la protection solaire semble être la seule solution et la plus convenable face à la lumière directe et le problème d'éblouissement dans les salles de classe vu qu'on ne peut pas modifier la structure ou l'emplacement du bâtiment mis à part le rajout des éléments de protection.

Les objectifs :

1. Cette présente étude vise en premier temps à évaluer et mesurer l'impact de la lumière naturelle sur la psychologie et la physiologie des usagers au sein du bloc d'architecture.
2. L'objectif principal de cette étude c'est de réussir à trouver une solution adéquate pour réduire les effets indésirables relatifs à la pénétration de la lumière naturelle dans les ateliers et de garantir un confort visuel optimal.
3. Nous pouvons aussi admettre que dans cette étude nous allons reproduire un processus méthodologique qui a déjà donné des résultats pour d'autre espaces où le confort visuel est important.
4. Concevoir des espaces dans des conditions lumineuses confortables au sein des équipements éducatifs.

Pour répondre à cette problématique nous avons choisi d'abord de confirmer notre constat premier par une observation in situ sur une petite période qui va être appuyée par une lecture globale du confort dans le bloc d'architecture. Pour répondre à la question de recherche nous devrions d'abord faire une enquête qui ciblera les usagers du bloc, cette enquête nous permettra de faire ressortir les salles qui présentent des problèmes en matière de confort visuel.

Nous voulions vérifier le comportement de chaque salle par rapport aux quantités de lumière en les comparant aux normes conventionnelles, la campagne de mesures s'avère l'outil le plus fiable pour ça, malheureusement nous ne pouvons obtenir des résultats pour toutes les périodes de l'année, ce qui nous a poussé à choisir des logiciels de simulation qui sont Radiance et Ecotect 2011.

Structure de la recherche :

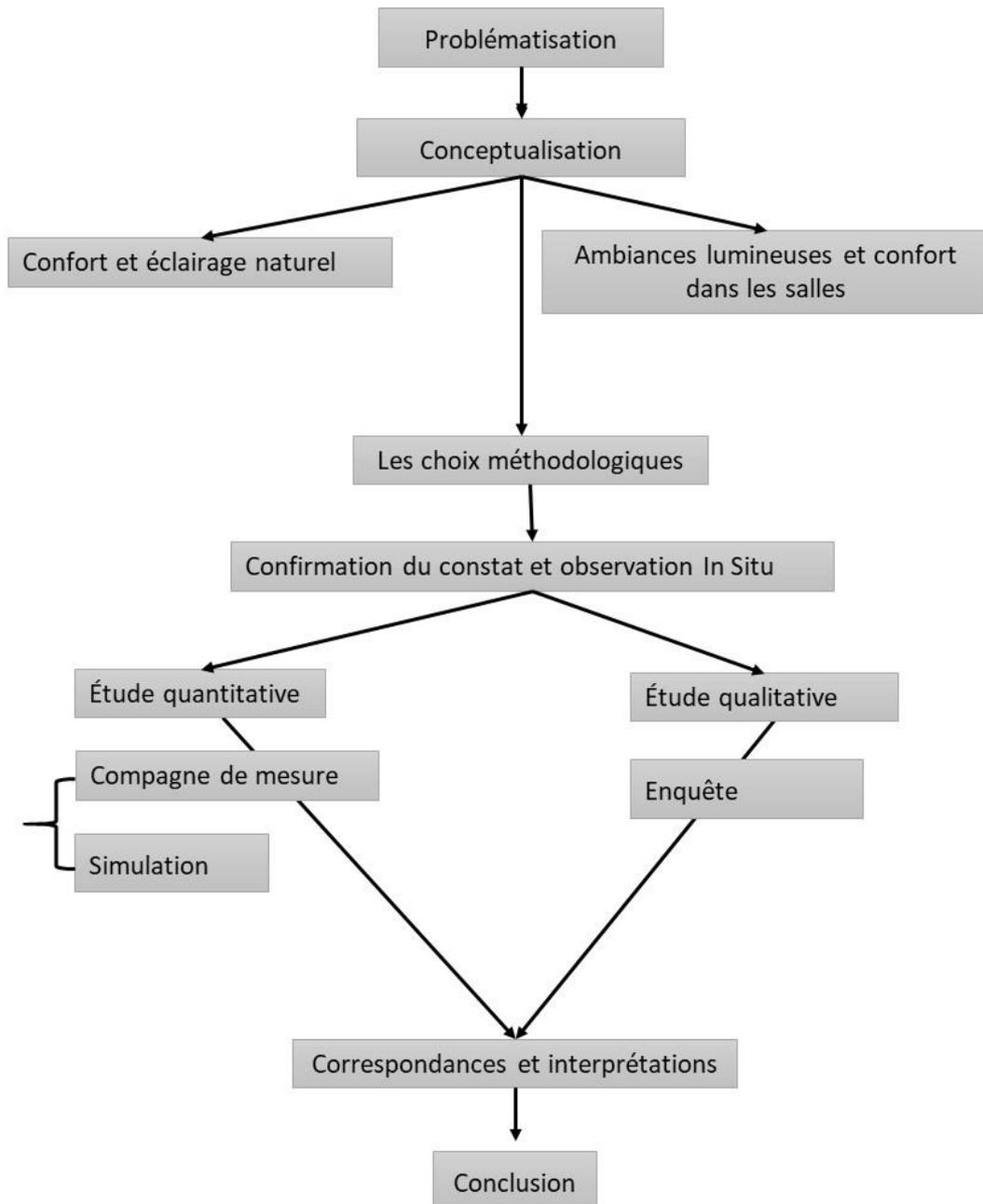


Figure (01) : schéma résumant la structure du mémoire. Source : auteur 2019

CHAPITRE I

**La notion du confort, le confort visuel et sa relation à
l'éclairage naturel et ses composantes**

*«Le dieu confort s'est banalisé ; il est devenu invisible,
présent toujours, à chaque moment du quotidien ».*

Jean-Pierre Goubert

I.1 Introduction

Les premiers habitats de l'homme ont été créés par la nature. Ces lieux de vie primaires ont été à priori destinés à le protéger des multiples agressions, celles des prédateurs, ses congénères et celles liées au climat. Au fil du temps, ces risques dus aux prédateurs et aux congénères ont été réduits et voir même disparus, seule la protection contre le climat reste un point essentiel dans la conception architectural en vue de répondre aux besoins des occupants en matière de confort.

Le confort est un besoin naturel des hommes, sa recherche est objectif normal et permanent pour tout être humain. La notion du confort est essentiellement une problématique majeure en architecture du bâtiment, pour résoudre des problèmes à la fois écologiques (construction et émissions de bâtiment), économiques (réduction des coûts d'exploitation), et sociaux (maintient et assistance à domicile).

Nous allons dans ce chapitre présenté une première partie de notre conceptualisation, qui sera dans un premier temps une mise en exergue du concept du confort global, après nous allons nous pencher sur la notion de confort visuel et l'éclairage naturel qui a une très forte influence sur ce type de confort.

I.2 La notion du confort

I.2.1 Définition :

Nous exposant dans cette partie l'ensemble des synthèses élaborées pour définir la notion du confort par Alejandra Andrade-Charvet dans les cahiers du développement urbain durable qui stipule que la notion du confort telle qu'a été défini par Lebois (2014) et le bien-être sont des notions complexes qui, bien sûr, ne peuvent être assimilées à une simple consommation de bien ou de service. Du latin, le terme confort vient de « confortare » (cum, Fortis) « ce qui donne de la force, encouragement ». Au début du 19^{ième} siècle, le mot confort prend sens de bien-être matériel que les anglais ont donné dans le cadre d'une société industrialisée avec l'apparition des nouveaux appareils ménagers (A. Andrade-Charvet, 2012). Olivier-le-Goff le définissait comme : « bien-matériel, aisance de vie ». Mais cette définition est remise en question, Thierry Paquet, pour lui se retrouver seule face des biens-matériels n'implique pas le confort, il réplique à cette définition en disant « *Le confort ne*

répond pas à des normes, mais à un savoir-vivre. On ne peut pas le mesurer avec des statistiques [...] mais par un degré de satisfaction. Le confort révèle davantage de la sensation, et par conséquent est avant tout « culturel », que de l'accumulation de biens censés améliorer votre quotidien ». (Pumain et al, 2006)

Le confort est une notion à deux dimensions distinctes, matérielles et immatérielles, qui renvoient à une multiplicité de variable qui conditionnent le vécu des individus dans un lieu donné. L'impossibilité d'une définition de confort universel se fait évidente. Selon A. Andrade-Charvet (2012) rapporte les constats faits par Pascal Amphoux, qui stipule que la recherche d'une définition universelle de confort provoquerait un flou autour de cette notion en la rendant plus complexe vue que cette dernière est liée à plusieurs discipline est à la fois technique, normatives et symbolique.

Selon elle S'est J. Dreyfus en 1995 qui avait proposé la définition de deux types de confort, un confort d'objets (normé) au sens de bien-être matériels qui est lié à des facteurs comme l'ensoleillement, l'isolation thermique, le revêtement des sols... et le confort discret (sensible) qui renvoient à un ailleurs contenant une part d'indicible (Dreyfus, 1995).

I.2.2 Le confort matériel

Il concerne les aspects physiques et matériels du confort. Jean-Pierre Gaubert démontre que le confort matériel est plus dominant. Ce confort peut être assimilé à un confort de consommation qui se traduit par une architecture technique et matérialiste qui touche essentiellement à la recherche de la performance ce qui met en valeur la technique au profit des qualités spatiales. Les différents systèmes et sous-systèmes tels que le chauffage et d'éclairage sont des solutions de gestion et de rentabilité pour le confort technique. (Jean-Pierre Gaubert, 1989)



Figure (I-01) : les éléments physiques qui contribuent au confort matériel

Source : [www.squ1.com]

I.2.3 Le confort psychologique

C'est une autre dimension du confort qui est lié au confort matériel propre au lieu, à la perception de l'espace et au déroulement des activités privatives. Pour Jonas Salk biologiste et médecin des années 50), affirme que l'environnement dans lequel on habite peut exercer une grande influence sur l'esprit, il peut influencer sur nos pensées, sentiments et nos comportements. Une étude sur la psychologie relative à l'environnement à été élaborée par Joan Mayers Levy en 2007, elle a montré que l'espace d'une pièce influence sur la pensée, la hauteur sous plafond influence sur l'interprétation des informations. (Ludovic Pin, Perception humaine en milieu architectural pour un confort climatique soutenable, art et histoire de l'art, 2017)

I.2.4 Le confort fonctionnel

La dimension fonctionnelle du confort intéresse le coté ergonomique de l'espace qui vise à conditionner l'espace de travail selon les besoins des usagers, il intervient dans la situation dont une tâche sera exécutée. Ce concept apparait dans plusieurs domaines et secteurs de production industriels dans ce qui concerne la qualité et l'utilité des mobiliers qui contribuent à la facilité d'utilisation des équipements à l'intérieur du bâtiment. René Vittone avance que « dans les années 1960, les perspectives dans les conceptions des bâtiments sont orientées vers l'économie de maximale des forces physiques et le temps dans l'exécution des tâches, ce qui conduit à laisser les idées traditionnelles de décoration et pencher sur la fonction des espaces et mobiliers, la notion de simplicité , la facilité et l'utilité élimine, à une partie, la notion d'ornement. (René Vittone, Bâtir, 2013)

I.3 Les types du confort en architecture

I.3.1 Le confort thermique

C'est l'élément essentiel du confort, selon Van Hoof, le confort thermique est considéré comme source principale d'inconfort, dans les bâtiments. (Van Hoof, 2008).il dépend de la température de l'air ainsi que la température des parois, et la température ressentie est la moyenne entre la température de l'air celle des parois. (J M Pupille architecte, 2012)

I.3.2 Confort acoustique

Le confort acoustique dans les bâtiments est considéré comme la première source de gêne des habitants des grandes villes. (Martin Houssart et al., 2001) ce type de confort concerne la maîtrise du bruit. (CERTU, 2002). Son principe c'est de réduire les nuisances sonores. (GALISSOT, 2012)

Le confort acoustique dépend de la qualité des matériaux de construction à l'intérieur des parois, et leurs capacités de réfléchir les sons. (J M Pupille, 2012)

D'après Boulet, une ambiance acoustique convenable dépend des trois critères du aux sources d'inconfort :

- source intérieur du local provoqué par les équipements, les déplacements et les activités intérieurs.
- Le voisinage du local, provenant des logements mitoyens
- Source extérieur, provenant des transports, les équipements à proximités, et les travaux extérieurs... (Galissot, 2012)

I.3.3 La qualité de l'aire

Deux approches de la qualité de l'air sont obtenues, une approche sanitaire qui concerne les produits imperceptibles, et une approche olfactive qui concerne les odeurs du local. Certains composants peuvent être néfastes, voir mortelles, sur la santé et le comportement des habitants (ROULET, 2010). Ces odeurs peuvent être fortement réduites par la ventilation permanente naturelle. (J M Pupille architecte, 2012)

I.3.4 Confort visuel

le confort visuel est défini comme une réception claire d'un message venant d'un environnement visuel sans fatigue, et en fonction de la qualité lumineuse de l'environnement, la quantité de lumière naturelle ou sa distribution dans l'espace, et ces paramètres sont en fonction des paramètres : l'éclairement, l'éblouissement, la luminance, le contraste et le spectre lumineux, ainsi qu'aux paramètres visuels tel que l'âge, l'acuité visuelle, et des paramètres liés à l'objet éclairé tel que sa taille. (Bodart Magali, 2002)

L'éclairage naturel dépend de la surface des ouvertures, leur orientation, ainsi qu'au système de protection solaire. (Bodart M, 2002)

I.4 Mesure du confort :

I.4.1 Mesure du confort lié à l'espace :

Le confort d'un bâtiment s'exprime en partie par sa structure, son emplacement, et sa composition, qui servent à définir le confort social, sanitaire, écologique et énergétique. (M Galissot, 2012)

I.4.1.1 Les critères institutionnels :

Pour les organisations telles que l'OMS, INSEE, les critères de mesure du confort de l'habitat se font par l'architecture. Il est analysé en fonction de la surface disponible par

habitant, disponibilité de chauffage, la qualité de l'équipement sanitaire. (Castéran et al., 2008)

INSEE s'appuie sur des critères d'inconfort pour définir un «confort de base » comme le montre le tableau suivant :

« Logements sans confort »
Sans confort sanitaire : absence d'un des éléments (eau courante, installation sanitaire, WC intérieurs)
Immeuble insalubre ou menaçant de tomber en ruine
Aucune installation pour faire la cuisine
Aucun moyen de chauffage ou avec des moyens de chauffage sommaires
Electricité déficiente : installation non encastrée, fils non protégés par des baguettes, pas de prise de terre
Signes d'humidité sur les murs
Infiltrations d'eau ou inondations provenant d'une fuite d'eau dans la plomberie

Tableau (I-01) : Critères de l'INSEE utilisés pour déterminer l'inconfort des logements en 2008

Source : (M.Galissot, Modéliser le concept de confort dans l'habitat intelligent : du multisensoriel au comportement, 2012)

L'organisation mondiale de la santé (OMS) mène des études sur le confort en 2007, ces études ont pour but de comparer l'efficacité des textes et des politiques sanitaires appliqués au logement d'un pays à l'autre, les critères pris en compte lors de ces études sont :

- L'environnement immédiat : proximité (agréable) de parcs ou jardins ou proximité (désagréable) de voies de chemin de fer, routes, etc.
- Les matériaux de construction : interdiction de certaines matières composites, comme le plomb dans les peintures et canalisations, etc.
- la conception, l'accessibilité et l'agencement général de l'espace,
- les commodités de base : obligation réglementaire dans certains pays à disposer d'un espace de préparation et de cuisson de la nourriture, ainsi que la présence de salle de bains et WC,
- le chauffage, la ventilation, l'éclairage, l'humidité, etc.
- la lutte contre la vermine, la protection contre les incendies et la gestion de l'environnement ou des déchets.

I.4.1.2 Les réglementations :

Nous citons les réglementations thermiques à titre d'exemple, de nombreuses réglementations thermiques ont été publiées, Ces réglementations s'appliquent uniquement aux bâtiments neufs dont chacune a pour but de réduire la consommation énergétique des bâtiments. Leur période d'application va de 5 à 9 ans. La prochaine à entrer en application est la RT2012. Une réglementation future est planifiée à l'horizon 2020. Le tableau (I-1) présente ces différentes réglementations, leurs objectifs ainsi que la période durant laquelle elles ont été, ou seront en vigueur.

Nom	Objectif sur la consommation énergétique	Période d'application
RT1974	-25% par rapport aux précédentes normes	1976 à 1981
RT1982	-20% par rapport à la RT1974	1982 à 1989
RT1988	Inclusion des bâtiments à usage tertiaire	1990 à 1999
RT2000	-20% par rapport à la RT1988 pour le résidentiel -40% par rapport à la RT1988 pour le tertiaire	2001 à 2006
RT2005	-15% par rapport à la RT2000	Depuis 2006
RT2012	Objectif de 50 kWh/m ² /an	à partir du 1er janvier 2013

Tableau (I-02) : Présentation des différentes réglementations thermiques

Source :(M.Galissot, Modéliser le concept de confort dans l'habitat intelligent : du multisensoriel au comportement, 2012)

L'application des réglementations thermiques s'effectue par un diagnostic du bâtiment selon une méthode officielle qui permet d'établir le diagnostic de performance énergétique qui s'applique aux nouvelles constructions. L'approche des réglementations thermiques vise à intégrer des paramètres écologiques à l'habitat en prenant en compte les objectifs du développement durable. Elle permet d'estimer un bâti en terme de confort écologique et économique, mais excluant l'habitant lors des calculs. (GALISSOT, 2012)

I.4.2 La mesure du confort lié aux usagers :

Dans ce qui précède, nous avons abordé la mesure et l'évaluation du confort lié au bâtiment et qui ne prend pas en compte l'utilisateur et sa perception de l'environnement intérieur qui conditionne le confort sensoriel qui est mis en avant avec l'apparition de l'électricité. La recherche de ce confort dans les bâtiments est appelé « confortique ». (Asher et al. 1987) cité par Galissot. (Galissot, 2012)

Le confort sensoriel est composé de quatre (04) domaines : thermique, acoustique, visuel et la qualité de l'air)

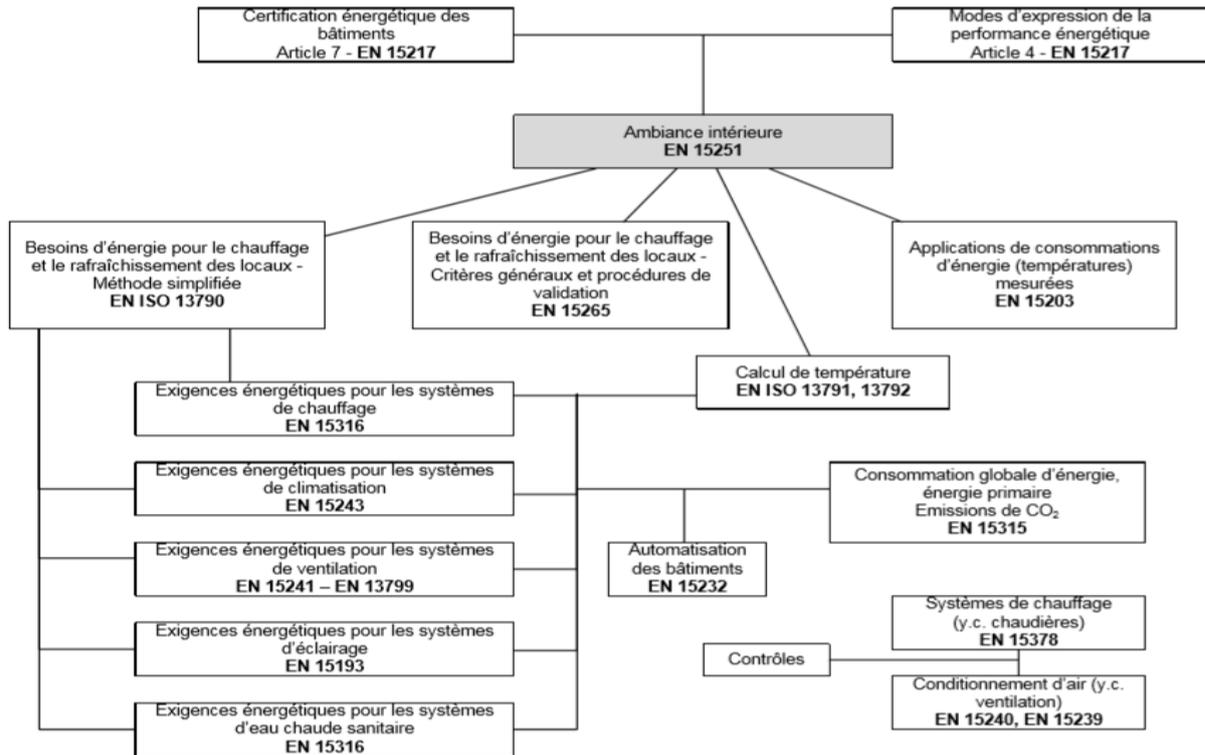


Figure (I-02) : Diagramme de liens entre les normes relatives à l'énergie et l'ambiance intérieure des bâtiments
 Source : (AFNOR, 2007)

La figure (I-02) illustre le rôle des domaines pour la définition du confort sensoriel, pour chaque domaine, des grandeurs physiques sont définies, chacune est associée à des formules mathématiques qui permettent de quantifier le confort. (Galissot, 2012)

I.5 Du confort type ou confort composés :

L'étude du confort multisensoriel se fait sur les paramètres thermiques, la qualité de l'air, la nature d'éclairage et le confort acoustique, d'où chacun est lié au cinq sens de l'homme : thermique/le toucher, visuel/la vue, qualité de l'air/ odorat, acoustique/ l'ouïe.

Les différents paramètres du confort sont liés l'un à l'autre, on parle de la confrontation entre les différentes catégories du confort grâce à la présence de critères en commun, par exemple, l'humidité qui est utilisée pour déterminer le confort thermique et la qualité de l'air pour l'humidité relative. (M.Galissot, 2012)

De nombreuses recherches ont également montré d'autres liens entre les catégories du confort, nous citons à ce titre l'étude de Woods en 1972 cité par Galissot dans sa thèse, qui concerne à la relation entre la perception olfactive et la quantité de chaleur contenue dans l'aire. (Galissot, 2012) La définition du confort multisensoriel doit passer par la prise en compte des liens entre les différentes catégories de confort.

I.6 L'éclairage naturel

I.6.1 Définition :

L'éclairage naturel correspond à l'utilisation de la lumière du jour, cette dernière est la partie visible du rayonnement provenant du soleil, qui est considérée comme première source d'éclairage pour éclairer les espaces architecturaux qui permet d'accomplir les tâches au quotidien. (W. C. Brown Et K. Ruberg, 1988) (en ligne). P. Chauvel avance que l'éclairage naturel est « *l'éclairage produit par la voûte du ciel, à l'exclusion de l'éclairage produit par le soleil Toutefois, dans certains cas, on considère l'éclairage global, mais il doit toujours être précisé que c'est y compris la lumière provenant directement du soleil ou réfléchi par des surfaces ensoleillées.* » (Chauvel.P&Deribere. M, 1986)

I.6.2 L'importance de l'éclairage naturel en architecture :

La lumière naturelle joue un rôle important sur le projet architectural, sur le plan Fonctionnelle qui influence sur le confort, sur le plan esthétique ; qui contribue à la qualité de l'espace avec un jeu de couleur, d'ombre et de lumière. Et enfin émotionnellement ; par l'affectation sensible des différents effets lumineux (Belakehal, 2007).

Sur le plan fonctionnel, la lumière naturelle sert de lien entre l'intérieur et la nature qui l'entoure avec sa lumière. En outre, la lumière naturelle sépare entre les espaces intérieurs, elle peut attribuer des caractères différents aux deux faces d'une même paroi. Comme elle joue le rôle d'unificateur d'espace. La lumière assume une fonction unificatrice de l'espace. La distribution égale de la lumière sur toutes les surfaces d'un édifice ou d'un espace intérieur favorise son unité. La présence d'un sol ou d'un plafond très réfléchissant peut également constituer un élément unificateur de cet espace. (Zemmouri M, 2013).

La lumière qui pénètre dans le bâtiment varie selon plusieurs facteurs, ces facteurs sont en interrelations et permettent un meilleur rendement en matière de confort (S. SAVARD, l'importance de la lumière naturelle en architecture, 2009)

- L'emplacement et l'orientation du bâtiment par rapport au soleil
- L'emplacement et la taille des fenêtres et des ouvertures
- La saison
- Le type de ciel
- Le dégagement autour du bâtiment

I.6.3 Source d'éclairage naturel :

a) Source diurne directe

On distingue deux sources de lumière directe, une source primaire (le soleil), et une source secondaire « la voûte céleste ».i) La source primaire (soleil) concerne la source de lumière émise par le soleil qui est la seule source du rayonnement visible direct, la lumière solaire est définie 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* » (D. ROUAG, 2001), ii) Source secondaire (le ciel) C'est une source de lumière qui est visible grâce à la source primaire. Le ciel ne produit pas de la lumière il modifie par réflexion ou par réfraction le rayonnement diffusé d'une source primaire (le soleil) (D.ROUAG, 2001)

La lumière reflétée du ciel se propage en multi-directions, elle génère peu d'éblouissement et ne provoque pas de surchauffe mais elle peut être considérée comme insuffisante. En outre, elle génère peu d'ombres et de très faibles contrastes. Face à la multitude de conditions météorologiques existantes, trois types de ciels ont été établis pour les études d'éclairage : Ciel couvert, Ciel partiellement couvert, Ciel clair avec soleil.

b) Sources diurnes indirectes

Les corps environnants ne sont perceptibles par l'œil et n'émettent en gamme du visible que s'ils sont portés à une température élevée, ou bien s'ils réfléchissent, diffractent ou bien diffusent les rayonnements visibles qui les éclairent. Tous les objets dans la nature reçoivent le rayonnement solaire et le réfléchissent, mais la quantité de la lumière réfléchie, dépend du facteur de réflexion de la surface, c'est-à-dire de son albédo. Quant à la couleur de la lumière réémise, elle correspond à la couleur de l'objet (si l'objet est éclairé en lumière blanche), (LEBRECHE, 2013)

I.6.4 Type d'éclairage naturel

Les types d'éclairage naturel sont définis en fonction de la position de des ouvertures permettant l'infiltration de la lumière du jour dans le bâtiment, les ouvertures peuvent être placées en façade, sur le toit qui donnera naissance à l'éclairage latéral et zénithal.

I.6.4.1 L'éclairage zénithal

Il est demandé dans les constructions dans lesquelles la hauteur du sous plafond est supérieure à 4.50 mètres. Ce type d'éclairage est aussi utilisé en cas où la profondeur du bâtiment est importante par rapport à la hauteur du local, pour assurer une distribution

uniforme de l'éclairage intérieur. (Christian Terrier, Bernard Vandevyver, 1999), ses dispositifs seront présentés comme suit :

I.6.4.2 Les tabatières

C'est un système d'éclairage naturel direct qui procure de 3 à 5 fois plus de lumière qu'un vitrage vertical, elle est exposée à une grande partie au ciel avec un rapport de lumière plus élevé qui procure un éclairage uniforme. (Deleté, 2003)



Figure (I-03) : les tabatières

Source : [www.squ1.com]

Une tabatière mal conçue provoque une surchauffe en été en raison de l'altitude du soleil. Elle favorise ainsi les déperditions de chaleur pendant la nuit et en hiver. Pour cela, des systèmes de contrôle solaire doivent accompagner les tabatières pour éviter la surchauffe estivale, les déperditions hivernales et l'éblouissement. (Schiler, 1992)

I.6.4.3 Les dômes

Ils permettent d'atteindre l'objectif en termes de facteur de lumière du jour direct avec une surface d'environ 10% d'indice de vitrage, ces dispositifs de lumière n'évitent pas l'éblouissement, pour cela il ne faut pas concevoir des dômes dans un angle de 30° au dessus de l'horizontale. . (Christian Terrier, Vandevyver, 1999).

I.6.4.4 Verrières

Elles peuvent être d'une forme horizontale ou inclinée, elles sont recommandées en cas de présence d'obstacles extérieurs élevés gênant l'éclairage naturel intérieur. . (Christian Terrier, Vandevyver, 1999).

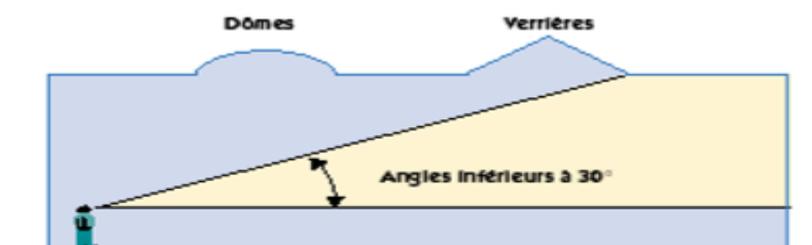


Figure (I-04) : dispositif d'éclairage zénithal direct

Source : C.TERRIER et B.VANDEVYVER, 1999

I.6.4.5 Toiture en dent de scie (shed)

Ce type d'éclairage naturel permet de réunir un éclairage suffisant et homogène et une limitation des apports solaires en jouant sur l'orientation et l'inclinaison des vitrages. Ces toitures sont constituées de composantes : une surface transparente appelée « ouverture » d'où pénètre la lumière dans le local, et d'une surface opaque inclinée appelée « rampant » qui distribue la lumière dans du jour. Mais ces sheds permettent la propagation des rayons lumineux dans une seule direction déterminée par la forme de ce dernier, ce qui semble être un inconvénient. (C. TERRIER, B. VANDEVYVER, L'éclairage nature, fiche pratique de sécurité, Paris: ED 82, Travail et Sécurité, (Mai 1999), cité par (Benharkat.S, 2006)

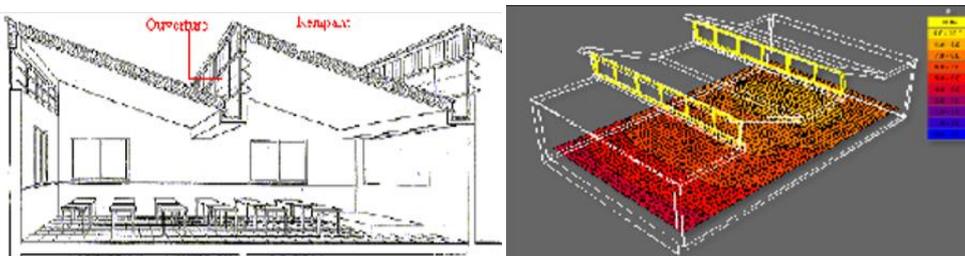


Figure (I-04) : les effets directifs des sheds

Source : [www.outilssolaires.com]

I.6.4.6 Les lanterneaux

Ils sont constitués de surélévation de la toiture, ils sont présentés sous différentes formes telles que : des formes symétriques verticales, asymétriques, symétriques inclinées. Leurs utilités résident dans leur capacité de supprimer les effets de la pénétration directe de la lumière naturelle, en la diffusant suivant plusieurs directions.

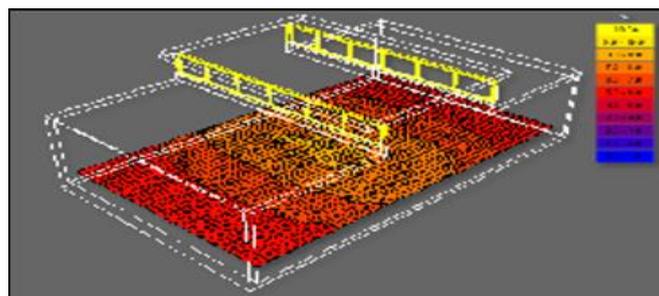


Figure (I-05) : les performances lumineuses les lanterneaux

Source : [www.squ1.com]

Une orientation nord-sud est la plus convenable, des saillies du côté sud peut être utilisées pour le contrôle solaire en été.

I.6.4.7 Puits du jour

La performance de énergétique de ces dispositifs dépend de leur géométrie (forme, rapport entre la hauteur et la largeur), des propriétés de leur surface verticale et horizontale, de

la proportion de fenêtres dans les murs de séparation, de leur orientation et la qualité de vitrage utilisée. (A. BELAKEHAL et K. TABET AOUL, 2003)

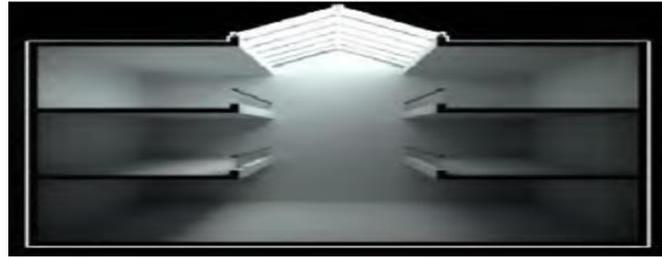


Figure (I-06) : Performances lumineuses du puits de jour

Source : [www.squ1.com]

I.6.4.8 Les conduits de lumière ou «light-pipes »

En principe, ils collectent la lumière du jour et la dirige vers n'importe quel espace du bâtiment. Leurs efficacités sont réduites par l'absorption au niveau des parois du système de transport, la lumière perdue est proportionnelle au ratio longueur-largeur du tuyau. (ROBERTSON Keith, 2003)

I.6.5 Eclairage latéral

La prise de la lumière naturelle dans ce type d'éclairage se fait en façade, elle est nécessaire dans le cas de locaux à faible hauteur sous plafond. (Terrier, Vandevyver, 2003). Ils sont caractérisés par une faible performance en matière de lumière naturelle dans les cas où il y a des masques extérieurs. Nous présentons dans ce qui suit ses types.

I.6.5.1 L'éclairage unilatéral

C'est une série d'ouvertures disposées verticalement sur une même façade, l'inconvénient que présente ce type est la possibilité de formation d'ombres gênants, ainsi que l'uniformité de l'éclairage à l'intérieur du local.

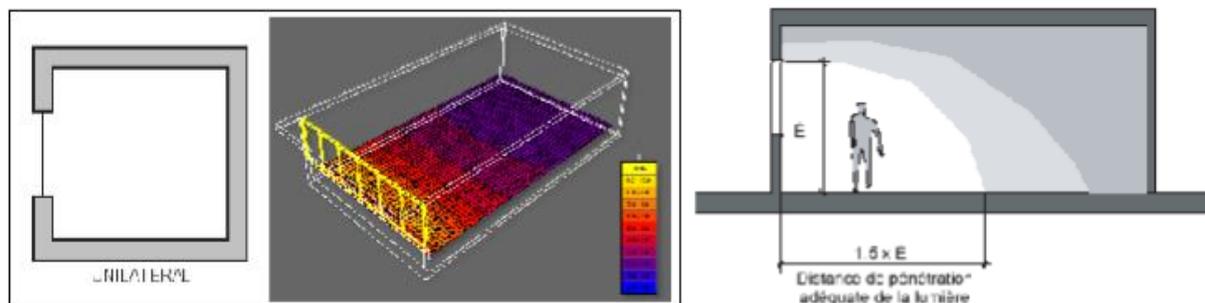


Figure (I-07) : Performances lumineuses d'un dispositif d'éclairage unilatéral

Source : K. Robertson, 2003.

I.6.5.2 Eclairage bilatéral

Correspond à une disposition d'ouvertures verticales sur deux murs perpendiculairement ou parallèlement. (PASSINE, 2002)

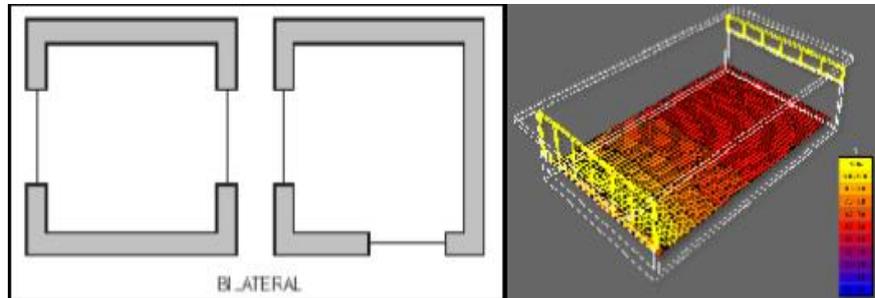


Figure (I-08) : Dispositifs d'éclairage bilatéral et ses performances lumineuses.

Source: I. PASINI, 2002

La profondeur des pièces éclairées par un dispositif bilatéral peut atteindre quatre fois la distance entre le plafond et le plan utile, il procure un éclairage uniforme et réduit les contrastes et le risque d'éblouissement. (Vandenplas, 1964), consulté en ligne.

I.6.5.3 Eclairage multilatéral

Il représente de nombreux avantages, à savoir :

- Favoriser la ventilation naturelle transversale des pièces en la doublant ou en la triplant.
- Les ouvertures réduisent les ombres denses et augmentent les contrastes à l'intérieur des pièces.
- Les ouvertures réduisent le risque d'éblouissement du ciel en augmentant l'éclairement des murs de fenestration.

I.6.6 Les caractéristiques physiques de l'éclairage naturel**I.6.6.1 Le rayonnement et le spectre électromagnétique**

Un rayonnement électromagnétique désigne une perturbation des champs électriques et magnétiques qui a comme vecteur le photon. En physique classique, c'est une sorte d'onde électromagnétique propre à la propagation d'un champ magnétique et d'un champ électrique, qui sont perpendiculaires, en ligne droite à partir d'une source constituée par un mouvement alternatif de charges électriques. Le rayonnement électromagnétique se décompose en fonction de ses composantes, la fréquence, l'énergie des photons ou la longueur d'onde pour donner un spectre électromagnétique, nous donne un spectre électromagnétique, ou la lumière visible constitue une petite tranche de ce large spectre. (BENOÎT TRAMBLAY, la géobiologie au chevet de la terre, LULU ENTREPRISES, 2012)

I.6.6.2 Les Spectres lumineux (Light Spectrum)

Le spectre lumineux est la figure obtenue par la décomposition d'une lumière en radiations monochromatiques au moyen d'un système dispersif. Il constitue l'ensemble de toutes les vibrations du champ électromagnétique possibles.

Il existe deux principaux types de spectre lumineux, le premier, est appelé le spectre d'émission qui est produit directement par la lumière émise par une source. Le deuxième, c'est le spectre d'absorption qui est obtenu en analysant la lumière blanche qui a traversé une substance gazeuse ou liquide. Le spectre visible correspond aux longueurs d'ondes situées entre 400 nm (vu par l'œil comme la couleur violette) et 700 nm (la couleur rouge). Au-delà de ces longueurs d'onde, l'œil ne détecte plus la lumière.

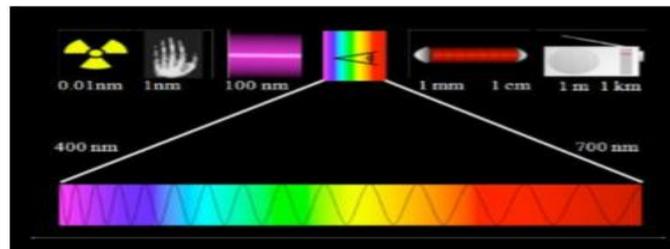


Figure (I-09) : La lumière visible par l'œil humain

Source : (Nicolas Zalachas, lettre BBS, 2016)

I.6.6.3 Les grandeurs photométriques

La photométrie est la science qui étudie le rayonnement lumineux du point de vue de la perception par l'œil humain, son but c'est de mesurer les grandeurs du rayonnement en fonction de l'impression visuelle produite. Il est difficile de parler de l'éclairage sans rappeler les quatre notions de base de la photométrie qui sont : l'intensité, le flux lumineux, l'éclairement et la luminance. (Peter Blattner METAS, les systèmes d'éclairages, de la chandelle aux LEDs, 2015)

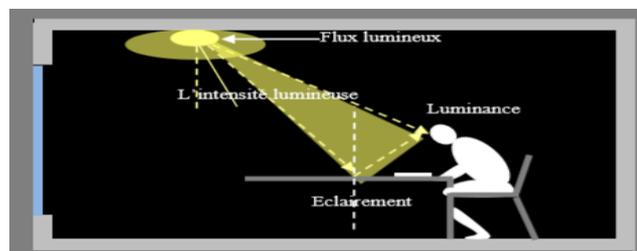


Figure (I-10.) : les quatre notions de la photométrie

Source : (Nicolas Zalachas, lettre BBS, 2016)

I.6.6.4 Flux lumineux

Il caractérise la puissance lumineuse de la source rapportée à la sensibilité de l'œil, de façon à ne considérer qu'une puissance susceptible de provoquer la sensation visuelle. L'unité de mesure est le lumen (lm). (Peter Blattner METAS, les systèmes d'éclairages, de la chandelle aux LEDs, 2015)

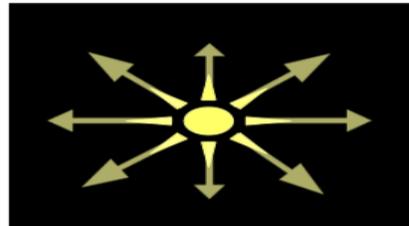


Figure (I-11) : le flux lumineux

Source : (Nicolas Zalachas, lettre BBS, 2016)

a) Intensité lumineuse

L'intensité lumineuse est le flux lumineux émis par unité d'angle solide dans une direction donnée. Elle se mesure en candela (cd). En photométrie, l'intensité lumineuse est une mesure de l'éclat perçu par l'œil humain d'une source lumineuse. Une source lumineuse ayant la même intensité lumineuse dans toutes les directions est dite à répartition isotrope. Son intensité lumineuse peut donc être calculée avec exactitude. (Peter Blattner METAS, les systèmes d'éclairages, de la chandelle aux LEDs, 2015)

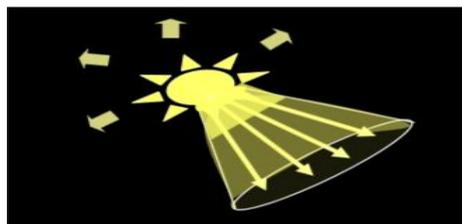


Figure (I-12) : l'intensité lumineuse

Source : (Nicolas Zalachas, lettre BBS, 2016)

Éclairement

L'éclairement d'une surface est le rapport du flux lumineux reçu à l'aire de cette surface. Son unité est le lux, équivalent à $1\text{lm}/\text{m}^2$, il correspond à un flux lumineux de 1 lumen (lm) couvrant uniformément une surface de 1 mètre carré (m^2). L'éclairement dépend de l'intensité de la source lumineuse, de la distance entre la source et la surface éclairée et de son inclinaison par rapport aux rayons lumineux. L'échelle des niveaux d'éclairement disponibles naturellement est très étendue : elle varie de 0,2 à 100 000 lx. (Peter Blattner METAS, les systèmes d'éclairages, de la chandelle aux LEDs, 2015)

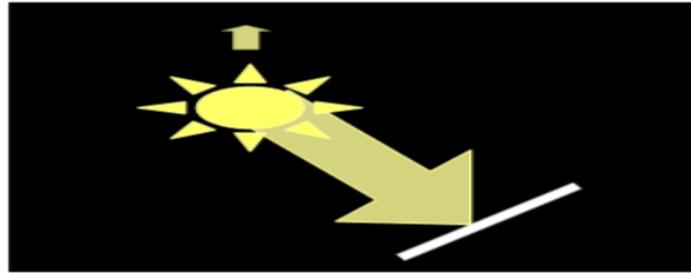


Figure (I-13) : l'éclairage

Source : (Nicolas Zalachas, lettre BBS, 2016)

Le tableau ci-dessous donne quelques valeurs de niveau d'éclairage reçus par l'œil humain :

plein soleil, à midi au sol	100 000 lx
temps nuageux au sol	2 000 à 10 000 lx
pleine lune au sol	0,25 lx
bureau	400 à 600 lx
habitation	150 à 300 lx
rue éclairée au sol	20 à 50 lx

Tableau (I-03) : les niveaux d'éclairage perçus par l'œil humain

Source :: R. Floru. Eclairage et vision. [Rapport de recherche] Notes scientifiques et techniques de l'INRS NS 149, Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS). 1996, 135 p

b) Luminance (L)

Le flux lumineux émis ou réfléchi par unité de surface dans une direction donnée. L'unité de mesure est la candela/m² (cd/m²). La mesure de la luminance permet d'évaluer les risques d'éblouissement (luminances trop importantes) et de gêne (rapports de luminances trop élevés). (Peter Blattner METAS, les systèmes d'éclairages, de la chandelle aux LEDs, 2015)

lampe fluorescente (65 W)	10 000 cd/m ²
surface des fenêtres	1 000 à 4 000 cd/m ²
papier blanc sur une table (sous 300 lux)	70 à 80 cd/m ²
surface de la table (sous 300 lux)	40 à 60 cd/m ²
cadre de l'écran (brillant)	70 cd/m ²
cadre de l'écran (noir, mat)	4 cd/m ²
fond d'écran sombre	5 à 15 cd/m ²

Tableau (I-04) : les valeurs de luminance dans les bureaux

Source : R. Floru. Eclairage et vision. [Rapport de recherche] Notes scientifiques et techniques de l'INRS NS 149, Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS). 1996, 135 p

c) Le facteur de lumière du jour (FLJ)

Le facteur de lumière du jour est un paramètre défini pour quantifier le niveau d'éclairement naturel nécessaire dans un local, il correspond au rapport du niveau d'éclairement intérieur sur le niveau d'éclairement extérieur d'un local. (Nicolas Zalachas, lettre BBS, 2016)

[FLJ = E intérieur/E extérieur] (%).

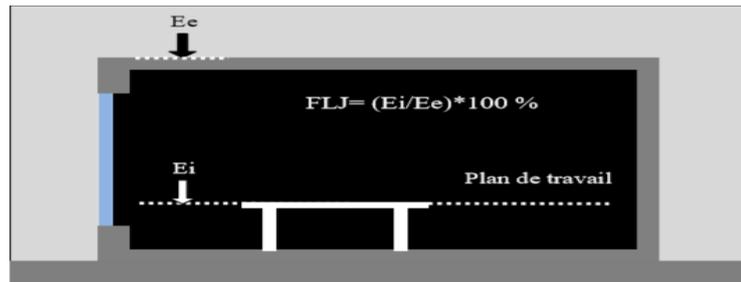


Figure (I-14) : le facteur de lumière du jour (FLJ)

Source : (Nicolas Zalachas, lettre BBS, 2016)

I.6.7 Les instruments de mesure de l'éclairage

Dans la technique d'éclairage, on utilise une série de valeurs afin de pouvoir représenter quantitativement les propriétés des sources lumineuses ou leurs effets d'éclairage.

Voici quelques appareils de mesure de l'éclairage :

- a) Mesure de flux lumineux : On le mesure grâce au lumen mètre ou par une sphère intégratrice.
- b) Mesure de l'intensité lumineuse : se fait par les récepteurs photométriques.
- c) Le spectrophotomètre : qui détermine la distribution spectrale d'une source de lumière. Cet instrument permet également de découvrir les facteurs de réflexion ou de transmission spectrale des matériaux.
- d) Eclairement : on le mesure avec un luxmètre qui est un appareil muni d'une cellule photoélectrique qui convertit l'énergie lumineuse en signal électrique, qui est ensuite amplifié et offre une lecture facile sur une échelle étalonnée de lux. Le luxmètre permet de vérifier au plan de travail le niveau d'éclairement, et également de déterminer l'éclairement moyen général dans le local, qui correspond à la moyenne des éclairements relevés en un certain nombre de points significatifs du local.
- e) Luminancemètre : c'est un appareil de mesure utilisé en photométrie pour mesurer la luminance d'une surface. En éclairage pour la prise de vues photographique, cinéma ou vidéo, on l'appelle communément spotmètre.

I.7 Le confort visuel

I.7.1 Définition

C'est une sensation liée à une perception nette et claire de l'entourage et sans fatigue occasionnée par une ambiance lumineuse. (Bodart, 2002), il est lié à la vue et caractérisé par des grandeurs physiques tels que la luminance, le contraste, l'éclairement...

Si le soleil est la source mère de tout type de lumière naturelle, techniquement l'éclairage naturel global provient du soleil, la voûte céleste et les réflexions (MUDRI, AL., 2002).

Lié à la capacité de l'homme à voir, le confort visuel se traduit par l'ensemble des systèmes mis en place pour tirer profit de la lumière naturelle, et par les différents systèmes d'éclairage artificiel qui répondent aux attentes des usagers.

La visibilité nette des objets et sans fatigue procure une sensation de confort et de sécurité pour l'observateur. Une autre interprétation du confort visuel est la réception claire du message de l'environnement virtuel (Bodart, 2002)

I.7.2 Les facteurs qui influencent l'efficacité et le confort visuel

La sensation du confort visuel dépend entre temps de l'âge et l'équité visuelle de l'individu, ainsi que l'objet à percevoir. Des facteurs influencent sur le niveau du confort qui contribue à la bonne visibilité des objets perçus et la bonne exécution des tâches sans fatigue, à savoir :

- L'éclairement
- L'équilibre des luminances, on opte pour centraliser la lumière et la réduire dans la périphérie des espaces à éclairer.
- L'absence de l'éblouissement qui est considéré comme un risque sur la sécurité et l'efficacité de la perception.
- La capacité visuelle de l'opérateur à localiser les objets dans le champ visuel et distinguer les différences de nuances entre les objets.
- L'acuité visuelle : percevoir d'une manière distincte deux objets rapprochés. L'acuité visuelle est grande lorsque l'objet distingué est plus petit, elle est influencée par le niveau d'éclairement et le contraste objet/fond, la netteté du détail et la durée d'exposition.
- L'âge : l'acuité visuelle baisse d'environ 25% entre 20 ans et 60 ans chez les personnes, le niveau d'éclairement et le contraste doivent être plus élevés, et la durée d'exposition plus longue.

I.7.3 Les paramètres du confort visuel

Le confort ressenti dépend de l'état de l'environnement et celui de l'utilisateur qui sont caractérisés par des paramètres physiques.

I.7.3.1 L'éclairage

Pour bien percevoir les détails d'un objet, il est nécessaire d'avoir un éclairage suffisant pour pouvoir exécuter la tâche visuelle sans fournir des efforts. Ce paramètre permet de qualifier une ambiance lumineuse qui correspond à la tâche visuelle à effectuer. Des recommandations internationales ont été mises en place pour les niveaux d'éclairage adéquats concernant certaines activités professionnelles ou personnelles. Des caractéristiques de chaque activité dépendent les conditions d'éclairage pour une vision optimale. Il est également possible de définir les modalités d'éclairage qui faciliteront l'exécution d'une tâche donnée.

I.7.3.2 L'éblouissement

C'est un paramètre d'inconfort, il est dû à une luminance relativement basse ou une tâche de luminance plus au moins importante relative à une source lumineuse ou à la réflexion spéculaire sur une surface lisse. De Herde dit que « *L'éblouissement résulte de conditions de vision dans lesquelles l'individu est moins apte à percevoir les objets, suite à des luminances ou à des contrastes de luminance excessif dans l'espace et dans le temps* ». (De Herde, Reiter, 2001). Dans la conception architecturale, l'éblouissement par adaptation est le plus fréquent. Il se produit quand l'œil doit s'adapter sans cesse à un champ de luminance très hétérogène, avec des extrêmes qui ne sont pas visualisables.

I.7.3.3 Le rendu de la lumière

Ce paramètre concerne le rendu des couleurs de la lumière qui est lié à la température de couleur et l'indice de rendu des couleurs. Ce dernier correspond à la capacité d'une source lumineuse de reproduire les couleurs naturelles des objets observés, si cet indice est proche de 100, les couleurs perçues sont proches du naturel. Et pour la température de couleur, elle caractérise la répartition énergétique du rayonnement des longueurs d'onde constituant le spectre d'émission de la source lumineuse, cette température est variable dans le temps. « *La couleur naît de la lumière, sans elle tout est noir, insondable...* ». (Yves Bonnefoy, Dessin, couleur et lumière, Mercure de France, 1995)

La lumière blanche se décompose en une série de bandes colorées, ce qu'on appelle le spectre de lumière solaire, qui affirme la pluralité de couleur que constitue la lumière blanche. La couleur de lumière la plus convenable dépend essentiellement du climat, type de local, la

couleur des murs et le niveau d'éclairage. Les couleurs chaudes sont préférables dans les climats froids, et vis-versa. (De Herde, Reiter, 2001)

I.7.3.4 La sensibilité au contraste :

Le contraste correspond à l'opposition des couleurs. La sensibilité au contraste est la capacité de distinguer des différences de luminance, dans un environnement à faible éclairage, les contrastes peuvent être impossibles à distinguer. La présence de deux niveaux de luminance très différents est une source d'inconfort et diminue d'acuité visuelle.

La figure suivante montre l'effet de l'environnement sur la perception des couleurs :



Figure (I-15) : Exemple de contraste de luminosité

Source : Yan Bilik. Dans éclairage public, 2012

I.7.4 Les conditions qui contribuent au confort visuel

Le confort visuel n'est pas atteint avec uniquement une bonne visibilité, d'autres paramètres contribuent pour l'obtenir, tout comme l'uniformité de l'éclairage et l'équilibre des luminances.

La couleur de la lumière doit également être adaptée au niveau d'éclairage souhaité, Kruthof dessine un diagramme dans lequel il définit la zone du confort qui se situe entre une zone à ambiance peu éclairée et une autre fortement éclairée obtenu avec une combinaison de valeurs recommandées de température de couleur en fonction de l'éclairage. (Voir la figure I-16)

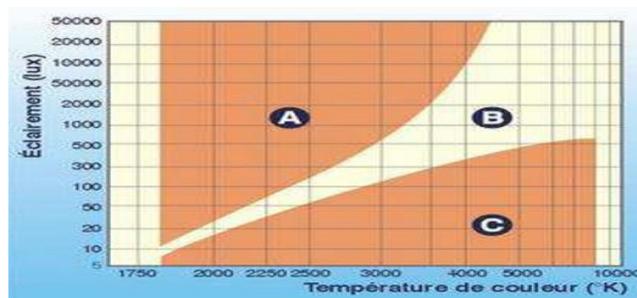


Figure (I-16) : diagramme de Kruthof

Source : [architecture et climat]

Le diagramme de KRUTHOF montre que dans une ambiance peu éclairée (zone A), le confort est associé à une lumière chaude (associée à une couleur chaude favorisant la relaxation), alors que dans une ambiance fortement éclairée (zone C), le confort est associé à

une lumière trop froide (associée à une couleur froide choisit pour rehausser la concentration lors de divers tâches). La zone du confort est celle entre les deux première (zone B).

I.8 Conclusion

Nous avons introduit dans la première partie les notions de base du confort en architecture, son importance et ses effets sur l'homme, comment le mesurer vis-à-vis du bâtiment et sa mesure liée à l'utilisateur. Le confort est un critère très important pour les attentes des usagers de l'espace architectural comme l'ont montré les études citées précédemment.

Dans ce chapitre, nous avons abordé les types de confort : thermique, visuel, acoustique et la qualité de l'air, pour lesquels nous avons donné des définitions brèves sans trop s'étaler.

Par la suite, nous nous sommes focalisés sur le confort visuel sous les effets de l'éclairage naturel, dans lequel nous avons défini l'éclairage naturel et avancé quelques notions de base et les recommandations relatives à l'éclairage du bâtiment. Ensuite, nous allons aborder la notion du confort visuel sous la lumière naturelle et son importance sur la physiologie et la psychologie de l'homme.

De nombreuses études, à citer ultérieurement, démontrent que La lumière du jour a un effet positif sur notre bien-être physique et mental. Elle peut influencer positivement sur la capacité de concentration, l'efficacité des performances et la capacité d'apprentissage des étudiants, ce que nous allons traiter dans le chapitre suivant.

CHAPITRE II

**La lumière naturelle et les Ambiances
lumineuses : Critère du confort visuel dans les salles
de classes**

II.1 Introduction

La lumière a toujours été un élément essentiel dans la conception architecturale, elle contribue à la formalisation de à la naissance du projet. Pour le Corbusier, la lumière est considérée comme « un jeu savant est le jeu savant, correct et magnifique des volumes assemblés sous la lumière » (Le Corbusier, 1923). Elle met en valeur la forme, la couleur et les matériaux. Elle est considérée comme un « matériau » que l'homme utilise de plusieurs manières. (Gallas, 2013, p09). En vue de profiter d'une lumière naturelle optimale, les architectes et les bâtisseurs ont cherché et tenté de trouver des solutions aux exigences liées à la maîtrise et le contrôle de la lumière naturelle.

Les ambiances lumineuses consistent en une des composantes du projet architectural, leur conception peut être examinée par cette triade. La dimension d'usage renvoie à une considération de l'espace comme lieu habité ce qui évoque le besoin de la fonctionnalité et le confort. (Chaabouni, 2011, p28)

L'environnement visuel doit permettre une bonne visibilité des objets, d'une manière claire et sans fatigue dans une bonne ambiance lumineuse, confortable et agréable. Dans ce chapitre, nous allons aborder la notion de la lumière naturelle, les ambiances lumineuses dans les espaces architecturaux intérieurs, et la notion du confort visuel dans les espaces éducatifs, dans les salles de classe plus précisément.

II.2 Les ambiances lumineuses en architecture

II.2.1 Le rôle d'une ambiance lumineuse

La lumière influe sur l'être humain du point de vue physiologique et psychologique, elle révèle des sensations qui permettent de connaître l'entourage. L'effet psychologique de la lumière naturelle se considère comme un facteur essentiel du bien-être. (Chemsazemmouri, 2009)

L'ambiance lumineuse est définie comme la lumière qu'affecte un environnement lumineux sur les usagers de l'espace. Elle est constituée de trois (03) dimensions : lumière, l'objet architectural, et l'usager. Narboni la définit comme étant « le résultat d'une interaction entre une ou des lumières, un individu, un espace et un usage ». (Narboni, 2006, cité dans Chaaboun, 2011, p26)

Les ambiances lumineuses constituent un élément déterminant dans la qualité architecturale des espaces éclairés, elle influence le plus le résultat architectural. Luis Kahn avance que « aucun espace, architecturalement, n'est un espace s'il n'a pas de la lumière naturelle » cité par (Chaabouni, 2011)

Millet considère la lumière naturelle comme un « agent matériel », elle révèle la matière, la forme, elle unifie l'espace et le décompose comme un outil de composition. (Chaabouni, 2011)

II.2.2 Type des ambiances lumineuses

On distingue trois catégories fondamentales d'ambiance lumineuses qui sont réparties selon le degré de luminosité d'un espace. (Daiche. S, 2011)

II.2.2.1 La pénombre

Représente le rapport entre la lumière et l'ombre qui la transperce par endroits. La pénombre en architecture s'est penchée sur le côté esthétique (séduction) que par la prestation technologique et environnementale. (Daiche. S, 2011)

II.2.2.2 L'ambiance luminescente

D'après DE HERDE, l'ambiance luminescente ou autrement appelée la clarté ambiante, elle concerne une lumière omniprésente qui tend à disparaître parce qu'elle est partout. (DE HERDE, 2004) cité par (Daiche.S, 2011)

II.2.2.3 L'ambiance inondée

DE HERDE la définit comme étant une « *exaltation de la lumière qui embrase tout l'espace, trop plein de lumière envahissante et parfois écrasante* » (Reiter, De Herde) cité par (Daiche.S, 2011)

II.2.3 Les caractéristiques des ambiances lumineuses

Une ambiance lumineuse renvoie à des phénomènes physiques (propagation d'une onde, réflexion de/absorption de la lumière par la matière...), ainsi qu'à des phénomènes socio-humains (capacités oculaires, besoin de lumière lié aux usages...), et à des phénomènes sensibles et esthétiques (les émotions ressenties dans un espace par exemple).

On caractérise une ambiance lumineuse vue comme le résultat d'une interaction entre un individu, un usage connu ou supposé, une lumière et un espace, on parle d'une ambiance « représentée » lorsque les interactions sont réunies :

- Lumière/usage : concerne la qualité et la quantité de la lumière
- Lumière/espace : concerne les effets de la lumière
- Espace/usage : concerne les dispositifs lumineux, les configurations formelles et spatiales.

La caractérisation de l'ambiance lumineuse permet la classification des images du projet qui seront traitées ultérieurement à l'aide de logiciels d'assistance à la conception des ambiances lumineuses. (CHAABOUNI et Al.'07) cité dans (Chaabouni, 2011)

II.2.4 Les paramètres de l'ambiance lumineuse

L'ambiance lumineuse est en fonction de deux paramètres qui sont interdépendants, si l'un des deux est défavorable par rapport à l'autre, l'ambiance lumineuse ne sera pas suffisante et agréable. (Arene, 2014). Ces paramètres sont :

- La qualité de la lumière nécessaire pour effectuer les tâches quotidiennes dans un environnement lumineux adéquat et confortable
- La qualité de l'ambiance qui se caractérise par le confort et l'agrément, et qui est liée à un autre facteur mis à part la lumière

D'autres paramètres sont définis dans la norme EN 12464-1 (EN 12464-1, 2011), qui concernent la lumière naturelle et artificielle :

- La distribution des luminances.
- l'éclairement et l'éblouissement
- La direction de la lumière et l'éclairage de l'espace extérieur.
- Niveau et couleur de la lumière
- Le rendu des couleurs et la couleur apparente de la lumière.

II.3 Les ambiances lumineuses dans la conception architecturale

La prise en compte de l'ambiance lumineuse dans toutes les étapes de construction architecturale permet une attraction entre la lumière et le bâtiment. (Chaabouni, 2011, P41). L'orientation du bâtiment, les ouvertures, la taille, la forme et l'emplacement d'une pièce par rapport au bâtiment, peuvent influencer la conception du projet d'après CHAABOUNI.S. Les décisions prises concernant la lumière naturelle dépendent des ambiances lumineuses recherchées. Luis Kahn avance que : « *la lumière d'une pièce carrée n'est pas celle d'une pièce ronde, si vous donnez à une pièce carrée la lumière d'une pièce rectangle, elle cesse d'être carrée* » cité par (Chaabouni.S, 2011, p 41)

La lumière accompagne le concepteur durant tout le processus de conception : de la structuration à l'élaboration du projet. (Chaabouni, 2011, p41)

II.4 Le confort visuel dans les salles d'enseignement

II.4.1 Définitions

II.4.1.1 Enseignement

L'enseignement est l'action de transmettre des connaissances nouvelles ou savoirs à des apprenants, et encore du savoir-faire nécessaire pour augmenter l'employabilité des nouveaux diplômés. C'est «*La mise à disposition de l'étudiant d'occasions où il puisse apprendre. C'est un processus interactif et une activité intellectuelle. Les buts, peuvent être*

des gains dans les connaissances, un approfondissement dans la compréhension, le développement des compétences en la résolution des problèmes ou encore des changements dans les perceptions, les attitudes, les valeurs et le comportement.» (Brown, 1988), cité par (Mboup, 2003).

II.4.1.2 Salle de classe

C'est un espace où se déroule l'enseignement, c'est l'unité de base des blocs éducatifs qui méritent une meilleure réflexion lors de la conception vu qu'elle est l'espace de travail des étudiants et l'élément porteur le plus important dans les locaux d'enseignement.

La conception d'une salle de classe ne doit pas être considérée comme un espace rectangle aménagé, mais une interaction de plusieurs facteurs d'une ambiance.

La forme la plus rationnelle est le carré ou proche du carré, et d'une taille qui dépend des paramètres multiples. L'environnement de la salle doit être conçu attentivement, car il influence sur le bien-être des étudiants qui impactera leurs performances intellectuelles et le rendu en classe.

II.4.2 Importance de l'éclairage naturel sur les espaces éducatifs dans le monde

Le besoin d'éclairer naturellement les espaces éducatifs est très recherché dans les pays développés pour les bienfaits physiologiques et psychologiques de la lumière naturelle.

Les premières écoles à éclairer bilatéralement ont été construites en Angleterre dans les années vingt. (Ben Chikh, 2003) Dans les écoles construites en 20^{ième} siècle, l'éclairage naturel est caractérisé par des ouvertures latérales à haute allège, ce qui empêche élèves d'avoir une vue complète sur l'extérieur. (Minier, 2001)

Les écoles des années trente sont caractérisées par des formes légères à mauvaise isolation et surface vitrées importantes qui génèrent des problèmes d'éblouissement gênants. (Backer et Al., 1993)

Plus tard, les architectes californiens travaillaient pour résoudre ces problèmes en se basant sur des principes tels que l'orientation des classes, la protection contre la lumière directe du côté sud. (Ben Chikh, 2007)

II.4.3 Les éléments du confort visuel dans salle de cours, atelier de dessin

Un environnement visuel confortable, favorable à l'exécution d'une tâche visuelle sera obtenu par:

- Un niveau d'éclairage suffisant.
- Une répartition harmonieuse de la lumière.
- L'absence d'éblouissement.

- L'absence d'ombre gênante.
- Un rendu de couleur correct.
- Une teinte de lumière agréable.

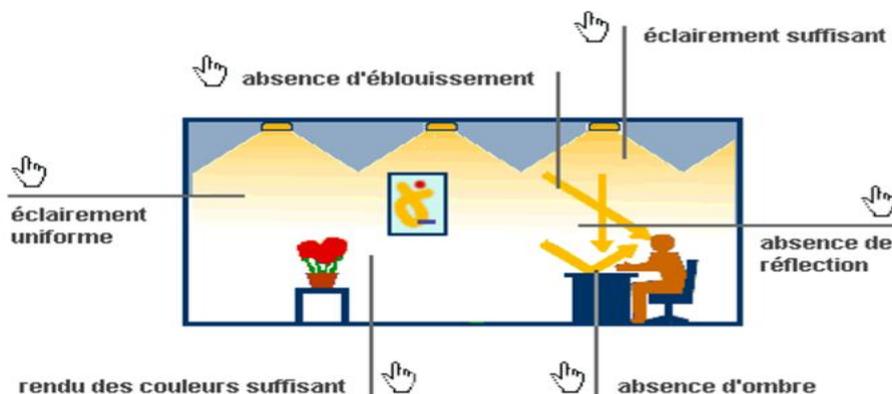


Figure (II-01) : condition d'obtention du confort visuel dans une salle de cour

Source : A.D.E &al. [www-energie.arch.ucl.ac.be]

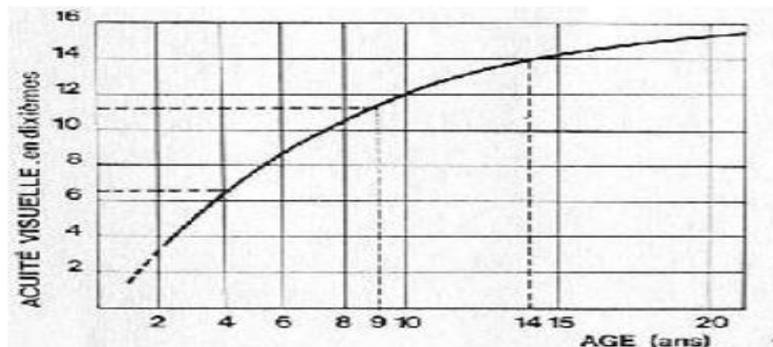
II.4.4 Le niveau de l'éclairage lumineux

Les salles de classe doivent bénéficier d'un niveau d'éclairage lumineux adéquat pour l'exécution des tâches visuelles qui s'y accomplissent. Selon l'Association Française de l'éclairage, le choix de la valeur d'éclairage dans une salle de cours dépend de facteur humain tel que l'âge des occupants et les anomalies de vision, de facteur d'ambiance comme la couleur des parois du local et du mobilier. (Association Française de l'Eclairage, 1987, P26).

II.4.4.1 Le facteur âge

Il faut savoir que les capacités visuelles de l'homme évoluent: elles sont optimales vers 20 ans et se dégradent ensuite lentement, ce qui réduit la perception des détails, notre sensibilité aux contrastes, la discrimination des couleurs et la vitesse d'adaptation et traitement des sensations visuelle.

D'autre part, la diffusion de la lumière dans l'œil augmente avec l'âge, altérant ainsi la visibilité des objets. Quant à l'acuité visuelle, qui est un paramètre important de la vision en milieu scolaire, elle croit en moyenne avec l'âge. (Taylor D, 2005)



Graphique (II-01) : variation de l'acuité en fonction de l'âge

Source: (Taylor D, 2005)

La performance visuelle chez l'homme diminue au fur et à mesure que la difficulté de la tâche visuelle augmente, et cette dernière croît avec l'âge, la durée de travail aussi influe fortement sur la performance visuelle qui, pour un niveau de lumière constant et un travail de même nature, avec l'accroissement de la durée de ce travail

II.4.4.2 Facteur d'ambiance

a. couleur des parois internes :

Règle générale, soit en éclairage direct ou indirect, il est préférable de favoriser les parois de couleur claire et mate, pour bien diffuser la lumière sans former de reflets brillants et à éviter un fort contraste avec les prises de jour et les luminaires. (Association Française de l'Eclairage. Recommandations relatives à l'éclairage des locaux scolaires. Paris: LUX. 1987, p 25)

b. Couleur des plans de travail

La clarté des table de travail constitue un élément favorable au confort visuel dans les salles de cours, car la réduction du contraste entre le support papier et la table diminue les efforts de l'œil à chacun de ses déplacements. de plus, il est conseillé d'utiliser des revêtements mate pour les plan de travail et les tableaux de manière à limiter les luminances excessives et les risque d'éblouissement indirect par la réflexion.

II.4.5 L'uniformité de l'éclairage

Si le niveau d'éclairement 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, ce qui entraîne des fatigues inutiles. Pour l'éviter, il faut donc respecter homogénéité dans les conditions d'éclairage.

II.4.5.1 L'uniformité de l'éclairage

L'uniformité des niveaux d'éclairage (exprimée par l'indice d'uniformité Lu) est définie comme étant le rapport entre l'éclairage minimum (E_{min}) et l'éclairage moyen (E moyen observé dans la zone de travail : $Lu = E_{min}/E_{moy}$)

Un éclairage uniforme dans une salle de cours est nécessaire pour éviter la fatigue visuelle et garantir un éclairage uniforme quelque soit l'endroit où se trouve l'élève, pour cela il faut éviter les zones d'ombre trop importantes dans le local, sur le plan de travail. De plus une certaine uniformité de couleur entre l'environnement et la tâche visuelle est préférable entre support papier et plan de travail, et entre le plan de travail et les murs.

II.4.5.2 Uniformité de la luminance :

Elle dépend de la répartition des sources lumineuses et de réflexion des parois qui sont élevées et uniformément réparties (couleurs uniformes). Il est très important, du point de vue adaptation, de garder les rapports de luminance entre les différentes zones du champ visuel dans les proportions limitées (effet statique) de même, entre les différentes zones susceptible d'être fixées successivement.

II.4.6 L'éblouissement

Selon la définition de l'Association Française de l'Eclairage (AFE), l'éblouissement correspond aux conditions de vision dans lesquelles on ressent une gêne ou une diminution de la capacité de distinguer des détails causées par une répartition défavorable des luminances ou d'un contraste excessif, C'est-à-dire le passage rapide d'un lieu obscur à un endroit fortement éclairé ou bien la perception d'une source lumineuse particulièrement intense sur un fond sombre.

II.4.6.1 Type d'éblouissement

- Eblouissement direct :

L'éblouissement direct est aussi appelé incapacitant du fait qu'il ne permet pratiquement aucune vision, il est causé par la présence d'une source lumineuse intense au centre du champ de vision. Lorsque l'angle formé par l'horizontale et la droite qui relie l'œil à la source lumineuse augmente, la sensation d'éblouissement diminue. (M.CHEMSA ZEMMOURI, 2009)

L'éblouissement est l'effet de conditions de vision dans lesquelles l'individu n'est pas capable de percevoir les objets, pouvant aller jusqu'à un aveuglement temporaire, Il place l'individu dans des situations de grand inconfort visuel (Magali, B. Arnaud, D., 2002).

- L'éblouissement indirect :

Il est également appelé l'éblouissement gênant ou perturbateur. L'éblouissement indirect provient d'une réflexion perturbatrice dû à la pénétration de rayons directes. Il se présente sous deux formes : l'éblouissement par réflexion et l'éblouissement par l'effet de voile.

- l'éblouissement réfléchi est produit par la réflexion, sur des surfaces brillantes ou spéculaires, de l'image d'une source de lumière vers l'œil de l'observateur.
- l'éblouissement de voile apparaît lorsque des petites surfaces de la tâche visuelle réfléchissent la lumière provenant d'une source lumineuse et réduisent ainsi le contraste entre la tâche visuelle et son environnement immédiat. (M.CHEMSA ZEMMOURI, 2009)

II.4.7 Ombres portés

En fonction de sa direction de la lumière, cette dernière peut provoquer l'apparition d'ombres, qui risquent de perturber l'exécution des tâches visuelles. Ce risque survient dans deux cas :

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

La présence d'ombres sur le plan de travail en classe, perturbe la lecture et l'écriture et risque de conduire à une mauvaise position de travail. DE HERDE avance que : « *une pénétration latérale de la lumière naturelle satisfait généralement la perception tridimensionnelle du relief des objets et de leur couleur, grâce à sa direction alité et à sa composition spectrale* » Afin de réduire les risques d'ombre gênante dans les salles de cours disposant d'un système d'éclairage unilatéral. HERDE, André et al. " Le confort visuel", Université Catholique de Louvain La Neuve. Belgique [En Ligne] www-energie.arch.ucl.ac.be (Page consultée le 25 mars 2005 p 3).

II.4.8 Rendu de couleur

Toute source lumineuse, qu'elle soit naturelle ou artificielle présente un spectre lumineux qui lui est particulier. Visible de forme continue, le mélange des diverses radiations qui constituent ce spectre forme par définition la lumière dite (blanche), c'est la seule qui permet à l'œil d'apprécier la couleur des objets et les plus délicates de leurs nuances. Le système visuel. Regroupe ces différentes radiations réfléchies et donne une sensation de

couleur. la couleur ainsi perçue est donc intimement dépendante du spectre lumineux émis, c'est-à-dire de (l'indice de rendu de couleur).

II.4.9 Teinte de la lumière :

Les radiations colorées émises par les objets peuvent produire certains effets psychophysiologiques sur le système nerveux, c'est ainsi que les couleurs de grandes longueurs d'onde (rouge, orange) ont un effet stimulant, tandis que celle de courtes longueurs d'onde (bleu, violet) ont un effet calmant. Et les couleurs intermédiaires (jaune et vert) ont de même que le blanc un effet tonique et favorable à la concentration. Elles sont donc très recommandées dans les salles de cours. Par contre, les couleurs foncées et la gris ont une action déprimante, ces différentes teintes de lumière sont désignées par un facteur dit (température de couleur), elle est exprimée en degré KALVIN et permet de classer les lampes en :

- blanc teinte chaude lorsque $T_c < 3300^\circ \text{K}$.
- blanc intermédiaire lorsque la teinte $T_c < 3300^\circ$ et 5000K .
- blanc teinte froide $T_c > 5000^\circ \text{K}$.

En sachant que la lumière naturelle est caractérisée par une température de couleur égale à 5000°K . (M.CHEMSA ZEMMOURI, 2009)

II.5 Les niveaux d'éclairage requis dans les salles de classe

Les besoins d'éclairage, ils varient selon l'âge de la personne et le type d'activité à effectuer. Par exemple, une personne de moins de 35 ans a besoin de 20% moins d'éclairage par rapport à une personne de 35 à 55 ans, et 33% moins par rapport à une personne de 55 ans (Serra et Coch, 2005).

Les recommandations et normes prévoient des valeurs plus élevées selon le type d'activité à développer. Par exemple, pour les salles de classe les valeurs recommandées varient d'entre 300 à 500 lux.

- Eclairage horizontal doit être d'au moins 500 lux, Le facteur d'uniformité, rapport de l'éclairage minimal à l'éclairage moyen, doit être supérieur à 0,8.

- L'éclairage verticale doit être d'au moins de 600 lux, Le rapport de l'éclairage minimal à l'éclairage maximal doit être supérieur à 0,5.

II.6 Les nuisances visuelles dans les salles de classe

Les nuisances visuelles correspondent à un état d'inconfort visuel ou une sorte de perturbation de la perception.

Selon B. Denoeud (Denoeud, B., 2003), un éclairage lumineux insuffisant cause une dispersion élevée des résultats obtenus par l'ensemble d'une population, représentée dans les salles de classe par les étudiants, dispersion d'autant plus élevée que les détails sont fins et l'éclairage faible. La réflexion parasite des luminaires sur le tableau est tout aussi perturbante que l'éblouissement direct: elle produit une tension oculaire, génératrice de fatigue et de stress. La présence de reflets peut rendre impossible la lecture de certaines parties d'un message écrit.

II.7 Les effets d'orientation des façades par rapport au soleil

II.7.1 Définition de l'orientation

L'orientation d'un bâtiment correspond à la direction vers laquelle sont tournées les façades, autrement dit, la direction perpendiculaire à l'axe des blocs. (GIVONI, 1978) cité par Labreche Samia dans son mémoire de magister en architecture (LABRECHE, 2013)

Givoni(1976) a mis le point sur l'influence de l'orientation sur les ambiances intérieures, il a pris en compte deux facteurs, le rayonnement solaire et le vent qui ont un effet sur la thermique du bâtiment.

Dans notre présente étude, nous nous sommes concentré sur le rayonnement solaire.

II.7.2 Les effets d'orientation des façades sur le rayonnement solaire

La quantité du rayonnement solaire directe dépend fortement de l'orientation.

II.7.2.1 Parois verticales

Ce sont les parois qui font un angle égal ou supérieur à 60° avec le plan horizontal

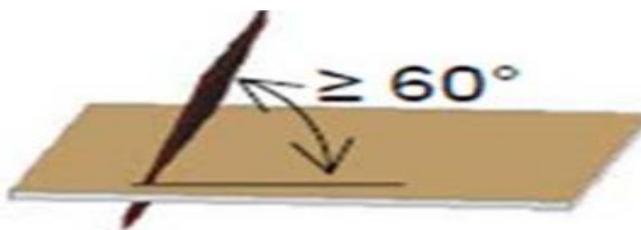


Figure (II-02) : paroi verticale

(Source : DGUHC/QC2, 2004)

▪ Orientation nord

Les espaces orientés vers le Nord bénéficient toute l'année d'une lumière égale et du rayonnement solaire diffus ;

Pendant l'été, ils peuvent souffrir d'un rayonnement direct au petit matin et en soirée car le soleil est bas et ses rayons provoquent un éblouissement difficile à contrôler.

▪ Orientation est

- Les espaces orientés vers l'Est bénéficient du soleil le matin ;
- La maîtrise de la lumière naturelle est difficile car les rayons sont bas sur l'horizon ;
- L'exposition solaire y est faible en hiver mais, en été, elle est supérieure à l'orientation Sud.

▪ Orientation ouest

La situation la plus difficile, car le soleil donne en fin de journée sur une façade surchauffée, à un moment où la température est élevée. Le soleil est dans un plan perpendiculaire à la façade lorsque sa hauteur est d'environ 30° ;

- Les espaces orientés vers l'ouest peuvent présenter un problème d'inconfort visuel par éblouissement et surexposition en été ;

- L'exposition Ouest cumule la chaleur de matinée et l'exposition directe au soleil l'après-midi en été. En ajoutant les températures déjà élevées en fin de journée, le contrôle des surchauffes devient difficile.

▪ Orientation sud

Les espaces orientés vers le sud bénéficient d'une lumière plus facile à contrôler ; et d'un ensoleillement maximal en hiver (soleil bas pénètre profondément dans le bâtiment) et minimal en été (la hauteur solaire étant importante et la pénétration du soleil est moins profonde lorsque ses apports énergétiques sont importants)

Toute forme allongée selon l'axe Est/Ouest présente les meilleures performances thermiques (Mazouz, 2008). Donc, les façades en longueur seront celles du Sud et du Nord

II.7.2.2 Parois horizontales

Toutes parois formant un angle inférieur à 60° avec un plan horizontal vu de l'intérieur.

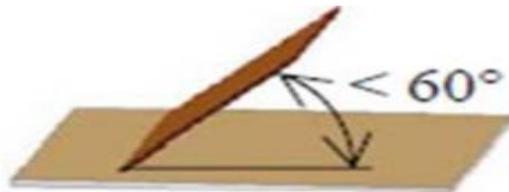


Figure (II-03) : paroi horizontale
(Source : DGUHC/QC2, 2004)

Dans le bâtiment, les parois horizontales sont les plus exposées aux éléments climatiques, elles reçoivent le rayonnement le plus intense en été. Entre novembre et janvier, elles reçoivent moins que les parois orientées sud, sud-est et sud-ouest puisque les rayons solaires sont bas dans le ciel. (GIVONI, 1978) cité par LEBRECHE dans son magister en architecture (LEBRECHE, 2013)

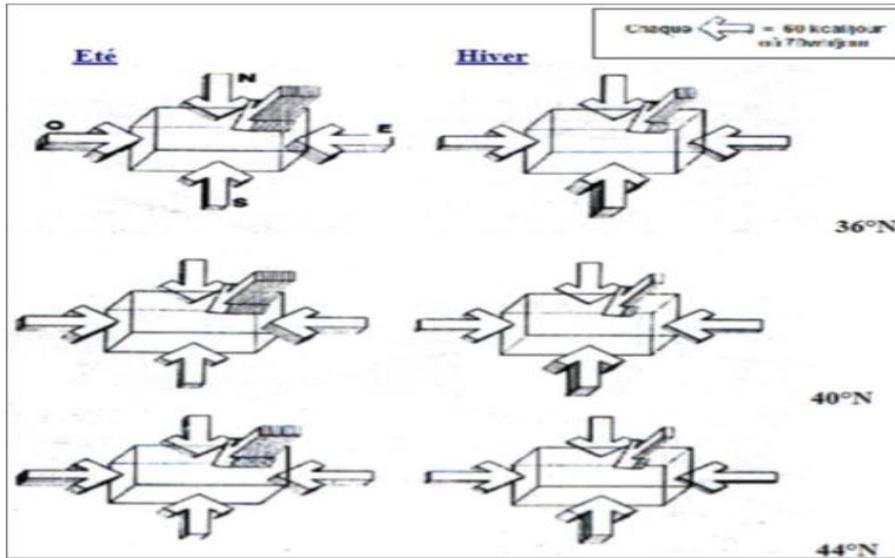


Figure (II-04) : Intensité du rayonnement solaire sous différentes latitudes

Source : (Mazria, 1980) cité par S.LABRECHE, 2013

II.7.2.3 Couleur et matériaux

D’après l’étude de GIVONI, l’impact de la couleur sur les températures de surface, où la couleur claire est meilleure quelle que soit l’orientation. Par contre pour une couleur grise, on remarque une différence de températures suivant l’orientation.

Une différence de 23° dans les surfaces peintes en gris sous diverses orientations, tandis que pour les murs peints en blanc la différence était inférieure de l’ordre de 3°. (GIVONI, B., 1978) trouvé dans (Denis, J. Thierry, C. Olivier, R., 2013).

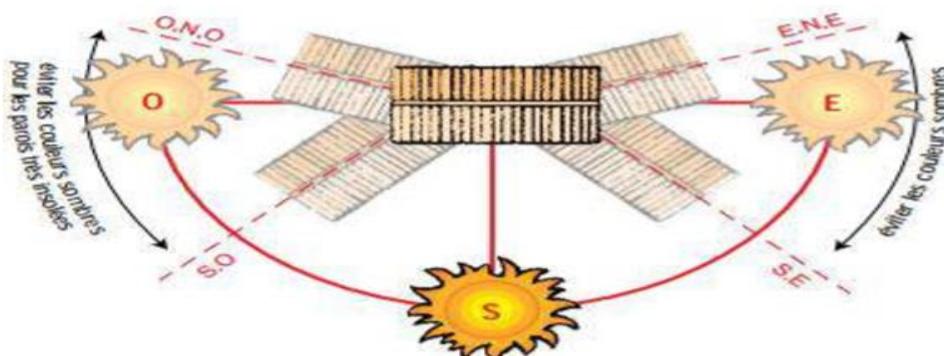


Figure (II-05) : L’orientation et la couleur.

Source: Denis, J. Thierry, C. Olivier, R., 2013.

II.7.3 Les effets de l'orientation sur les conditions d'ensoleillement

Le rayonnement lumineux est diffusé dans toutes les directions sous les conditions d'un ciel couvert, ce qui permet aux ouvertures verticales de capter une lumière naturelle similaire et indépendamment de leur orientation. Par contre, lorsque le ciel est clair, l'orientation de l'ouverture influence directement la quantité de lumière captée : grâce à une ouverture latérale orientée Sud, le local bénéficie d'une lumière naturelle plus facile à contrôler et d'un ensoleillement maximal en hiver et en mi-saison.

En été, les apports solaires sur cette surface sont nettement inférieurs à l'Est ou à l'Ouest, car ils sont diminués par un facteur égal au cosinus d'angle d'incidence. (DE HERDE. ANDRE ET AL. www-energie.arch.ucl.ac.be)

Par contre, les locaux éclairés par des ouvertures orientées au Nord bénéficient toute l'année d'une lumière uniforme et du rayonnement solaire diffus. Pendant l'été, ils peuvent être exposés à l'éblouissement, difficile à contrôler car le soleil est bas au coucher et au lever. Toutefois, il est préférable de placer des ouvertures vers le nord lorsque le local nécessite une lumière homogène, peu variable ou diffuse, ce qui est préférable pour certaines activités comme un atelier de dessin, par exemple.

Sinon, quand les locaux sont éclairés par des ouvertures orientées vers l'Est, ils profitent du soleil le matin mais le rayonnement solaire est alors difficile à maîtriser en été car les rayons sont bas sur l'horizon. Dans ce cas précis, l'exposition solaire y est faible en hiver mais elle permet d'apporter des gains solaires au moment où le bâtiment en a le plus besoin. Par contre, en été, l'orientation Est présente une exposition solaire supérieure à l'orientation Sud, ce qui est peu intéressant.

II.7.4 Les effets de l'orientation sur les salles de classe

L'orientation des espaces éducatifs se fait en fonction du rayonnement solaire et la ventilation.

Les classes orientées à l'est sont exposées à un rayonnement solaire difficile à maîtriser dans la période matinale car les rayons solaires sont bas sur l'horizon. Une orientation ouest constitue un véritable risque d'éblouissement et provoque une surchauffe. Par contre les classes orientées vers le sud bénéficient d'une lumière naturelle contrôlable.

Journal Officiel du Grand-duché de Luxembourg l'orientation des locaux scolaires doit être choisie en fonction de certains critères (Journal Officiel du Grand-duché de Luxembourg, 1990),

- de l'exploitation optimale de l'éclairage naturel,

- de la prévention des apports excessifs de chaleur et de lumière aveuglante,
- des types d'activités scolaires prévus

Dr COLIN de Breslau dans ses recherches affirme que l'orientation sud est plus favorable pour les activités des élèves dans les salles de classe que l'orientation nord. Il a souligné qu'un nombre d'élèves ne peuvent pas lire sur le tableau dans une classe orientée nord. (J.G. Hodgins, 1857)

II.8 La protection solaire

II.8.1 Définition

L'ensemble des paramètres et dispositifs qui ont pour objet de contrôler les apports solaires, Les dispositifs de protection solaire, Les dispositifs de protection solaire permettent la réduction des surchauffes et les risques d'éblouissement, notamment par affectation de la quantité du rayonnement incident, modification et contrôle des températures intérieures.

Ils varient au niveau de la forme, des matériaux et d'utilisation. Leurs formes et utilisations varient aussi selon le climat dominant, l'orientation des façades, les matériaux utilisés, l'architecte concepteur et le particularisme de la société (Alkhouli, 2006).

II.8.2 La fonctionnalité des dispositifs de protection solaire

- Contrôler l'environnement visuel (couleur, lumière, contraste, vues vers l'extérieur) et limiter essentiellement l'éblouissement ;
- Contrôler la pénétration du rayonnement solaire direct, souvent indésirable dans les espaces intérieurs, ayant des impacts sur le confort visuel et la température intérieur
- Assurer l'intimité des occupants ou occulter un espace ;
- Augmenter le pouvoir isolant des parois vitrées;
- Assurer la protection physique pour les vitrages ;
- Eviter la décoloration de certains matériaux ;
- Participer à l'expression esthétique des façades du bâtiment.

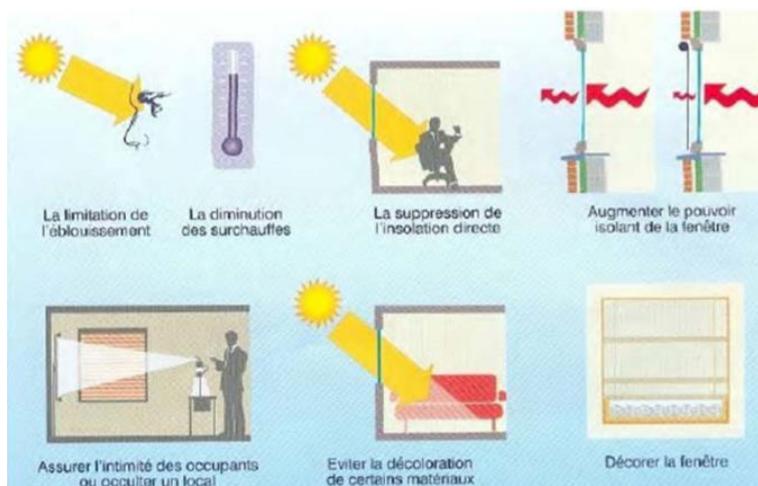


Figure (II-06) : fonctions des protections solaires

Source : (Liébard, 2004 cité par Labreche, 2013)

II.9 Conclusion

Des études et recherches, locales et étrangères, ont été faites sur l'utilisation de la lumière naturelle dans le bâtiment. Ces recherches ont confirmé que la présence de cette dernière est indispensable dans les lieux de vie, de travail, et en particulier dans les espaces éducatifs. Dans ce chapitre, nous avons constaté, que la qualité de l'environnement à l'intérieur des établissements scolaires doit être conçue d'une manière à soutenir les différents besoins de l'étudiant pour augmenter ses performances éducatives. Le confort visuel est l'une des caractéristiques qui contribuent à la création d'un environnement propice à l'éducation.

CHAPITRE III

Le processus méthodologique

III.1 Introduction

L'étude du confort visuel dans les salles du bloc d'architecture implique le recours à une évaluation subjective qui prend en compte la perception et la sensation des occupants de cet environnement, et une évaluation objective qui correspond aux mesures des paramètres physiques de la lumière naturelle.

Afin de répondre à la problématique posée, et en vue de confirmer ou affirmer les hypothèses avancées dans le chapitre introductif, via ce chapitre, nous allons présenter et expliquer les méthodes et techniques que nous allons utiliser, elles se résument en une évaluation qualitative et une évaluation quantitative.

III.2 Processus méthodologique :

Dans notre problématique nous avons souligné le fait que l'inconfort visuel caractérise quelque période de l'année, et quelques salles du bloc d'architecture, nous avons donc opter pour une étude in situ visant à explorer les dimensions des salles, leurs orientations, et le comportement global de notre cas d'étude vis-à-vis de l'ensoleillement, et ce en relation avec son contexte immédiat.

A partir de ce constat nous avons pu grâce à la conceptualisation réaliser le questionnaire qui vas nous permettre de collecter les avis des usagers de l'espace qui sont pour notre cas les étudiants.

Parallèlement à ça nous voulions obtenir des résultats quantitatifs en vue de les comparer aux normes, et de déceler les véritables raisons de l'inconfort visuel par rapport aux valeurs d'éclairement. Nous avons constaté que la campagne de mesure ne peut pas se faire vu que nous avons commencé le travail nous étions déjà en début de saison estivale, et il nous a été impossible de faire les mesures pour les périodes les plus défavorables de l'année qui sont la période d'hivers , la période de mi saison (septembre, mars). Nous avons donc opter pour le remplacement de la technique de prise de mesure in situ par la simulation par logiciel.

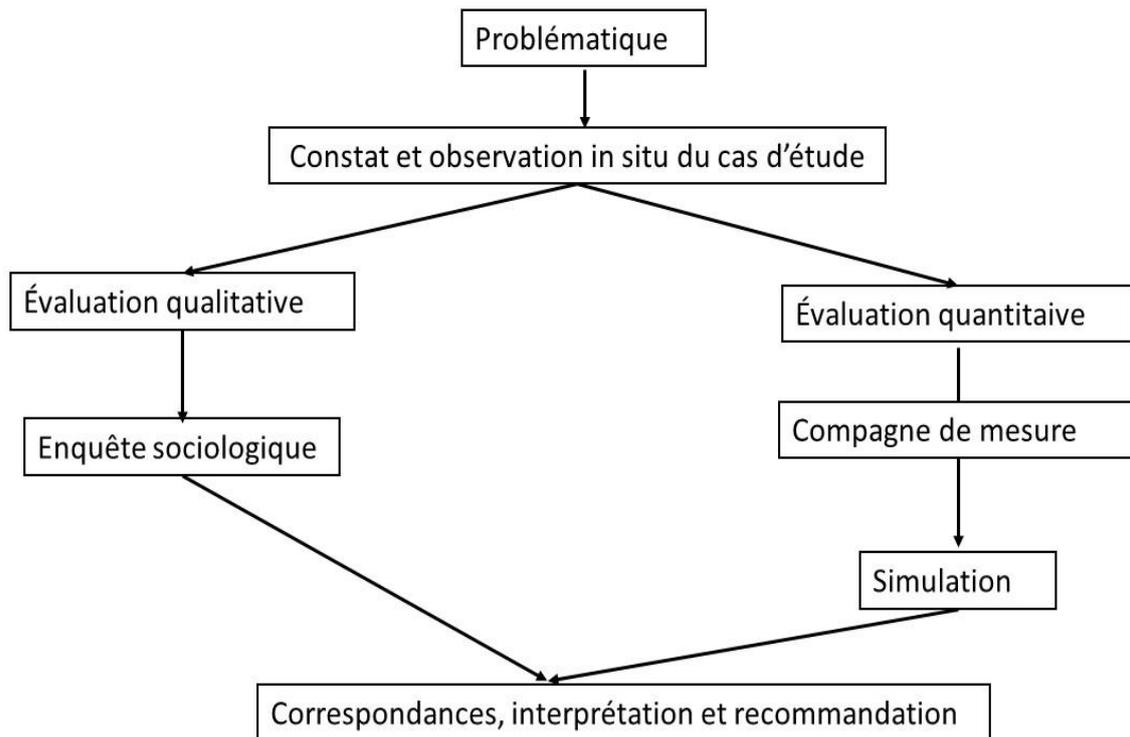


Figure (III-01) : schéma représentant le processus méthodologique.

Source : auteur, 2019

III.3 Evaluation qualitative :

Elle se fera en deux techniques distinctes : une enquête par questionnaire qui sera distribué aux étudiants en architecture qui occupent les différentes salles du bloc d'architecture. Et une technique d'observation in situ (sur terrain) qui s'effectue par la prise de photos de l'environnement lumineux dans les heures les plus défavorable de la journée, dans la période estivale (juin) uniquement (limite de la recherche, on ne peut pas effectuer des prises de photos pour les autres périodes passées).

III.4 La méthode d'observation in situ

III.4.1 Définition

C'est une technique de recherche scientifique. Elle se fait d'une manière indirect en vu de faire un prélèvement qualitatif auprès d'un groupe d'individus ayant des caractéristiques en commun et sont soumis aux mêmes conditions environnementales, dans un but de comprendre leurs attitudes et comportements face un phénomène donné. (FARHI, 2014)

On parle d'une observation directe, quand l'enquêteur soit présent sur le milieu d'enquête, où il note et décrit le comportement des sujets au moment où se déroule le phénomène à étudier. L'observation consiste à regarder se dérouler les comportements ou

événements sur un moment donné et les enregistrer pour les traiter ultérieurement. (PAUL N'DAN, 2002)

III.4.2 Le choix de la période d'observation

Dans notre cas, le choix des périodes d'observation est en fonction des moments les plus défavorables de la journée, ce choix est porté en rapport aux trois (03) horaires les plus défavorables de la journée qui sont : la matinée, midi, et après midi. Donc les heures d'observation choisies dans notre cas sont : 9, 12h, 14h-15h. cette technique par rapport aux périodes les plus défavorables de l'année à noter : hiver (décembre), été (juin), et la mi-saison (mars, septembre). Dans notre cas, on a limité notre étude à la période estivale (juin), du moment que notre travail n'a commencé qu'en mois d'avril.

Cette technique d'observation s'effectuera par la prise de photos des salles qui présentent des taches solaires sur les plans de travail des étudiants durant la période d'occupation. Pour le reste des périodes de l'année nous allons utiliser le logiciel ECOTECT qui va nous permettre en reproduisant les mêmes conditions climatiques en virtuel, d'avoir une idée sur le comportement de notre bloc vis-à-vis du rayonnement solaire et l'effet de l'ombre.

III.5 La méthode d'enquête (le questionnaire)

III.5.1 Définition

C'est un outil d'enquête, il figure dans les travaux de recherche en vue d'obtenir des informations face à une incertitude, à un problème à résoudre. L'enquête par questionnaire est un outil qui permet de quantifier et comparer une information qui est collectée auprès d'un échantillon représentatif de la population visée par l'évaluation.

« L'enquête n'est pas une simple exécution d'un protocole (l'administration d'un questionnaire par exemple), elle se rapproche plus d'un processus dialectique entre une problématique théorique et un terrain de recherche » (Schreyer, 2000). Cité par (LABRECHE, date non mentionnée)

III.5.2 Structure du formulaire des questions et le choix des échantillons

Les questions de l'enquête que nous avons utilisé sont issues de la conceptualisation de la thématique, nous avons utilisé les concepts clés, définis dans les chapitre (I et II), comme indicateurs, nous avons proposé plusieurs variables comme par exemple le taux de luminosité : suffisant, peu suffisant, et insuffisant. Nous avons ainsi fait recours aux questionnaires de quelques études de la même thématique dans le but de tirer un maximum d'information et de profiter de l'expérience.

L'échantillon est l'ensemble sur lequel portent les observations. (Rosentale, Murphy, 2001)

Pour mieux mener une enquête par questionnaire, il est nécessaire de viser une population cohérente, interroger un groupe homogène de personnes qui possèdent des caractéristiques en commun. Dans notre cas, la population visée est un groupe d'étudiant en architecture de différents âges et niveaux d'étude.

Dans notre cas, pour chaque salle du bloc d'architecture, nous avons choisi 30 personnes comme échantillon représentatif pour répondre au questionnaire, et leur réponse seront en fonction des salles où s'effectuent les séances d'atelier (au niveau d'étage), et les salles des ateliers de construction et atelier d'urbanisme (au niveau des salles du RDC). Le bloc d'architecture est composé de 12 salles réparties en deux niveaux (RDC et 1 étage).

III.5.3 Le traitement des résultats

Le traitement des résultats du questionnaire s'effectue sur « l'Excel ». Le logiciel fait une analyse statistique des données en plusieurs phases. De la phase d'insertion des données d'où les fonctions graphiques du logiciel nous permettent d'obtenir les graphes statistiques pour chaque cas, en dernier lieu une analyse statistique à plusieurs variables. A la fin, on analyse les graphes puis les commenter, pour finir avec une synthèse pour chaque cas et une synthèse générale.

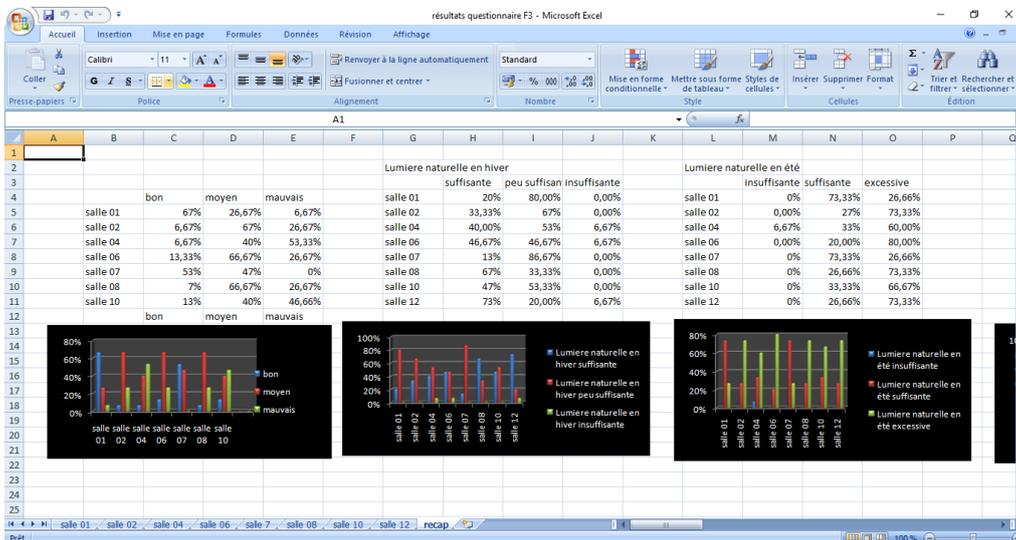


Figure (III-02) : capture d'écran sur interface Excel 2007.

Source : auteur

III.6 L'évaluation quantitative

L'évaluation quantitative se déroulera en deux techniques, la prise de mesure de l'éclairage pour toutes les périodes de l'année dans deux salles situées au RDC (salle 05 orientée au nord, et salle 06 orientée au sud). Et la simulation avec le logiciel ECOTECT.

III.7 La technique de prise de mesures :

Comme nous l'avons cité dans la partie processus méthodologique, Cette technique consiste à prendre les mesures de l'éclairage lumineux dans les salles citées ci-dessus, ces mesures sont prises suivant une grille tracée des deux salles, à 1.2m de distance de la baie, et à la hauteur du plan de travail des étudiants (75cm).

La prise de mesure doit se faire dans toutes les périodes de l'année : les solstices d'hiver (21 décembre où le soleil est le plus bas dans le ciel), été (21 juin, durant laquelle le soleil est le plus haut dans le ciel), et la mi-saison (21 mars, et 21 septembre, où les rayons solaires sont perpendiculaires à l'équateur). et les trois (03) horaires de la journée : matin (8h-10h), midi (12h), après-midi (14h-16h) pour déduire les périodes les plus défavorables de l'année. La prise de mesure doit s'effectuer avec un appareil nommé luxmètre. Mais dans notre cas, l'appareil disponible dans notre département n'est pas fonctionnel, pour cela nous avons fait recours à une application sur Android (luxmètre).

Dans notre cas, les prises de mesure sont effectuées sous les conditions d'un ciel partiellement couvert (instable). Et ne peut se faire pour toutes les périodes de l'année, nous avons donc effectué un travail de prise de mesure pour une seule journée qui est le 21 juin, et ce pour deux salles du bloc, une située sud-est (salle ; 06) et l'autre située nord-ouest (salle 05) ;

L'objectif de cette prise de mesure et de vérifier les résultats donnés par le logiciel, nous allons utiliser par la suite la simulation par RADIANCE pour les périodes dans lesquelles les mesures sont impossibles, la comparaison entre campagne de mesures et résultats du logiciel va nous permettre de trancher quant à l'usage et les résultats du logiciel.

III.8 La technique de simulation

La technique de prise de mesures d'éclairage lumineux dans les salles du bloc d'architecture est impossible à effectuer pour toutes les saisons, et cela revient à la limite de la durée de la recherche. Et vu l'indisponibilité d'un luxmètre fonctionnel dans notre département, les prises de mesures ont été effectuées avec une application sur Android « luxmètre » qui affiche des résultats irrationnels et qui ne sont pas fiables.

Une simulation numérique semble pouvoir remplacer ou compléter l'évaluation quantitative par prise de mesures, et cela en se référant aux recherches effectuées correspondant aux expérimentations déjà faites sur le sujet, d'où nous avons constaté que les résultats obtenus par le luxmètre et la simulation numérique sont presque identiques (à 80%), ce que nous allons montrer dans les chapitres (I) et (II).

III.8.1 Définition

L'approche adoptée pour la présente étude est expérimentale incluant un modèle de simulation de type informatique. On entend par la simulation des outils informatiques permettant la simulation de la propagation de la lumière quantitativement et qualitativement. (GALLAS, 2009)

III.8.2 Le choix de la simulation numérique

La capacité des logiciels à faire face à la complexité des interactions entre les éléments physique qui ont contribué à la formation de l'état physique du bâtiment, a déterminé la reconnaissance de leur rôle unique dans la prédiction, l'évaluation et vérification de la performance des bâtiments (Augenbroe, 2004).

Grâce aux avancements informatiques et à la conscience environnementale croissante, le recours aux logiciels de simulations est aujourd'hui un devoir plus qu'une nécessité (Hong, 2000 cité par MontenegroIturra, 2011).

Le choix de la simulation est aussi porté en raison de son coût moins dispendieux par rapport à la recherche à échelle réelle (Jameson, 2003). Les logiciels de simulation ont été aussi reconnus comme des outils très utiles dans les premières phases du design, en raison de leur flexibilité et possibilité de modifier et raffiner les modèles (MontenegroIturra, 2011)

De nombreux logiciels de simulation numériques sont disponibles, notre choix est orienté vers « ECOTECT » pour reproduire les conditions réelles et RADIANCE pour vérifier les valeurs de l'éclairement.

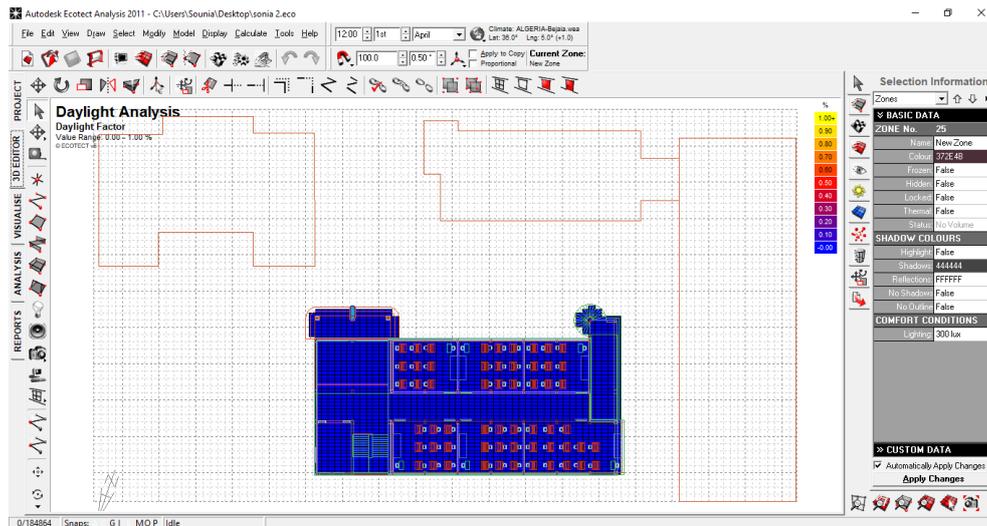


Figure (III-03) : capture d'écran sur l'interface ECOTECT.

Source : auteur

III.8.3 ECOTECT

C'est un logiciel de simulation complet de conception depuis la phase d'avant-projet jusqu'à celle de détail qui associe un modèleur 3D avec des analyses solaire, thermique, acoustique et de coût relevant de la consommation énergétique. ECOTECT offre plusieurs fonctionnalités de simulation et d'analyse. C'est un outil d'analyse simple et qui donne des résultats très visuels. Il a été conçu avec comme principe que la conception environnementale la plus efficace est à valider pendant les étapes conceptuelles du design.

III.8.4 Le choix du logiciel de simulation « ECOTECT »

C'est un outil de simulation qui combine une interface de modélisation 3D très visuelle et interactive. Il est un outil dont l'analyse est simple donnant des résultats efficaces et fiables. Entièrement conçu par des architectes et grâce à son interface très visuelle, ECOTECT se présente comme un outil parfait pour communiquer avec les architectes et les concepteurs.

ECOTECT se caractérise, aussi, par une prise en main assez rapide. Son interface 3D intuitive permet la conception des modèles allant de simples croquis jusqu'à des modèles plus complexes. Ses résultats d'analyse peuvent être montrés directement sur les surfaces du bâtiment ou dans les espaces concernées par l'analyse, donnant au concepteur la meilleure possibilité de comprendre les performances du bâtiment et, donc, apporter les vraies améliorations conceptuelles. Pour Schlueter (2009), ECOTECT est un outil visant les premières phases de la conception, où un degré élevé de précision n'est pas encore nécessaire.

On requiert uniquement une connaissance des tendances et des conséquences de chaque décision de conception (MontenegroIturra, 2011).

III.8.5 Méthodologie de la simulation

Notre simulation est structurée en deux parties :

La phase 01 :

Nous avons fait la modélisation 3D du bloc d'architecture sur le logiciel ArchiCad16, ensuite nous avons enregistré le fichier 3D sous format *DXF à fin de l'exporter sur le logiciel de simulation « ECOTECT ».

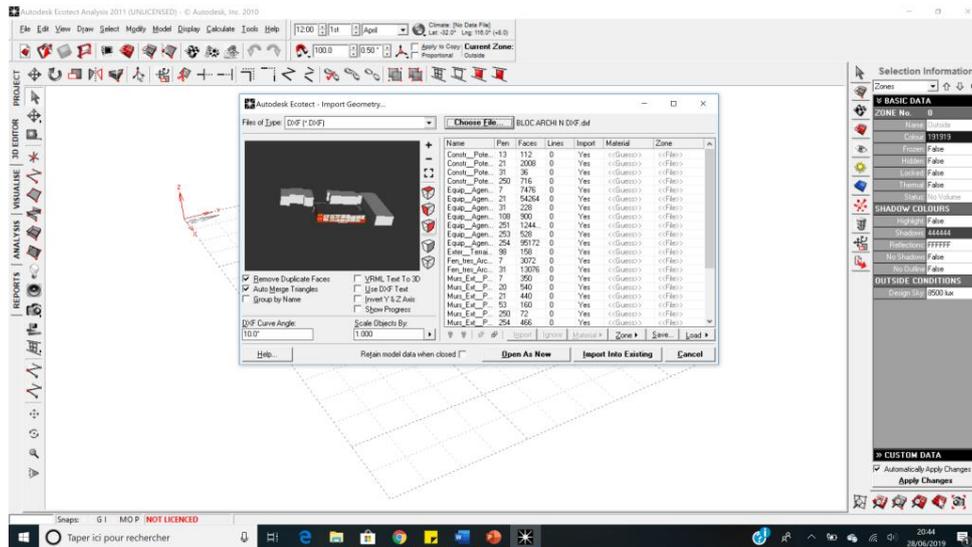


Figure (III-04) : capture d'écran de l'interface ECOTECT 2011.

Source : auteur

La phase 02 :

Nous avons utilisé « AUTODESK ECOTECT 2011 » pour l'évaluation quantitative de l'environnement lumineux. Il s'agit d'une importation de notre projet déjà modélisé sous format DXF. Le logiciel est réglé sous les réglages climatiques de la ville de Bejaia, car nous avons fabriquer un fichier climatique avec les données de la ville actuelles. Il est aussi très important de signaler que le logiciel permet aussi de régler les différentes épaisseurs de parois avec les véritables matériaux qui les composent dans la réalité, ceci veut dire que la modélisation obtenue sera conforme à la réalité.

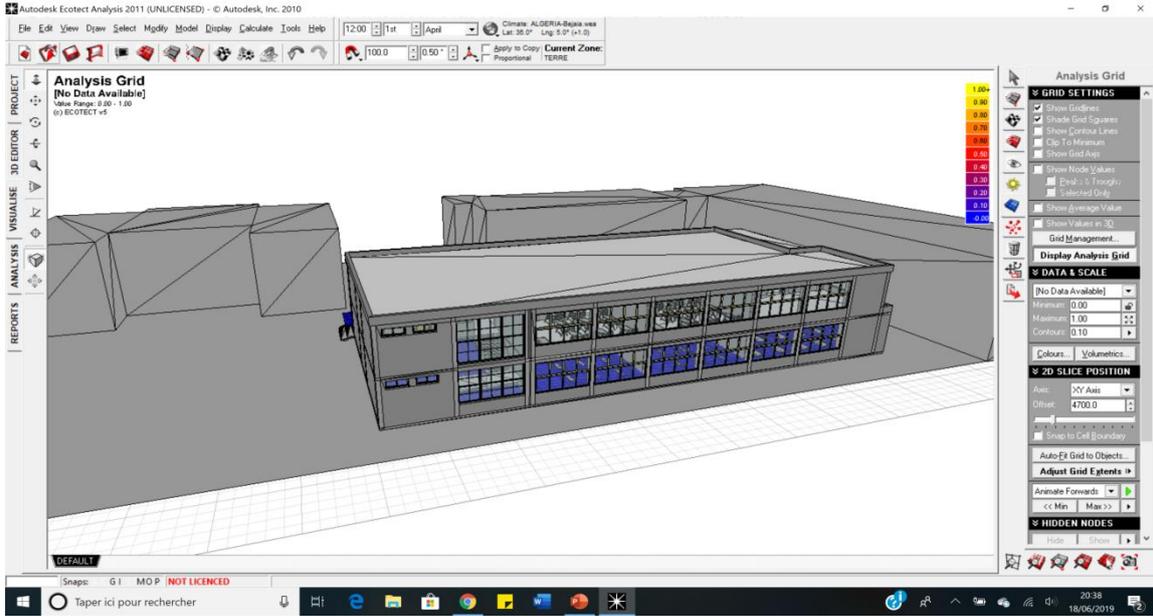


Figure (III-05) : la modélisation 3D importée sur AUTODESK ECOTECT 2011.

Source : auteur

La phase 03 :

L'exportation de l'interface ECOTECT, à l'interface RADIANCE pour obtenir les valeurs de l'éclairage.

D'abord nous devons selection lighting analysis dans l'onglet calculate.

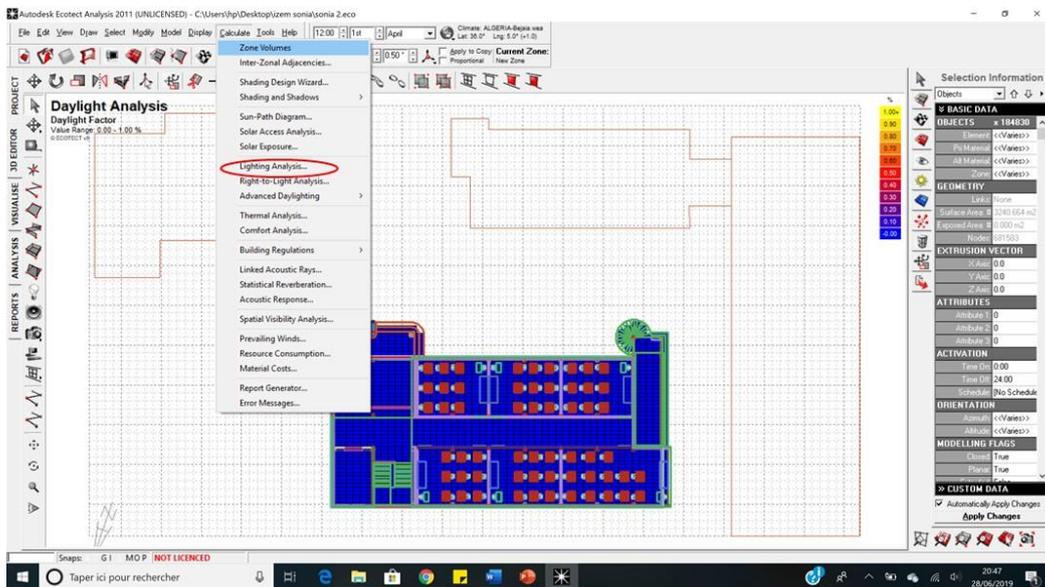


Figure (III-06) : la modélisation 3D importée sur AUTODESK ECOTECT 2011.

Source : auteur

Nous allons après choisir l'exportation vers le panneau de RADIANCE.

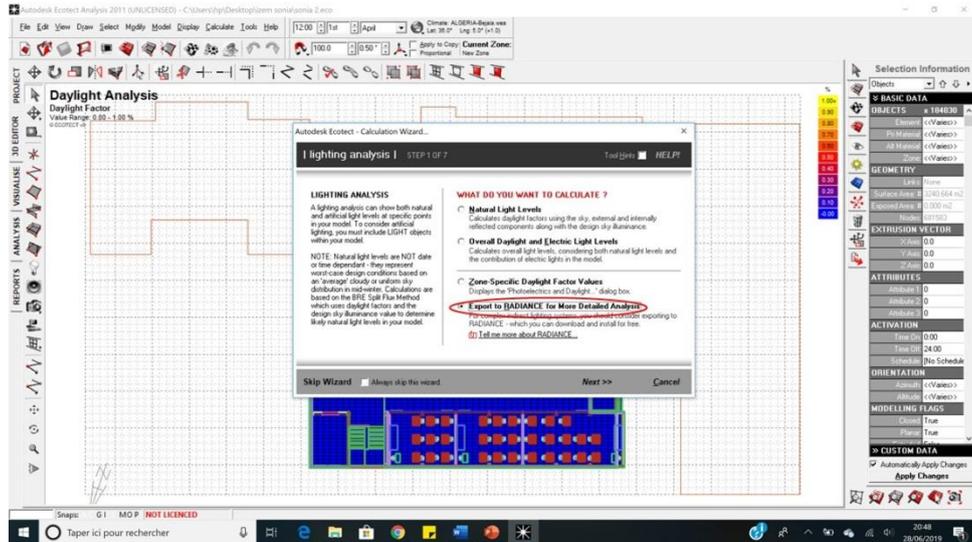


Figure (III-07) : la modélisation 3D importée sur AUTODESK ECOTECT 2011.

Source : auteur

Nous avons choisi après les valeurs de l'éclairement en lux

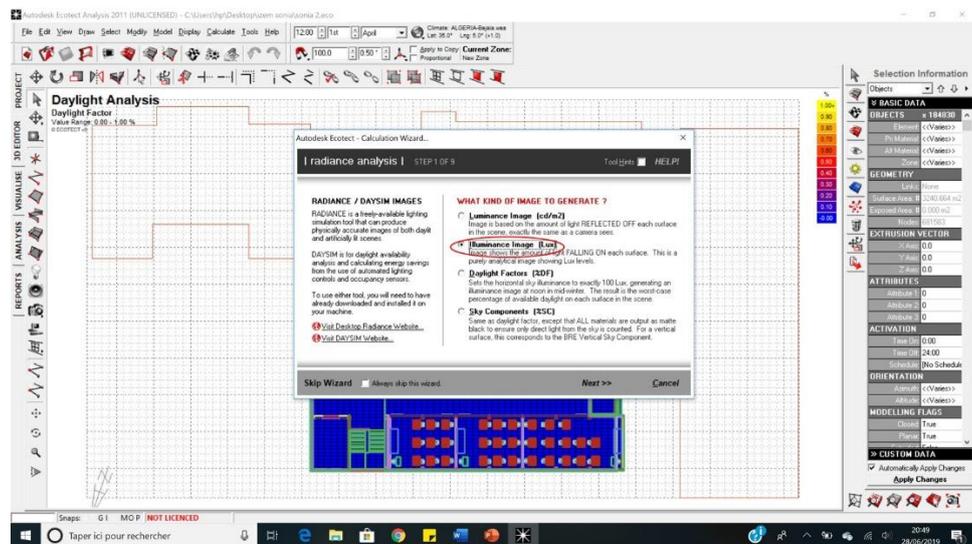


Figure (III-08) : la modélisation 3D importée sur AUTODESK ECOTECT 2011.

Source : auteur

Nous avons demandé à ECOTECT d'ouvrir le panneau de configuration RADIANCE afin d'effectuer les modifications qui nous conviendront.

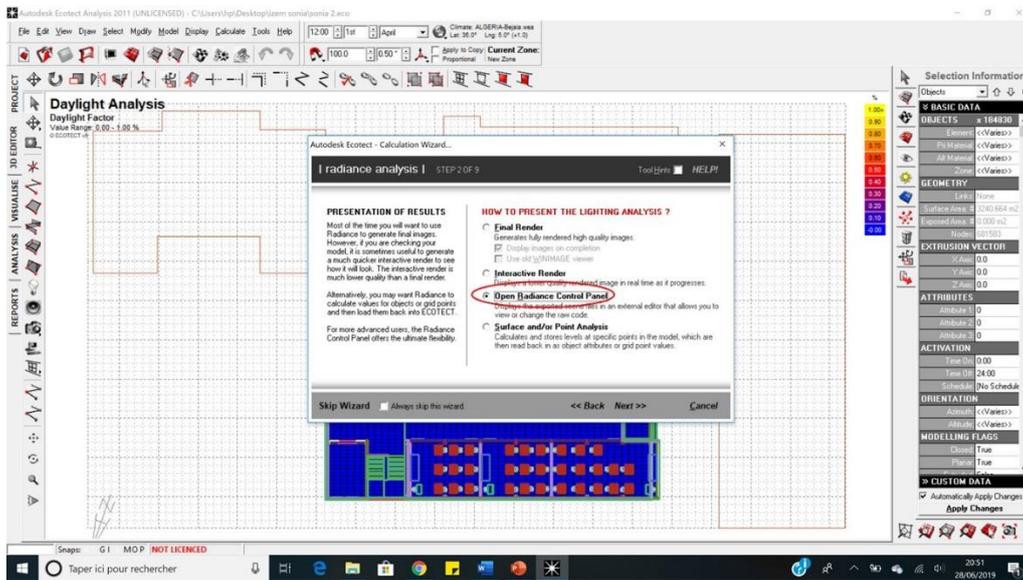


Figure (III-09) : la modélisation 3D importée sur AUTODESK ECOTECT 2011.

Source : auteur

Le logiciel ECOTECT nous demandera ensuite de choisir un emplacement et de vérifier al bonne installation du logiciel.

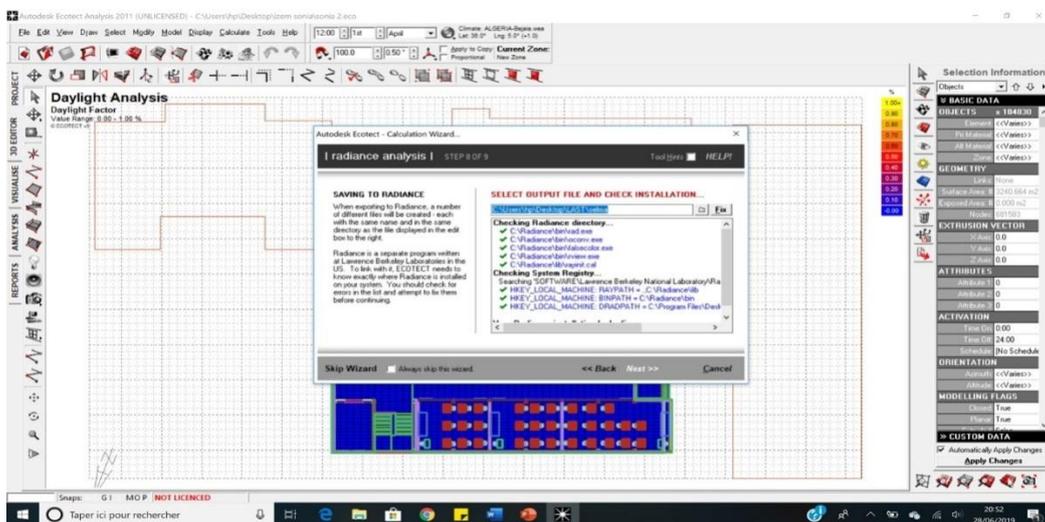


Figure (III-10) : la modélisation 3D importée sur AUTODESK ECOTECT 2011.

Source : auteur

L'interface radiance :

Elle s'ouvrira automatiquement après les différents réglages, et là il suffit juste de choisir rendre (qui est rendu de photo), et nous aurons plusieurs résultats en fonction des caméras réglées déjà dans ECOTECT.

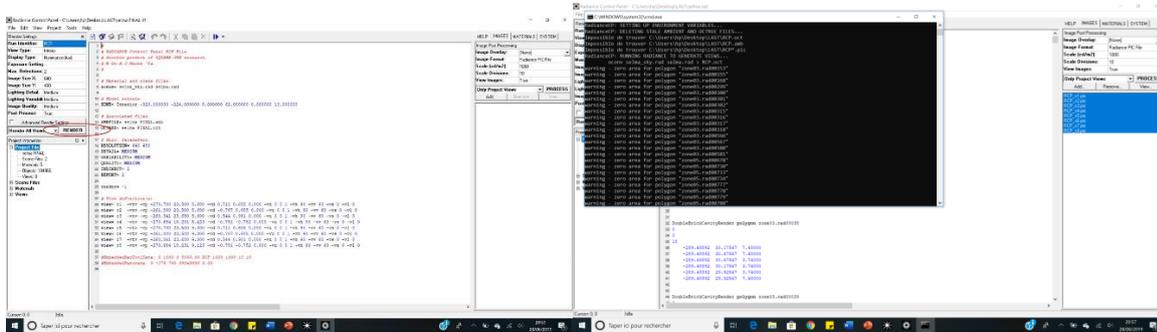


Figure (III-11) : la modélisation 3D importée sur AUTODESK ECOTECT 2011.

Source : auteur



Figure (III-12) : la modélisation 3D importée sur AUTODESK ECOTECT 2011.

Source : auteur

III.9 Conclusion :

Nous avons présenté dans ce chapitre les différentes méthodes d'évaluation de l'environnement lumineux dans les ateliers, Pour ce faire, le choix est orienté vers deux techniques et méthodes d'évaluation, à savoir, la méthode d'évaluation qualitative qui s'est fait par l'enquête questionnaire, et l'observation in situ, et une évaluation quantitative avec le mesurage de l'éclaircement qui est complété par une technique de simulation numérique avec AUTODESK ECOTECT 2011. Ses techniques et méthodes sont jugées complémentaires qui nous permettrons d'atteindre nos objectifs avancés.

CHAPITRE IV

Présentation Du Cas D'étude Et L'analyse In Situ

I.1 Introduction

Notre étude fait objet d'évaluer l'éclairage lumineux suivant l'orientation des façades d'un bâtiment (vérification d'une hypothèse), et son impact sur le confort visuel à l'intérieur du local.

Selon l'objectif de la recherche, une étude d'évaluation de l'environnement lumineux a été effectuée selon plusieurs méthodes citées précédemment sur un échantillon représentatif, pour analyser le confort visuel en vue d'améliorer les conditions de travail dans le bâtiment.

Dans ce présent travail, l'investigation a été menée sur un bâtiment éducatif situé dans la ville de Bejaia (voir la situation du cas d'étude sur la figure (..), récemment construit, pour étudier l'environnement lumineux des salles d'atelier de dessin, sur deux orientations (nord, sud) et qui ont les mêmes caractéristiques physiques (matériaux, couleur, textures, la surface, la hauteur des parois, et le nombre et dimensions des ouvertures).

I.2 Présentation de la zone d'étude :

I.2.1 Situation :

La ville de Bejaia est située au Nord-est du pays, sur le littoral méditerranéen, elle s'étend sur une superficie de 3 261 km². C'est une région côtière du Centre, Et insérée entre les grands massifs du Djurdjura, des Bibans et des Babors et s'ouvrant sur la mer méditerranée avec une façade maritime de plus de 100 Km.



Figure (IV-01) : Carte illustrant la situation géographique de Bejaia.

Source : www.google.com

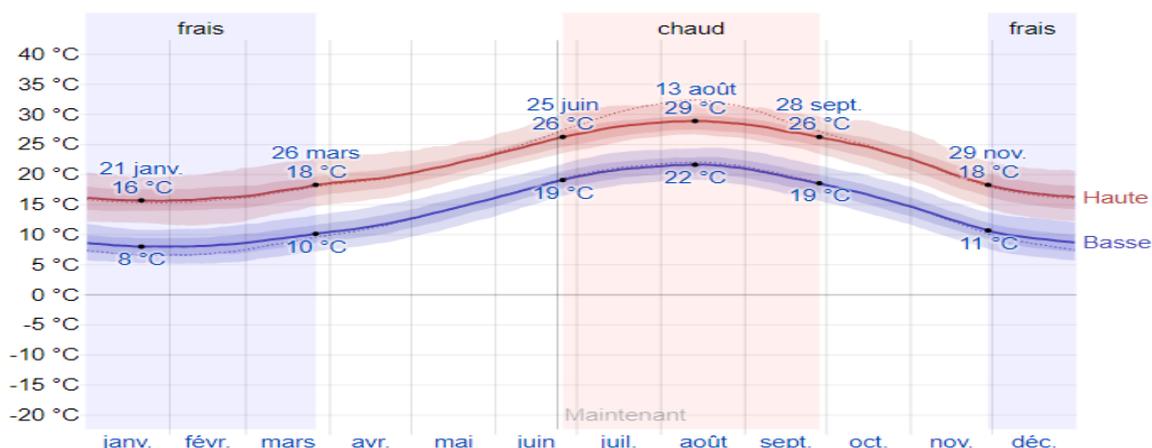
I.2.2 Les caractéristiques climatiques de la ville de Bejaia :

il existe une forte corrélation entre l'environnement lumineux extérieur d'une région et l'éclairage intérieur d'un bâtiment implanté dans cette région, il est important d'identifier l'environnement lumineux spécifique qui domine dans la ville de Bejaia et par la même occasion, connaître le potentiel effectif de la lumière naturelle admit dans notre cas d'étude.

I.2.2.1 Les conditions climatiques

À Bejaïa, les étés sont chaud, lourd, sec et dégagé dans l'ensemble et les hivers sont long, frisquet, précipitation et partiellement nuageux. Au cours de l'année, la température varie généralement de 8 °C à 29 °C et est rarement inférieure à 5 °C ou supérieure à 32 °C.

La température :



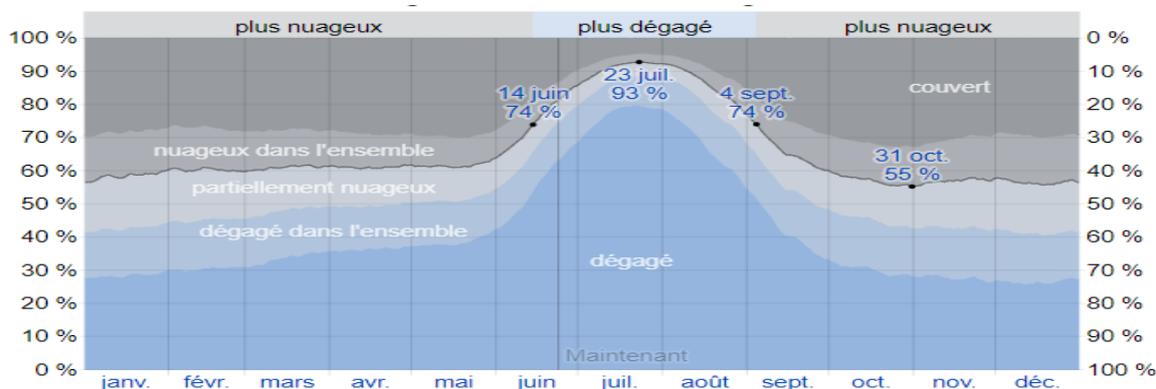
Graph (VI-01) : température moyenne maximale et minimale.

Source : [https://fr.weatherspark.com]

La saison chaude dure 3,1 mois, du 25 juin au 28 septembre, avec une température quotidienne moyenne maximale supérieure à 26 °C. Le jour le plus chaud de l'année est le 13 août, avec une température moyenne maximale de 29 °C et minimale de 22 °C.

La saison fraîche dure 3,9 mois, du 29 novembre au 26 mars, avec une température quotidienne moyenne maximale inférieure à 18 °C. Le jour le plus froid de l'année est le 21 janvier, avec une température moyenne minimale de 8 °C et maximale de 16 °C.

Nébulosité



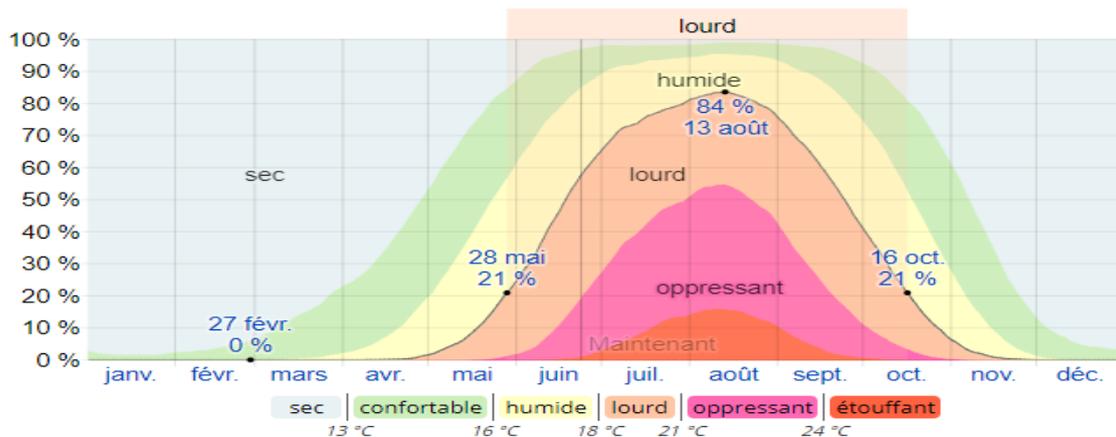
Graph (VI-02) : catégories de couverture nuageuse.

Source : [https://fr.weatherspark.com]

La période la plus dégagée de l'année à Bejaïa commence du 14 juin et se terminant vers 4 septembre. Le 23 juillet, le jour le plus dégagé de l'année, le ciel est dégagé, dégagé dans l'ensemble ou partiellement nuageux 93 % du temps, et couvert ou nuageux dans l'ensemble 7 % du temps.

La période plus nuageuse de l'année commence du 4 septembre et dure 9,3 mois, se terminant vers 14 juin. Le 31 octobre, le jour le plus nuageux de l'année, le ciel est couvert ou nuageux dans l'ensemble 45 % du temps est dégagé ou partiellement nuageux 55 % du temps.

Humidité

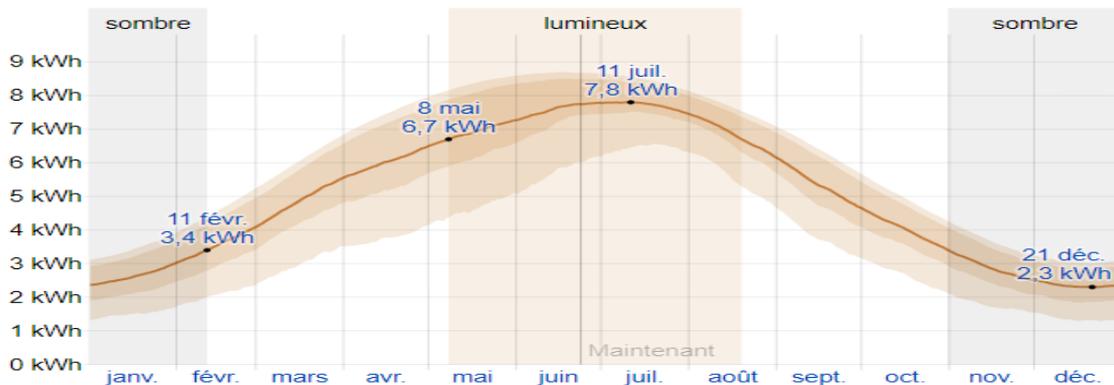


Graphe (VI-03) : le niveau du confort selon l'humidité.

Source : [https://fr.weatherspark.com]

Bejaïa connaît des variations saisonnières extrêmes en ce qui concerne l'humidité perçue. La période la plus lourde de l'année dure 4,6 mois, du 28 mai au 16 octobre, avec une sensation de lourdeur, oppressante ou étouffante au moins 21 % du temps. Le jour le plus lourd de l'année est le 13 août, avec un climat lourd 84 % du temps. Le jour le moins lourd de l'année est le 27 février, avec un climat lourd quasiment inexistant.

Rayonnement solaire



Graphe (VI-04) : le rayonnement solaire incident en ondes courtes quotidien moyen

Source : [https://fr.weatherspark.com]

Le rayonnement solaire incident en ondes courtes quotidien moyen connaît une variation saisonnière extrême au cours de l'année.

La période la plus lumineuse de l'année dure 3,4 mois, du 8 mai au 19 août, avec un rayonnement solaire incident en ondes courtes par mètre carré supérieur à 6,7 kWh. Le jour le plus lumineux de l'année est le 11 juillet, avec une moyenne de 7,8 kWh.

La période la plus sombre de l'année dure 3,4 mois, du 31 octobre au 11 février, avec un rayonnement solaire incident en ondes courtes par mètre carré inférieur à 3,4 kWh. Le jour le plus sombre de l'année est le 21 décembre, avec une moyenne de 2,3 kWh.

I.2.2.2 Les conditions solaires

N. Zemmouri a proposé dans sa thèse un zoning lumineux propre à l'Algérie, voir la figure, basé sur le calcul par simulation informatique, à l'aide du logiciel « Mat light », des éclairagements lumineux horizontaux ainsi que sur la base de données de la NASA sur la nébulosité. (MATALLAH Z, date non mentionnée)

Ce découpage comporte quatre grandes zones climatiques lumineuses, Bejaia entre dans la 1^{ère} zone située entre la latitude 34°-36°, est caractérisée par un éclairage lumineux horizontal moyen égal à 35 Kilo lux et la dominance du ciel partiellement couvert.

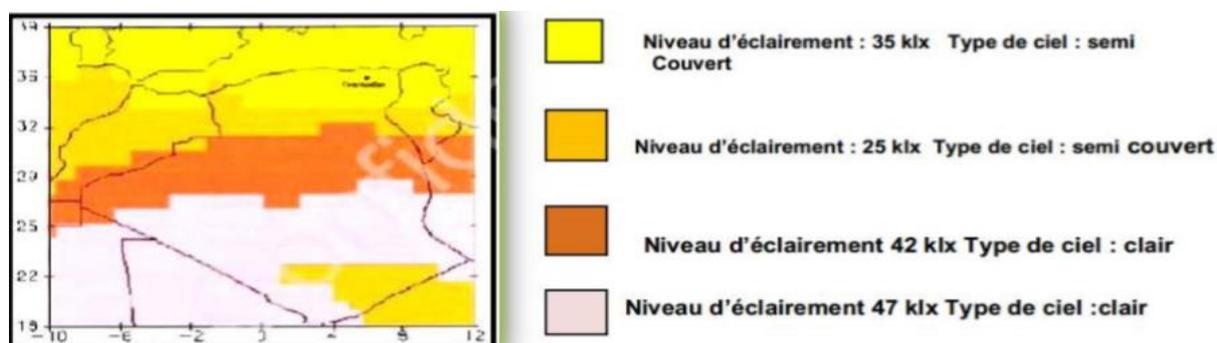


Figure (IV-02) : Zoning de la disponibilité de la lumière naturelle en Algérie.

Source : Zemmouri, N., 2005.

I.3 Présentation du cas d'étude

I.3.1 Présentation du cas d'étude

Le bloc d'architecture (bloc N°13 du campus Tharga Ouzemmour de Bejaia) est un bloc récemment construit (date de construction : année 2012), il est destiné à l'enseignement (salles aménagées comme ateliers de dessin et salles de classe pour les séances TD).



Figure (IV-03) : vue sur la façade sud du bloc d'architecture.

Source (auteur, 2019)

I.3.1.1 Situation

Le bloc d'architecture fait partie du campus Tharga Ouzemmour, il est situé au nord-ouest du campus, il est accessible depuis l'entrée nord (à quelques mètres de l'entrée nord du campus). Il est entouré de 3 blocs du côté sud, sud-est, et sud-ouest. Voir la figure (.)

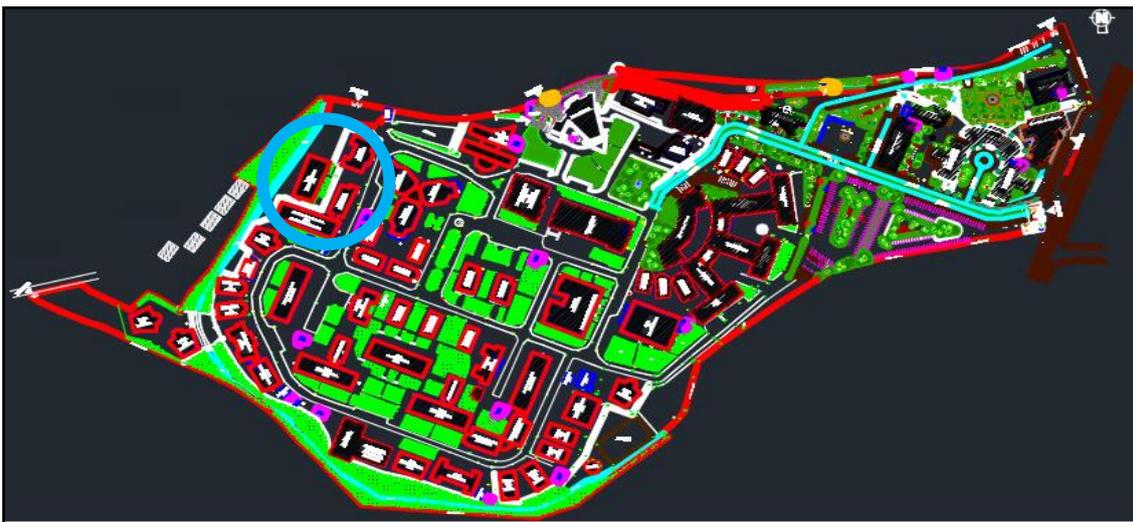


Figure (IV-04) : plan de masse campus ThargaOuzemmour.

Source : service planification Rectorat

I.3.1.2 Etude descriptive du bloc

Le bâtiment est d'une forme parallélépipède surélevé à 2.4m du niveau du sol (14 marches×0.17), les façades orientées ouest- est sont partiellement transparentes (des ouvertures en longueur occupent une grande partie de la façade). Les façades est-ouest sont des façades aveugles. Voir la figure suivante :

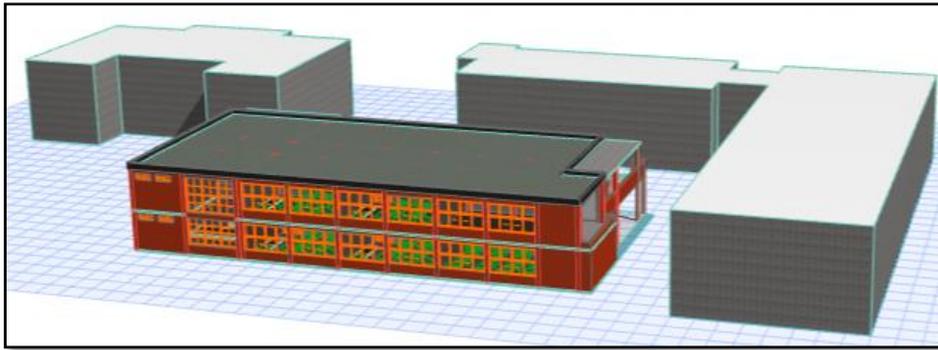


Figure (IV-05) : modélisation 3D du bloc d'architecture.

Source : auteur

I.3.1.3 Constat global :

Ce bâtiment est destiné aux ateliers d'architecture, il est composé de deux niveaux où sont réparties les salles d'atelier (06 salles pour chaque niveau) suivant deux orientations (nord, sud), elles sont reliées par un couloir éclairé des deux coté (voir la figure...). [Les plans sont attachés dans l'annexe ...]



Figure (IV-06) : le couloir RDC du bloc d'architecture.

Source : auteur

Nous avons constaté que les salles du bloc d'architecture sont suffisamment spacieuses, mais vu le nombre d'étudiant dans les groupes, et les dimensions des plans du travail propre à chaque étudiant, une partie des tables sont proches de la façade ouverte, ce qui les expose aux facteurs extérieurs. (Voir la figure...)



Figure (IV-07) : prise de photo de la salle N°07.

Source : auteur

I.3.2 L'apport du rayonnement solaire au Bloc d'architecture durant l'année :

Nous allons dans cette partie étudier l'influence du rayonnement solaire annuel sur le bloc d'architecture et ce durant l'année, ce travail peut se faire en observant et en prenant des mesures durant les périodes les plus défavorables de l'année, mais puisque ceci va nous prendre beaucoup de temps, nous avons choisi de les faire par simulation car la simulation par ECOTECT pour ce genre de lecture et beaucoup plus fiable qu'un autre logiciel.

I.3.2.1 Le diagramme psychométrique et les flux solaire direct et indirect :

La lecture du diagramme psychométrique nous révèle que pour la période du 15 avril au 15 mai le bloc est en situation de confort global, pour la période du 21 mars au 15 juin et du 1^{er} au 7 Septembre l'effet de masse influe sur le confort et du coup l'édifice sera en situation de confort globalement. L'effet de ventilation peut aussi participer à l'équilibre et le confort global de l'édifice et ce pour le mois de septembre et juin jusqu'au mois de juillet.

Cependant les mois restants le Bloc est en situation d'inconfort et aucun effet ne peut remédier à ça.

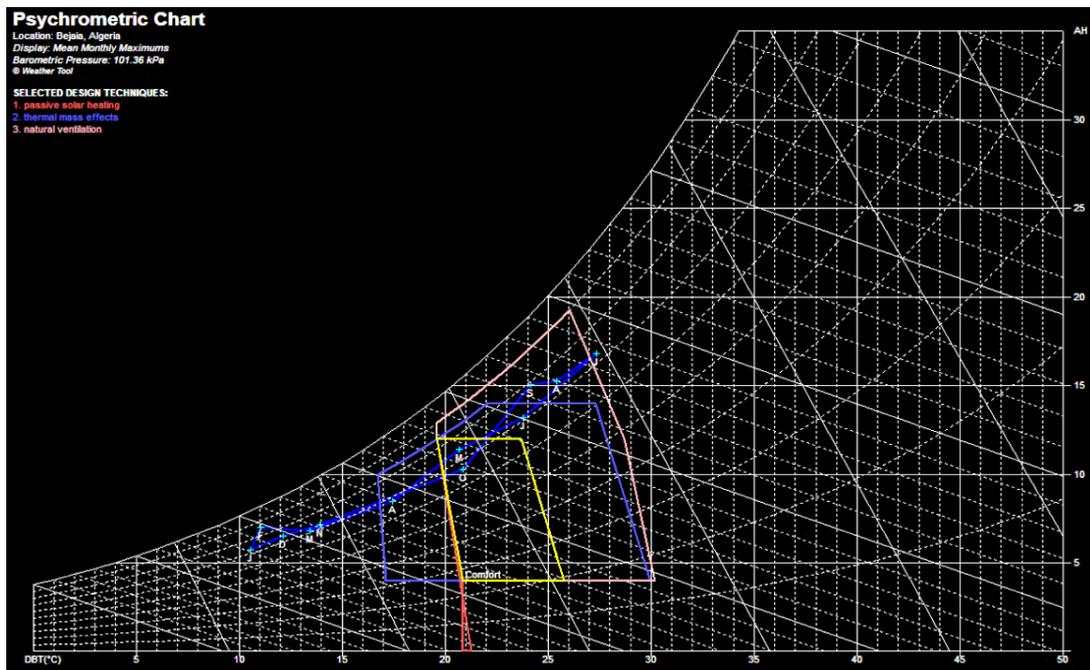


Figure (IV-08) : diagramme psychométrique

Pour ce qui est de l'effet de l'ensoleillement, nous allons commenter en fonction des périodes les plus défavorables, pour le mois de juin l'ensoleillement direct dépasse celui indirect avec presque 400w/m³. Pour la mi- saison les taux des ensoleillements se sont réduits, et le flux direct dépasse le

indirect de presque 200w /m3. Pour la saison hivernale, le taux de l'ensoleillement direct est très réduit avoisine les 100w/m3 et le flux indirect dépasse légèrement le flux direct. Voir la figure (IV-09)

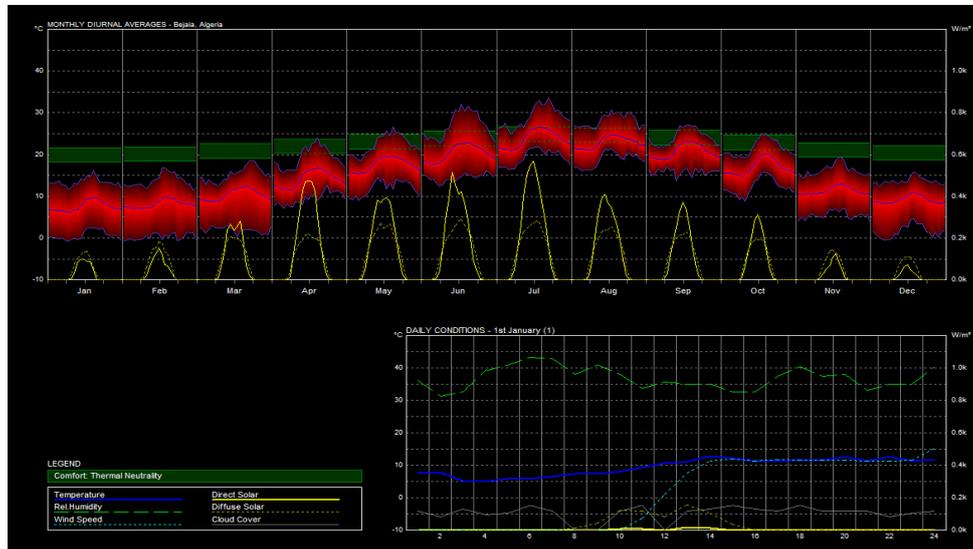


Figure (IV-09) : le diagramme des températures journalières moyennes de Bejaia

I.3.2.2 L'effet de l'ombre :

Afin d'avoir une idée général sur l'effet du site sur le projet, nous avons effectué des simulations sur l'effet de masque.

Pour la saison d'hiver (décembre)

Les résultats dans la figure ci-dessous, nous montrent que la façade du bloc orientée vers le sud est partiellement exposée au rayonnement solaire direct dans la période matinale (9h) à midi (12h), et couverte à 15h (après-midi). Par contre la façade orientée vers le nord est totalement ombragée (tout au long de la journée).

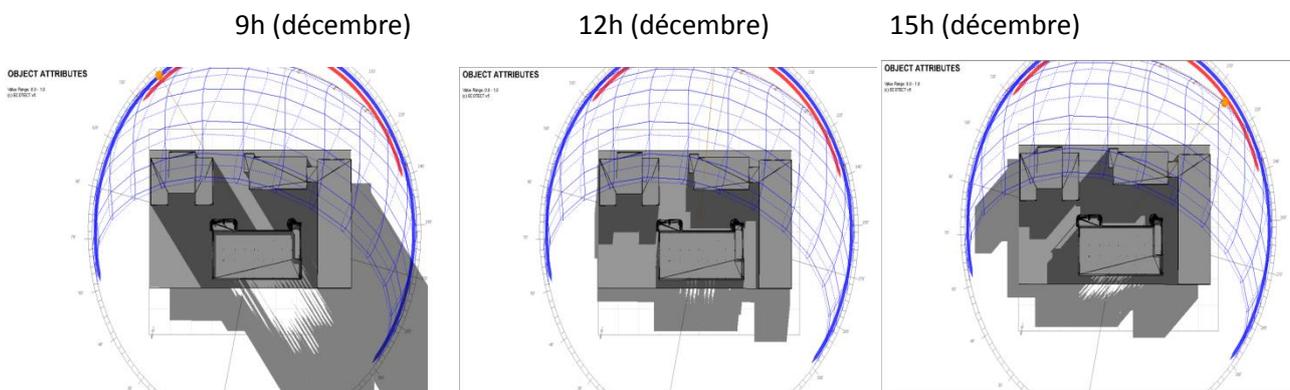


Figure (IV-10) : l'effet d'ombre dans le mois de décembre.

Source : auteur 2019.

Pour la saison d'été (Juin)

On remarque sur la figure (IV-11) que la façade orientée vers le sud du bloc est totalement exposée au rayonnement solaire direct tout au long de la journée dans la période estivale (juin), ce qui fait que c'est la période la plus défavorable de l'année (pour la façade sud). Et pour la façade orientée vers le nord, on remarque que la période de l'exposition est la période matinale (9h) et le reste de la journée, c'est l'orientation favorable (pas de rayons solaire directe)

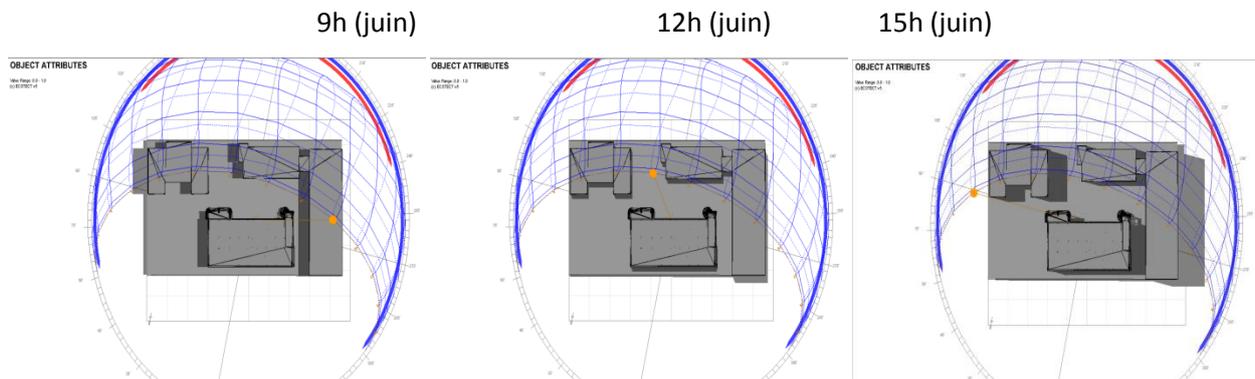


Figure (IV-11) : l'effet d'ombre dans le mois de juin.

Source : auteur 2019

Pour la mi- saison (mars-septembre)

La figure ci-dessous, montre que la façade orientée vers le sud est partiellement ombragée pendant la matinée (9h), et totalement exposée aux rayonnements solaires directs à midi (12h) et l'après-midi (15h). La façade orientée vers le nord est ombragée tout au long de la journée.

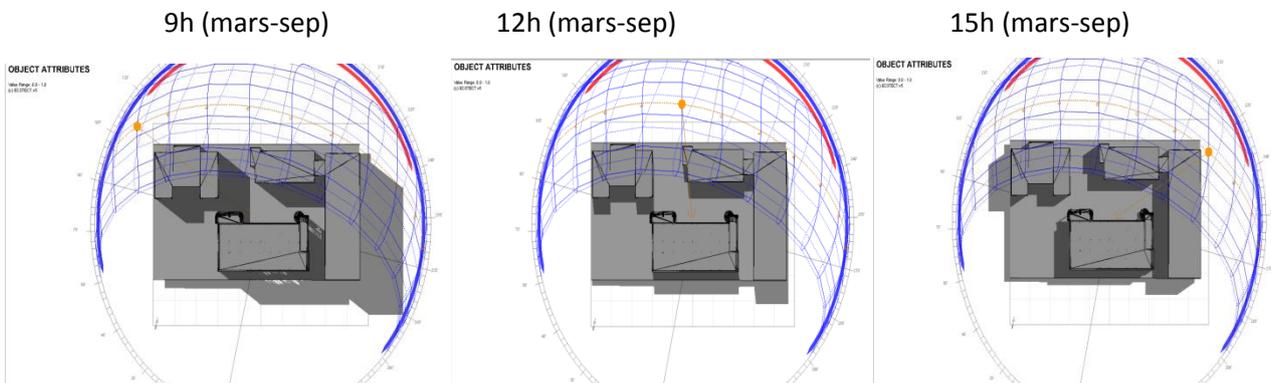


Figure (IV-12) : l'effet d'ombre en mi- saison.

Source : auteur 2019

I.3.2.3 Les taches solaires à l'intérieur du bloc :

Les résultats de la répartition des taches solaires à l'intérieur des salles du bloc d'architecture sont présentés dans les figures (..) :

I.3.3 En hiver (Décembre) :

À 9h, la tache solaire parcourt presque la totalité de la surface de la salle N°04 (RDC, orientée sud-est), et la salle N°10 (étage, orientée sud-est). Vers midi (12h), la tache solaire caractérise deux

tiers de surface totale de la salle 2N°02 au RDC et la salle N°08 à l'étage (les deux salles sont orientées sud-ouest). L'après-midi (15h), on remarque que la tache solaire sur les plans de travail occupe la moitié de la surface totale de la salle N°04 au RDC, et N°10 à l'étage. Voir la figure

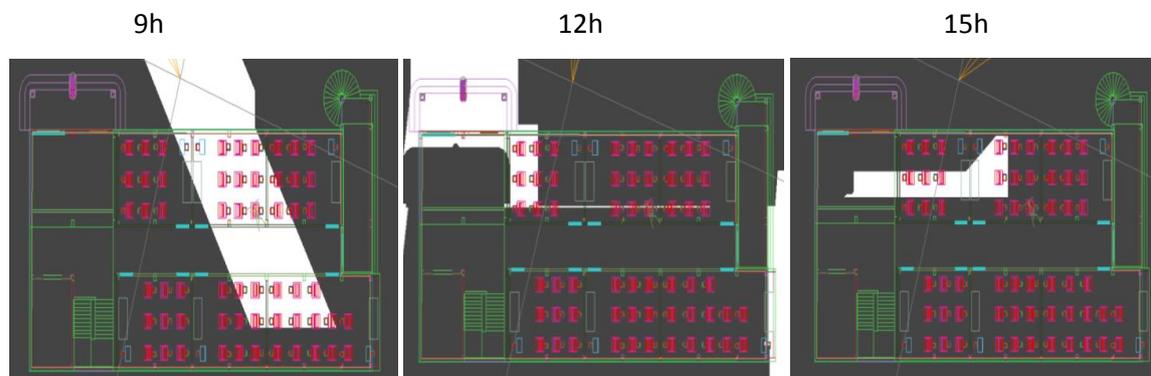


Figure (IV-13) : les taches solaires dans des salles du bloc en hiver (décembre).

Source : auteur, 2019

Dans la mi-saison, (mars, septembre), pendant la quasi-totalité de la durée d'occupation, pour les salles orientées vers le sud-est, nous avons remarqué la présence de taches solaires sur les plans de travail à proximité de la baie, à l'exception de la salle 02 et 08 à 9h, et ces taches solaires se réduisent vers l'après-midi. Les salles orientées vers le nord-ouest ne sont pas touchées par les taches solaires.

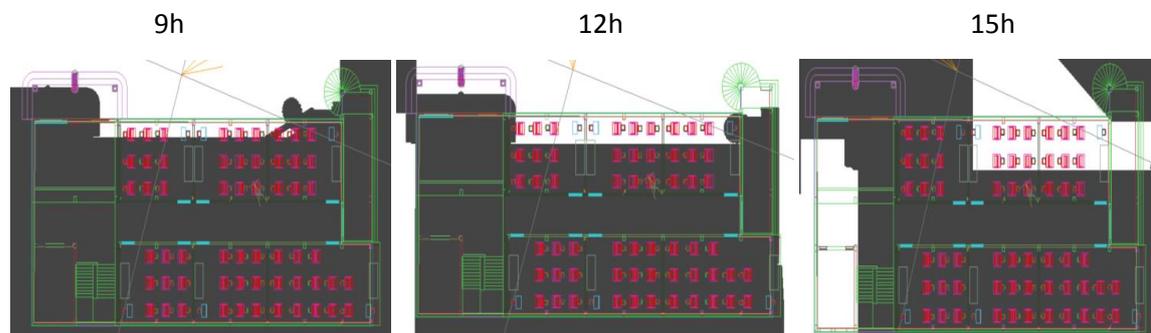


Figure (IV-14) : les taches solaires dans des salles du bloc en m-saison (mars, sep).

Source : auteur

Dans la période estivale (juin), les taches solaires caractérisent les plans de travail très proches des baies des salles orientées sud-est à 9h à l'exception de la salle 02 et 08 à l'étage. A midi la totalité des salles orientées sud-est sont touchées par les rayons solaires directs, en après-midi, nous avons remarqué l'absence totale de l'ensoleillement à l'intérieur des salles.

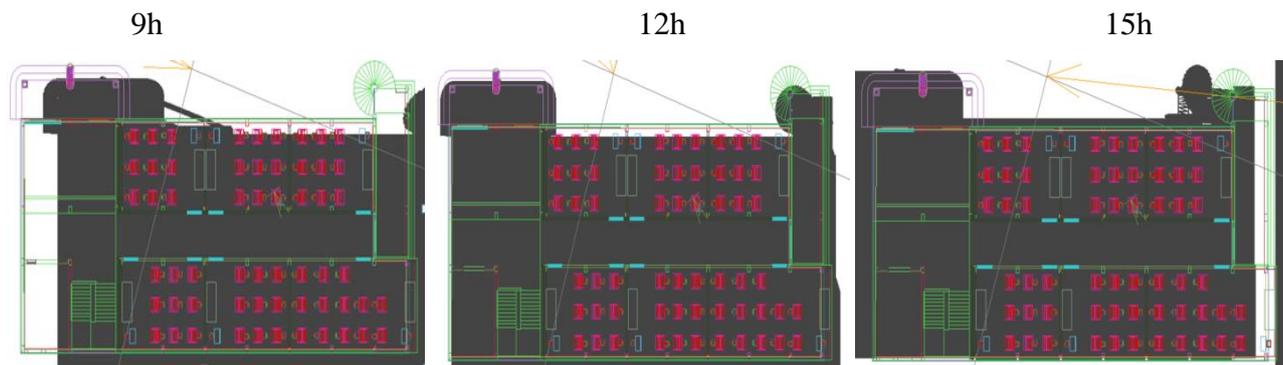


Figure (IV-14) : les taches solaires dans des salles du bloc en été (juin).

Source : auteur 2019

I.3.4 Synthèse

D'après les résultats, les salles les plus touchées par les rayons solaires directes, qui causes des problèmes de perturbations visuelles et des surchauffe en été, sont celles orientées vers le **sud-est**, et c'est les salles qui présence des situations d'inconfort

Donc, l'analyse de l'effet de l'ombre et les taches solaires nous a permis de confirmer que le l'hypothèse correspondant aux effets de l'orientation sur les conditions d'enseillement.

I.4 L'analyse photométrique :

La méthode d'observation nous permet de définir et de caractériser l'ambiance visible dans l'environnement lumineuse des salles concernées, cette méthode s'est déroulé image photographique ainsi la prise des notes à partir d'une grille d'observation. L'observation s'est déroulée le mois de juin en journée défavorable à ciel non couvert (24 juin), pendant plusieurs périodes de la journée : 9h, 12h, 14h, 15h pour avoir les différents changements apparents de l'environnement lumineux en fonction du temps.

I.4.1 la période de la matinée :

I.4.1.1 Salle (05 RDC) orientée nord, la période : juin (9h)

L'augmentation du degré de luminosité a divisé l'espace en deux zones : Une zone plus éclairé proche de la fenêtre ou nous avons remarqué l'apparition d'éblouissement qui est réfléchis sur les tables. Et une zone un peu sombre en s'éloignant des baies.



Figure (IV-15) : l'environnement lumineux dans la salle 05 à 9h.

Source : auteur

I.4.1.2 Salle (06 RDC) orientée sud, la période : juin (9h)

La photo montre la présence des taches solaires sur les tables à 1m de la baie, ce qui rend le travail impossible dans cette partie de la salle, en s'éloignant de la baie, le fond de la salle est caractérisé par la présence d'une lumière homogène.



Figure (IV-16) : l'environnement lumineux dans la salle 06 à 9h.

Source : auteur

I.4.1.3 Salle (02 RDC) orientée sud, la période : juin (9h)

La salle est bien éclairée, nous avons remarqué la présence de réflexion des rayons directs dans la partie proche de la fenêtre, et la présence d'éblouissement gênant sur le côté bureau et tableau. La luminosité se réduit en s'éloignant de la baie.



Figure (IV-17) : l'environnement lumineux dans la salle 02 à 9h.

Source : auteur.

I.4.1.4 Salle (11 étage) orientée nord, la période : juin (9h)

La photo nous montre la présence de la lumière d'une manière plus au moins homogène avec degré de luminance plus concentré sur le côté de la baie avec un effet d'éblouissement et sa réflexion sur les plans de travail. On remarque sur cette orientation l'absence des rayons solaires directs à l'intérieur de la salle (absence des taches solaire).



Figure (IV-18) : l'environnement lumineux dans la salle 11 à 9h.

Source : auteur

I.4.1.5 Salle(12 étage) orientée sud, la période : juin (9h)

Dans cette salle, les rayons solaires parcourent le long de la façade (présence de taches solaires sur les tables a proximité de la baie) et la concentration de ces rayons sur le coin bureau qui provoque un éblouissement gênant à cette période de la journée.



Figure (IV-19) : l'environnement lumineux dans la salle 12 à 9h.

Source : auteur

I.4.1.6 Salle(07 étage) orientée sud, la période : juin (9h)

La photo nous montre que la salle est bien éclairée, elle est dotée d'une lumière naturelle uniforme, et un degré de luminosité plus au moins équilibré, avec un risque faible d'éblouissement sur une partie de la façade vitrée.



Figure (IV-20) : l'environnement lumineux dans la salle 07 à 9h.

Source : auteur

I.4.2 La période de Midi :

I.4.2.1 Salle(06 RDC) orientée sud, la période : juin (12h)

Les images ci-dessus nous montrent une pénétration de la lumière naturelle dans la salle (présence de taches solaire à proximité de la baie), ce qui provoque une augmentation de la température, et une sensation d'inconfort dû à l'éblouissement réfléchis sur les plans de travail proche des ouvertures. En s'éloignant de la baie, le degré de luminance diminue.



Figure (IV-21) : l'environnement lumineux dans la salle 06 à 12h.

Source : auteur

I.4.2.2 Salle (02 RDC) orientée sud, la période : juin (12h)

Dans cette image, nous remarquons la concentration des étudiants dans le centre de la salle vu le besoin de lumière pour pouvoir travailler, l'image nous montre la présence des rayons solaires sur le sol à quelques centimètres de la baie, ce qui a engendré un éblouissement sur les tables proches des fenêtres. A cet effet, la salle est divisée en 3 parties : une partie très ensoleillée moins occupée à proximité de la baie, une partie centrale ombragée occupée par la plupart des étudiants. Et une partie sombre éloignée de la baie moins occupée.



Figure (IV-22) : l'environnement lumineux dans la salle 02 à 12h.

Source : auteur

I.4.2.3 Salle (08 étage) orientée sud, la période : juin (12h)

L'image montre l'augmentation de l'intensité de la lumière en proximité de la baie par conséquent la présence d'éblouissement gênant sur les tables. Cette intensité diminue en s'éloignant de la baie.



Figure (IV-23) : l'environnement lumineux dans la salle 08 à 12h.

Source : auteur 2019

I.4.2.4 Salle (12 étage) orientée sud, la période : juin (12h)

La salle est caractérisée par la présence d'une lumière avec un degré de luminance différent, il est augmenté proche de la fenêtre avec un grand effet d'éblouissement au niveau des parois et le tableau et se diminue en s'éloignant de la baie.



Figure (IV-24) : l'environnement lumineux dans la salle 12 à 12h.

Source : auteur

I.4.3 La période de l'après midi

I.4.3.1 Salle (12 étage) orientée sud, la période : juin (14h-15h)

La salle est plus éclairée dans la partie proche de la fenêtre avec la présence de réflexion des rayons solaires directs éblouissant, et d'une luminosité uniforme éloignée de la fenêtre.



Figure (IV-25) : l'environnement lumineux dans la salle 12 à 14h/15h.

Source : auteur

I.4.3.2 Salle (10étage) orientée sud, la période : juin (14h)

L'image nous montre la présence excessive d'éblouissement sur : le tableau, les plans de travail proches de la baie qui perturbe la vision. Nous avons remarqué que la lumière inonde tout l'espace d'une luminosité différente, Au niveau proche de la fenêtre : une forte luminosité et d'éblouissement sur les tables. Au niveau éloigné de la fenêtre: une luminosité uniforme confortable avec un bon rendu de couleur.



Figure (IV-26) : l'environnement lumineux dans la salle 10 à 14h.

Source : auteur

I.4.3.3 Salle (01 RDC) orientée nord, la période : juin (15h)

L'image nous montre que la salle est dotée d'une luminosité homogène mis à part le côté de la baie où nous avons remarqué la présence de petites taches solaires sur le sol et un d'éblouissement gênant réfléchis sur les plans de travail qui se trouvent à proximité de baie qui diminue en s'éloignant.



Figure (IV-27) : l'environnement lumineux dans la salle 01 à 15h.

Source : auteur

I.4.3.4 Salle (05 RDC) orientée nord, la période : juin (15h)

L'image nous montre la présence de taches solaire à proximité de la baie et un éblouissement réfléchis sur les parois, la luminosité de la salle diminue en s'éloignant de la baie, pour un rendu confortable au fond.



Figure (IV-28) : l'environnement lumineux dans la salle 05 à 15h.

Source : auteur, 2019

I.4.3.5 Salle (11 étage) orientée nord, la période : juin (15h)

Dans cette salle, la distribution de lumière est uniformément répartie, et un très faible éblouissement qui a créé un environnement lumineux agréable, confortable et stimulant avec un bon rendu de couleur.



Figure (IV-29) : l'environnement lumineux dans la salle 11 à 15h.

Source : auteur, 2019

I.5 Synthèse des résultats :

D'après l'analyse photométrique, les salles orientées vers le sud présentent plus de problèmes visuels comme la présence des taches solaires sur les plans de travail qui se situent à proximité des ouvertures pendant toute la journée (la salle N°12), un éblouissement gênant occupé la partie près de la baie et le contraste. L'orientation nord présente de faible éblouissement avec des rendus de couleur et luminosité uniformément répartie.

I.6 Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons présenté les conditions climatiques de la zone d'étude qui est la ville de BEJAIA, qui est caractérisé par un climat méditerranéen, bénéficie d'un potentiel en matière de lumière naturelle qui se traduit essentiellement par l'importance du rayonnement solaire direct et indirect, qui peut générer des sensation d'inconfort thermique et visuel. Dans cette étude, nous avons présenté notre cas d'étude, la condition climatique et d'enseillement auxquelles il est soumis. Nous avons ensuite effectué une analyse photométrique qui nous a permis de comprendre et de cerner les problèmes réels existants dans les salles du bloc, qui nous a permis de confirmer la 1^{ère} hypothèse sur l'existence de réels problèmes d'inconfort , mais les résultats obtenus ne sont pas représentatifs du comportement du bloc vis-à-vis l'enseillement, parce que l'étude a été faite en juin uniquement, et le les résultats des taches solaires et l'effet d'ombre montre que le bloc a un autre comportement dans les autres périodes. Pour cela nous avons opté de faire une enquête et des simulations pour compléter notre étude.

CHAPITRE V
ETUDE QUALITATIVE DU CONFORT VISUEL
DANS LES SALLES DU BLOC
D'ARCHITECTURE

V.1 Introduction :

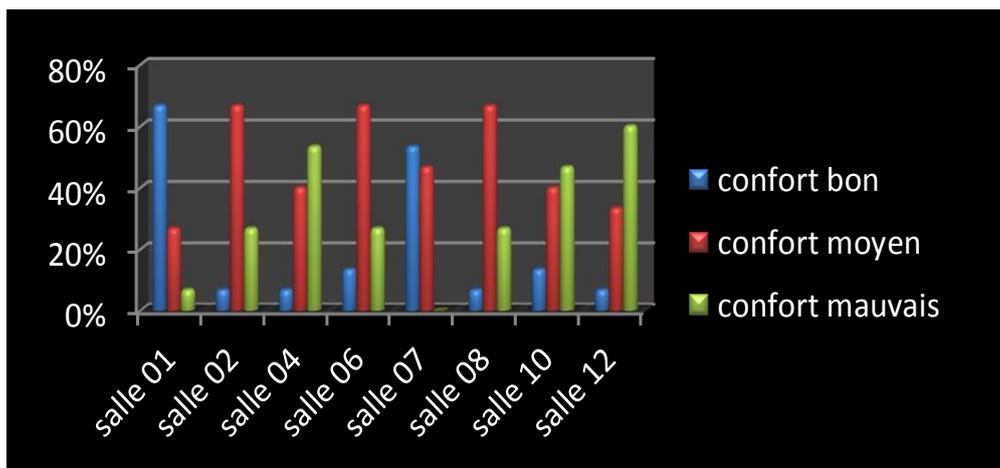
Nous présentons dans ce chapitre les résultats de notre enquête à échantillon, nous avons expliqué dans le chapitre processus méthodologique qu'il nous faut pour les résultats soit représentatif statistiquement un échantillon de 30 étudiants pour chaque salle, nous n'avons pu obtenir que entre 20 et 15 réponses par salle, et ce pour des raisons de fin d'année (examens et affichage), nous avons donc pu traiter les résultats obtenus avec l'Excel.

L'objectif de l'enquête est de confirmer ou affirmer les constats que nous avons faits dans notre analyse in situ et la lecture globale du comportement du bloc par rapport à l'ensoleillement, ce résultat va nous permettre d'avoir une idée sur les avis des usagers de l'espace qui sont les étudiants. Nous tenons à préciser que pour les salles dont l'orientation est nord-ouest Les réponses sont pratiquement les mêmes et ce à 90% nous avons donc choisi de laisser juste la salle 01 comme une salle représentative de cette orientation.

V.2 Etude du cas par cas (en fonction des salles) :

V.2.1 Evaluation du confort global dans les salles du bloc :

D'après le graphe pour la salle 01 est considéré globalement confortable pour 60% des étudiants, pour la salle 07 les avis sont très proches la salle est considéré comme confortable à moyennement confortable, pour les salles 02 et 06, 08 elles sont considérées comme moyennement confortable dans plus de 60% des réponses, pour les salles 04, 10 et 12 les salles sont considérées d'inconfortable.



Graphe (V-01) : Evaluation du confort global dans les salles du bloc

Source : auteur, 2019.

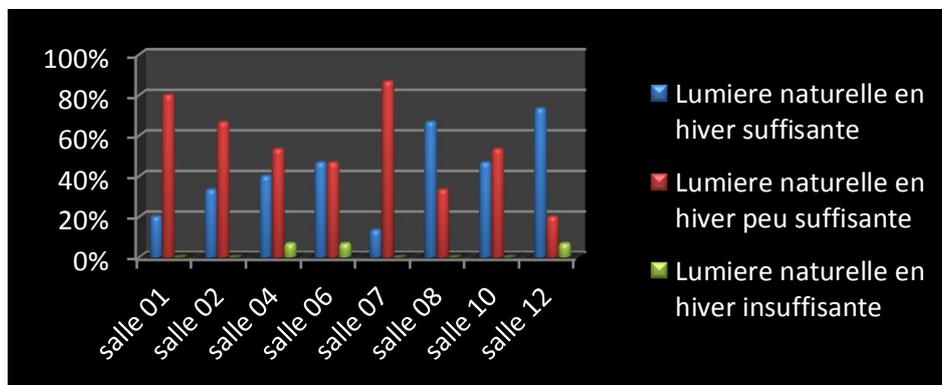
Nous expliquons ces résultats par les remarques ajoutés par les étudiants questionnés, le niveau moyennement confortable est en rapport avec le manque de dispositifs de protection au niveau des salles orientées nord-ouest. Et pour les salles jugées inconfortables, quelques étudiants justifient leur réponse par l'excès de lumière en été.

V.2.2 Evaluation de la lumière naturelle durant les saisons :

Il s'agit ici de comprendre selon les usagers du bloc, qu'elle sont les salles qui sont considérée comme des salles qui bénéficient d'une bonne quantité de lumière naturelle et ce en allant de quantités suffisantes à peu ou insuffisante.

V.2.2.1 En hivers :

Selon les réponses obtenues pour les salles 08 et 12 la lumière naturelle est considérée comme suffisante jusqu'à 70% des réponses, pour la salle 06 les réponses sont de taux très rapprochés entre ceux qui la considère suffisantes ou peu suffisante. La salle 07 quant à elle est considéré à 85% comme peu suffisante, les salles restantes la lumière est considérée comme peu suffisante à des taux très variable mais qui ne dépassent pas les 60% (salle 02, salle 04 et salle 10).



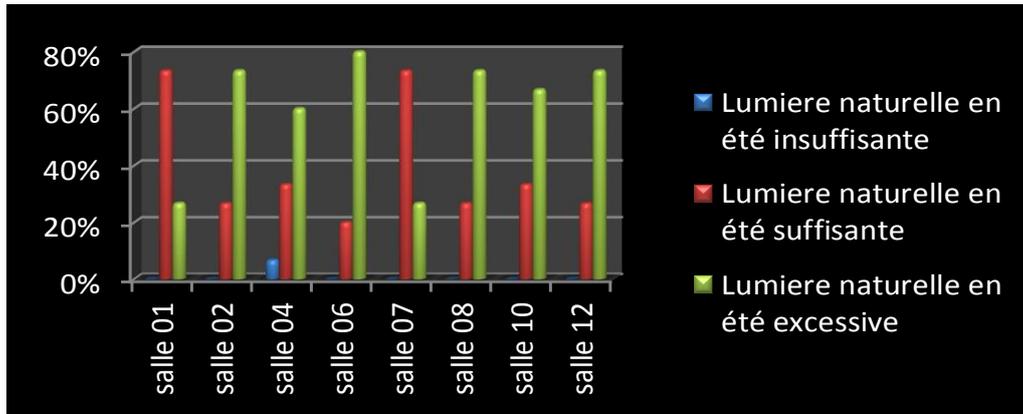
Graphe (V-02) : Evaluation de la lumière naturelle en hiver

Source : auteur, 2019.

Pour les salles étant bénéficiées de lumière naturelle suffisante, les étudiants ont justifié leurs réponses par les dimensions des fenêtres.

V.2.2.2 En été :

Pour la période de l'été les réponses des usagers qui trouvent que la lumière est insuffisantes sont inexistantes et ce pour la plupart des salles. Cependant nous remarquons que pour les salles 01 et 07 la lumière est considérée comme suffisante, pour le reste des salles (salle 02, 04, 06, 08, 10, 12) la lumière naturelle est considérée par les usagers excessive.



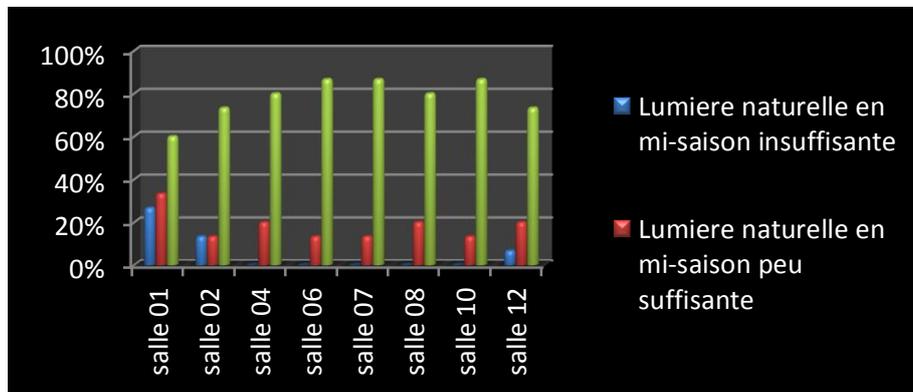
Graph (V-03) : Evaluation de la lumière naturelle en été

Source : auteur, 2019.

D'après l'analyse des justifications apportées par les étudiants questionnés, le coté sud-est est très exposé au soleil

V.2.2.3 En mi saison (Septembre /Mars) :

Pour ce qui est de la mi- saison la salle 01 est la seule salle que les usagers ou nous rencontrons des réponses variées, pour le reste des salles les usagers sont tous d'accord sur le fait que la quantité de la lumière est très excessive et les taux de cette réponse varient entre 60% à 85 % des usagers.

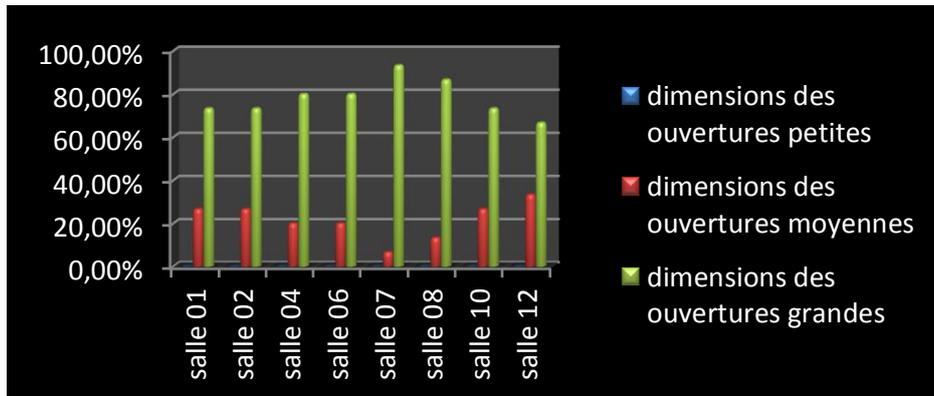


Graph (V-04) : Evaluation de la lumière naturelle en mi-saison (mars/sep)

Source : auteur, 2019.

V.2.3 Dimension des ouvertures et contrôle de la quantité de lumière :

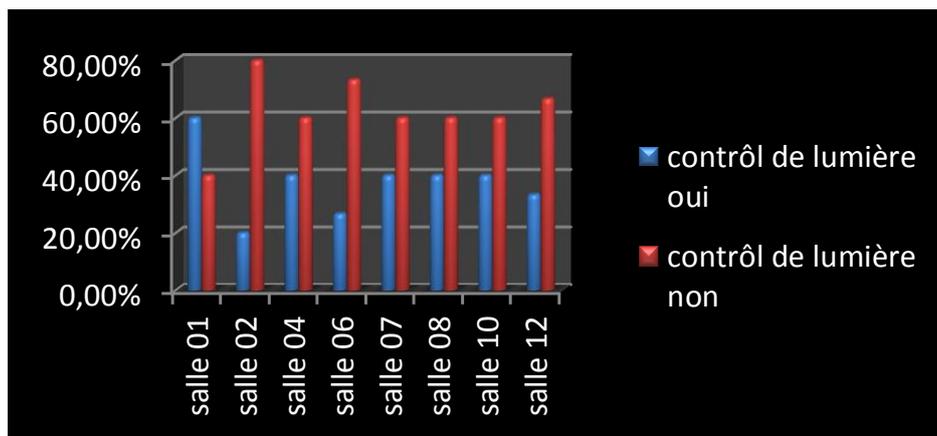
Nous avons remarqué que la plupart des usagers considère que les ouvertures des salles de bloc d'architecture sont très grande et ce de 70% jusqu'à 90% des réponses obtenues, cette réponse est justifié par un étudiant par le problème d'ensoleillement rencontré.



Graph (V-05) : Dimension des ouvertures

Source : auteur, 2019.

Cependant, pour la salle 01 60% des usagers considère qu'ils peuvent contrôler cette quantité de la lumière naturelle, pour les autres salles les usagers se plaignent de ne pas pouvoir la contrôler et leurs réponses varient entre 60% jusqu'à 90%.

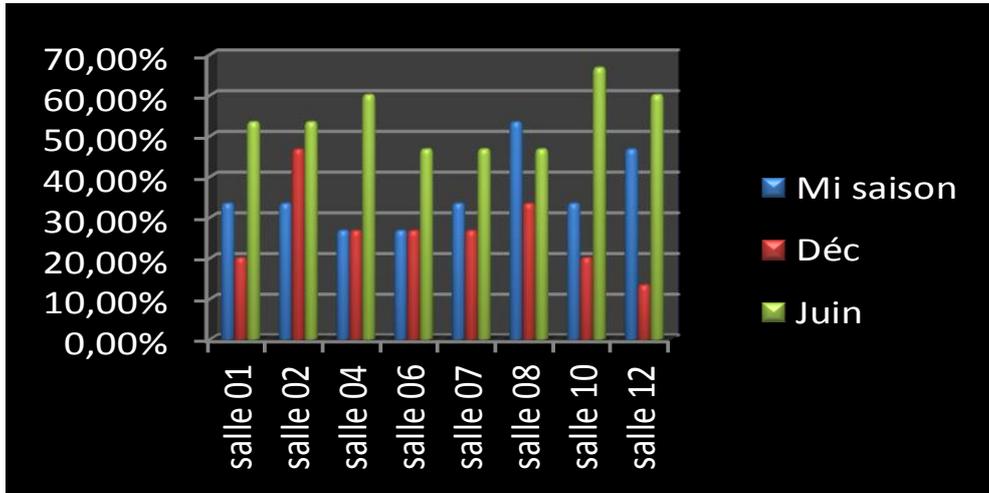


Graph (V-06) : contrôle de la quantité de lumière

Source : auteur, 2019.

V.2.4 Périodes par heure de journée et saison défavorables de la pénétration de la lumière naturelle :

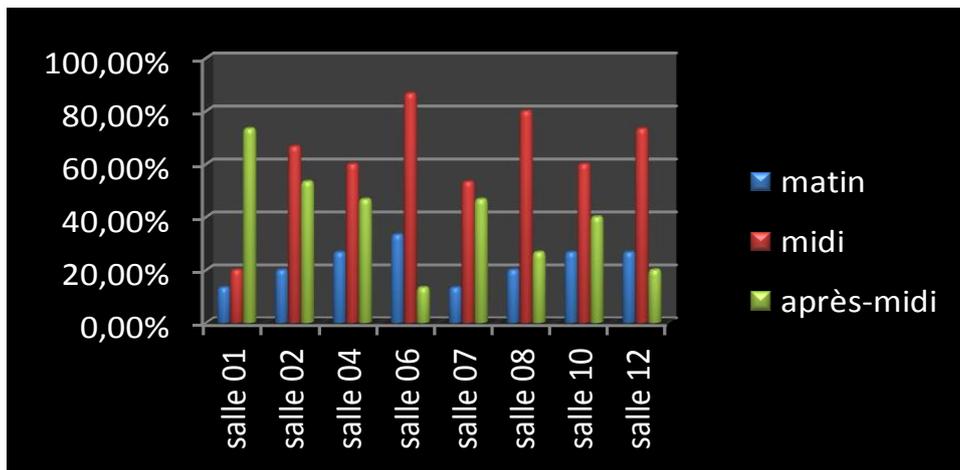
Les usagers des salles considèrent que la saison la plus défavorable pour le bloc d'architecture est la saison d'été, c'est-à-dire la période du 21 juin, avec une moyenne globale qui varie entre 55% à 65% pour toutes les salles, suivie de la saison de mi saison c'est-à-dire aux alentours du 21 septembre et le 21 juin avec des taux qui varient entre 35% jusqu'à 55%. Pour ce qui est de la saison d'hivers les réponses maximales sont obtenues pour la salle 02 et ce à 45%



Graphe (V-07) : Périodes par saisons défavorables de la pénétration de la lumière naturelle

Source : auteur, 2019.

Pour ce qui est des périodes, pour la salle 01, la période la plus défavorable est l'après-midi à 65%, la période de midi dépasse légèrement l'après midi avec des taux très proche de 50% et ce pour les salles 02, 04, 07, 10. La période de midi est la période la plus défavorable selon la réponse des usagers et ce avec des taux aux alentours de 80% et ce pour les salles : 06, 08, 12. Dans la pluparts des cas les usagers ne se plaignent pas pour la période de la matinée les taux varient entre 15% et 25%.



Graphe (V-08) : Périodes par heure de journée défavorables de la pénétration de la lumière naturelle

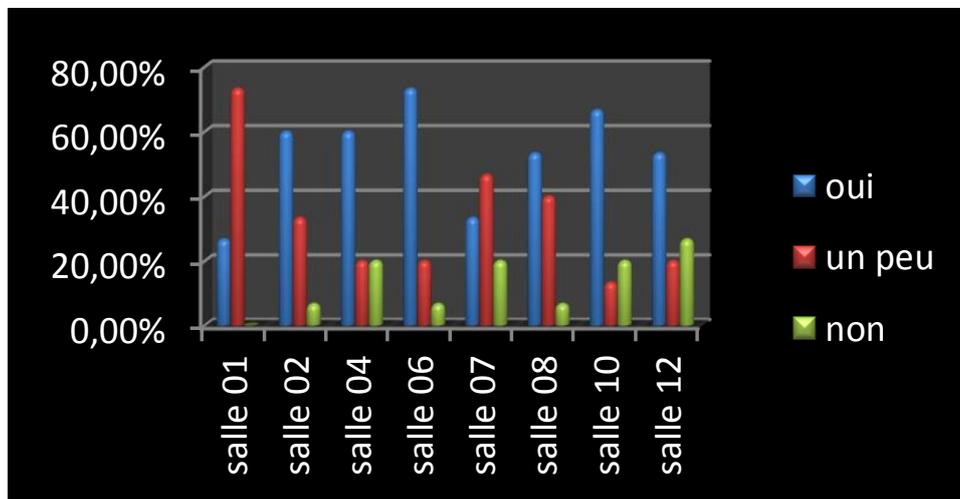
Source : auteur, 2019.

V.2.5 Fatigue visuelle et ses causes et ses effets sur le rendement des étudiants :

La fatigue visuelle est constatée avec des taux considérables allant de 50 à 70% dans les salles suivantes : 02, 04, 06, 10,12. Les réponses varient entre existante à peu existante dans les salles 07 et 08, et elle est non existante selon les usagers dans la salle 01 et toutes les salles dont l'orientation est Nord-ouest

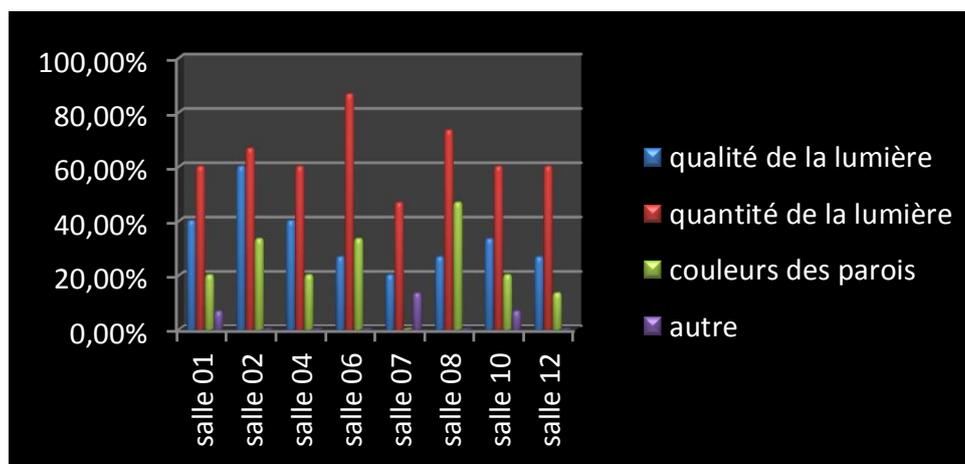
Tous les usagers sont d'accord sur le fait que les causes de cette fatigue visuelle sont du à la quantité de la lumière pénétrante, avec des taux qui varient entre 50 à 85%.

Cette fatigue visuelle affecte le rendement des étudiants dans toutes les salles selon les réponses obtenues, les taux sont de 60 à 85%



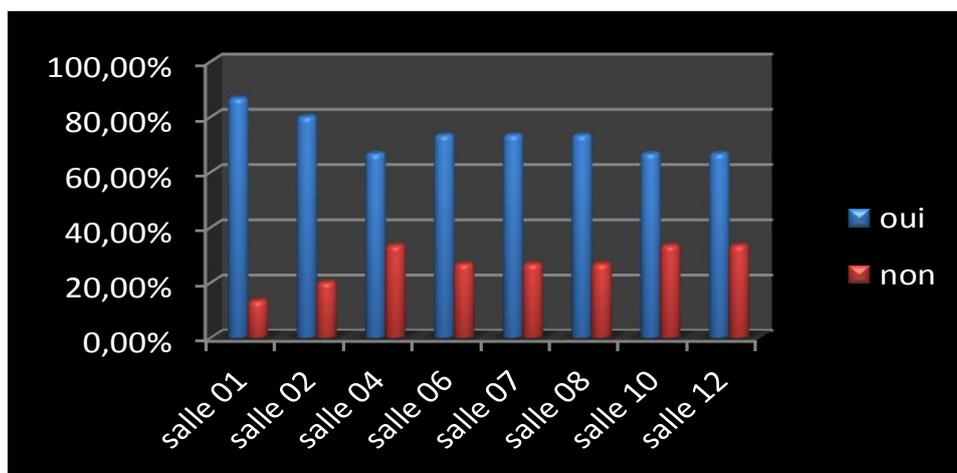
Graph (V-09) : répartition des étudiants selon la sensation de Fatigue visuelle

Source : auteur, 2019.



Graph (V-10) : répartition des étudiants selon les causes de la fatigue visuelle

Source : auteur, 2019.



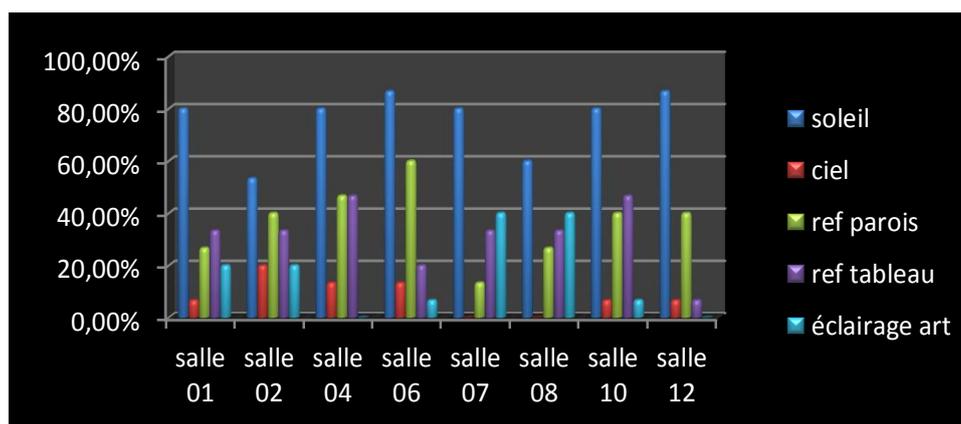
Graphe (V-11) : répartition des étudiants selon les effets du rendement en classe

Source : auteur, 2019.

V.2.6 Sources d'éblouissement :

L'éblouissement est l'un des phénomènes constatés dans les salles du bloc d'architecture, la source d'éblouissement est dans la plupart des réponses est liée au soleil et ce avec des taux qui varient entre 60 à 85%.

Les usagers citent aussi la réflexion de la paroi dans la salle 06, un rapprochement est aussi existant entre réflexion des parois et du tableau. La réflexion du tableau est une réponse que nous avons beaucoup trouvée dans notre questionnaire et ce avec des taux qui ne sont pas négligeable de 25 à 45%.

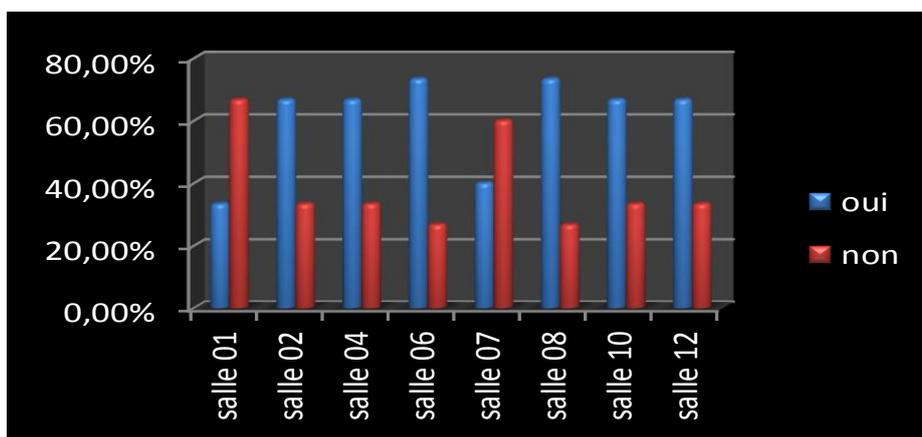


Graphe (V-12) : répartition des étudiants selon les sources de l'éblouissement

Source : auteur, 2019.

V.2.7 Contrastes et effet de la tache solaire et usage de la protection :

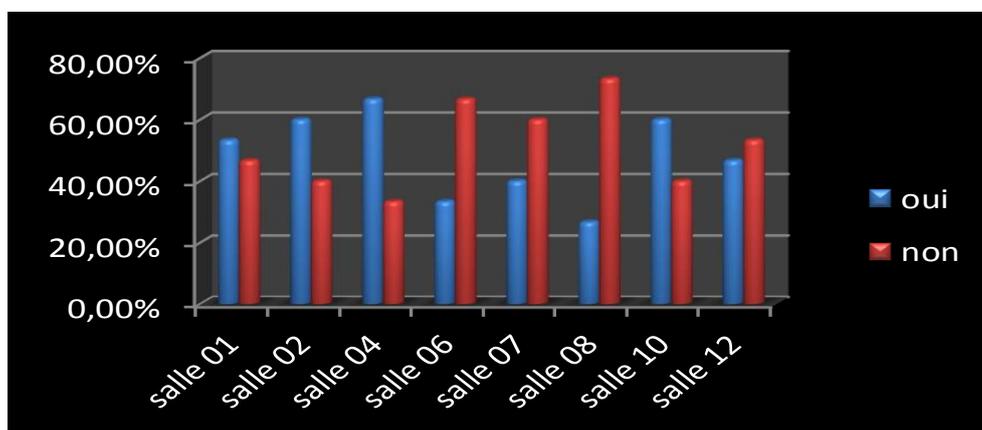
Nous avons constaté que les usagers de peignent de l'effet de tache solaire dans la plupart des salles avec des pourcentages qui varient entre 65 à 75%, cependant cette effet n'est pas constaté dans la salle 01 et la salle 07.



Graph (V-13) : répartition des étudiants selon la présence de taches solaire

Source : auteur, 2019.

La tache solaire oblige souvent les usagers des salles su bloc à utiliser la protection solaire, la protection est souvent utilisée selon les réponses obtenues dans les salles 01, 02, 03, 10. Elle n'est pas utilisée dans les salles 06, 07, 08, 12 (à cause de son inexistance)



Graph (V-14) : répartition des étudiants selon l'usage de la protection

Source : auteur, 2019.

V.3 Synthèse et correspondances globales :

Dans cette enquête, les réponses des étudiants ont mis en lumière les salles qui présentent des problèmes de confort visuel, les résultats de l'enquête montrent clairement que conditions d'éclairage naturel se défèrent d'un atelier à un autre, ou ils ont les qualifiées comme suivant :

Les salles orientées nord-ouest : la présence de lumière naturelle peu suffisante en hiver qui demande le recours à l'éclairage mixte (naturel+ artificiel), en été, la lumière pénétrante est jugée suffisante, les étudiants ne se plaignent pas des problèmes de taches solaires ni d'éblouissement, donc les salles orientées nord-ouest sont jugées confortables.

Les salles orientées sud-est :

D'après les témoignages des étudiants, ces salles souffrent dans les périodes estivales et hivernales de problème d'ensoleillement directs. Les résultats de l'enquête montrent clairement que la majorité des étudiants ont remarqué la présence de taches solaires sur leurs plans de travail pendant des périodes données, ainsi que l'apparition d'ombre gênant et de l'effet désagréable de l'éblouissement réfléchi.

V.4 Conclusion

L'enquête par questionnaire nous a permis de cerner les salles les plus exposées aux risques climatiques, précisément aux conditions d'ensoleillement. En générale, d'après l'enquête avec les étudiants du bloc d'architecture, nous avons déduit que les utilisateurs des salles du côté droite (orientées nord-ouest) sont les plus favorables, elles répondent aux attentes des étudiants en matière des besoins en lumière naturelle favorisée dans l'enseignement. Cette étude nous a permis de confirmer les deux hypothèses avancées concernant l'orientation du bloc, le dimensionnement et l'emplacement des ouvertures. Et de répondre aux questions posées au départ concernant l'existence de l'inconfort, ses causes, et les périodes dans lesquelles est ressenti.

On peut assister les usagers de cet espace avec des solutions et des recommandations pour mieux gérer les cas d'inconfort durant les moments les plus défavorables de l'année comme le représentent les salles orientées sud-est.

Les réponses des usagers ne sont pas suffisantes pour bien qualifier l'éclairage naturel et l'ambiance lumineuse dans les ateliers, car elles peuvent être influencé par des critères subjective (ce qui on a remarqué à travers les discussions avec les étudiants et l'interprétation des résultats). En vu d'obtenir des résultats plus fiables en terme de la qualité de l'environnement lumineux dans les ateliers, nous avons fait recours à une autre méthode d'évaluation qualitative qui est : l'observation.

CHAPITRE VI

EVALUATION QUANTITATIVE DE L'ECLAIRAGE NATUREL DANS LES SALLES DU BLOC D'ARCHITECTURE

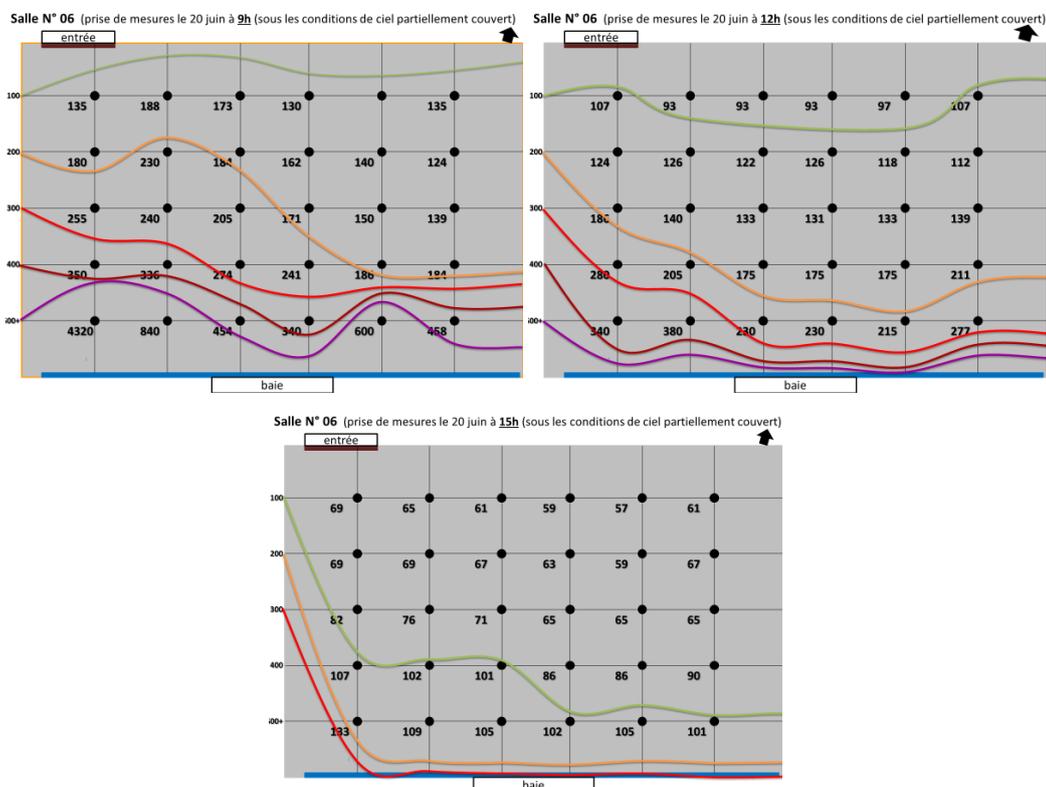
VI.1 Introduction :

Dans ce chapitre, nous allons présenter les résultats de la partie pratique, d'abord la campagne de prise de mesure, cette technique est la plus fiable par rapport aux résultats, parce qu'elle donne des résultats réels du moment, elle se fait en trois périodes (septembre/mars, décembre, juin). Dans notre cas, on ne peut pas l'effectuer pour toutes les périodes, pour des raisons de temps, nous avons fait recours à la simulation numérique assisté par un logiciel de simulation. Nous avons dans un premier temps effectuer les mesures pour la période la plus défavorable en été après nous allons faire la simulation par radiance et comparer les résultats. Par la suite nous allons simuler l'ensemble des salles du bloc pour avoir les taux d'éclairage réels afin de les comparer aux normes.

VI.2 La prise de mesure et leur comparaison aux résultats ECOTECT :

VI.2.1 La prise de mesure :

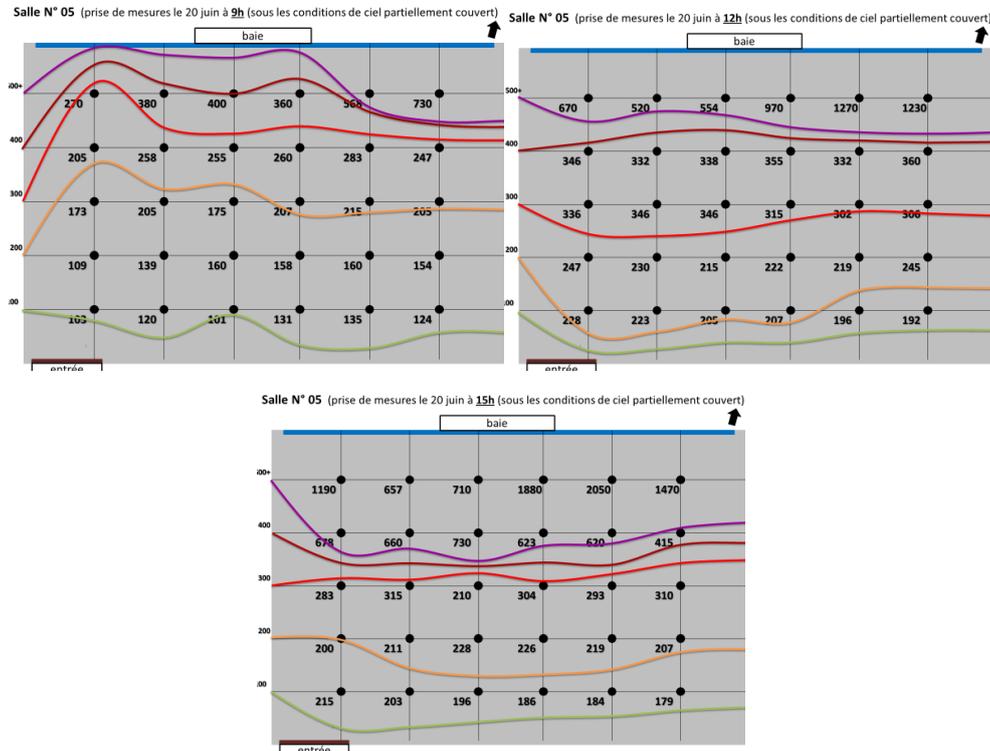
Nous avons réalisé une campagne de mesures pour une journée d'été, le 20 juin 2019 qui est considéré défavorable, nous avons choisi deux salles qui ont les mêmes caractéristiques (surface, couleurs.) sur deux orientations (sud-est, nord-ouest) dans les trois périodes les plus défavorables (9h, 12h, 15h), nous avons dessiné les courbes d'éclairage. Nous avons obtenu les résultats suivants :



Figures (VI-01) : Courbes d'éclairage mesuré pour la journée du 20 Juin pour la salle 06.

Source : auteur, 2019

Pour la salle orientée vers le sud-est, nous avons obtenu des niveaux d'éclairage qui varient entre 4000 lux et 150lux dans la période matinale (9h) en raison de présence de taches solaire à l'intérieur, ces valeurs sont presque les mêmes à 12h, et diminuent vers 15h pour atteindre 200lux à proximité de la baie (condition de ciel couvert).



Figures (VI-02) : Courbes d'éclairage mesuré pour la journée du 20 Juin pour la salle 06.

Sources : auteur

Dans la salle orientée nord-ouest, les valeurs sont moins que la salle orientée sud-est, elles varient entre 400 lux côté de la baie, et 120 lux loin de la baie pour la période matinale (9h), et entre 600lux à 150lux à midi, c valeurs augmentent vers l'après-midi.

VI.3 La correspondance simulation prise de mesure :

Nous avons reproduit les conditions réelles et nous avons simulé pour obtenir les valeurs de l'éclairage, les courbes sur les photos à droite représentent les résultats que nous avons comparés avec les résultats obtenus par la compagnie de mesure et les résultats sont les suivants :

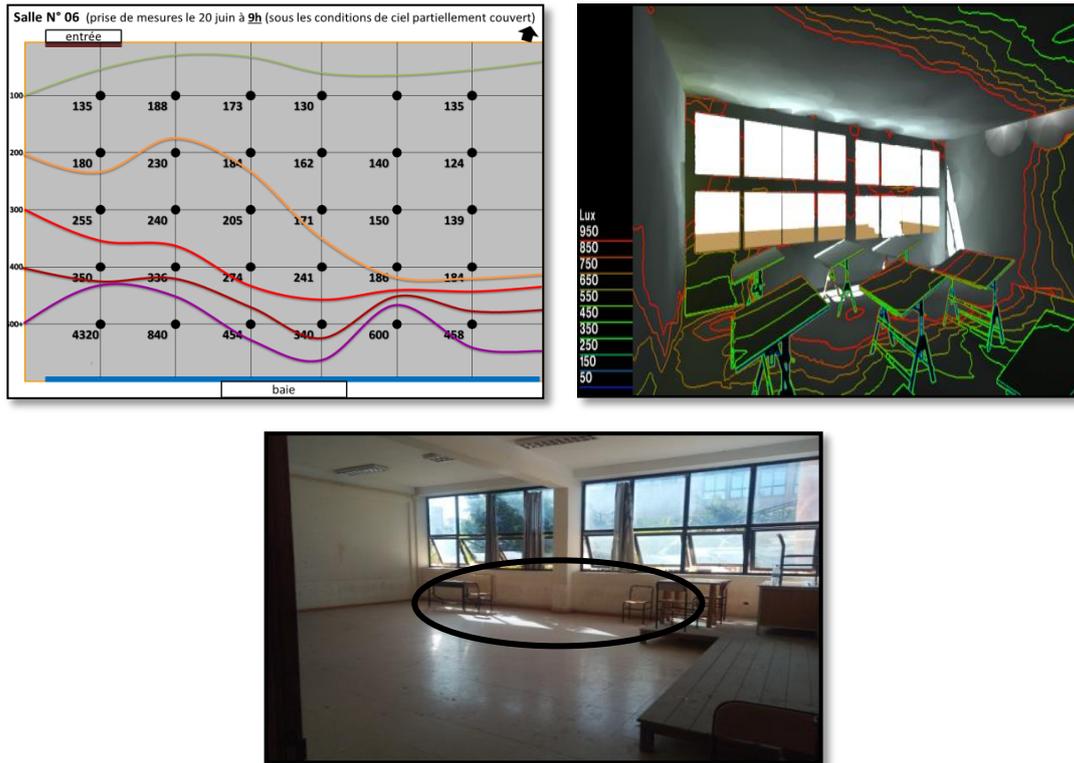


Figure (VI-03) : la correspondance entre les résultats obtenus par les prises de mesures et la simulation pour la salle 06 à 9h le 21 juin 2019.

Source : auteur, 2019.

Par correspondances, les résultats obtenus par le luxmètre et le logiciel de simulation pour la journée de 21 juin 2019 pour la salle 06 orientée sud-est sont proches à 80%, les valeurs dépassent 1000lux à proximité de la baie pour les deux méthodes. Et en comparant ses résultats avec les résultats obtenus dans l'analyse in situ et les résultats de l'enquête, les résultats de la simulation indiquent réellement la présence de taches solaires sur les plans de travail proches de la baie comme le montre la figure (VI-25).

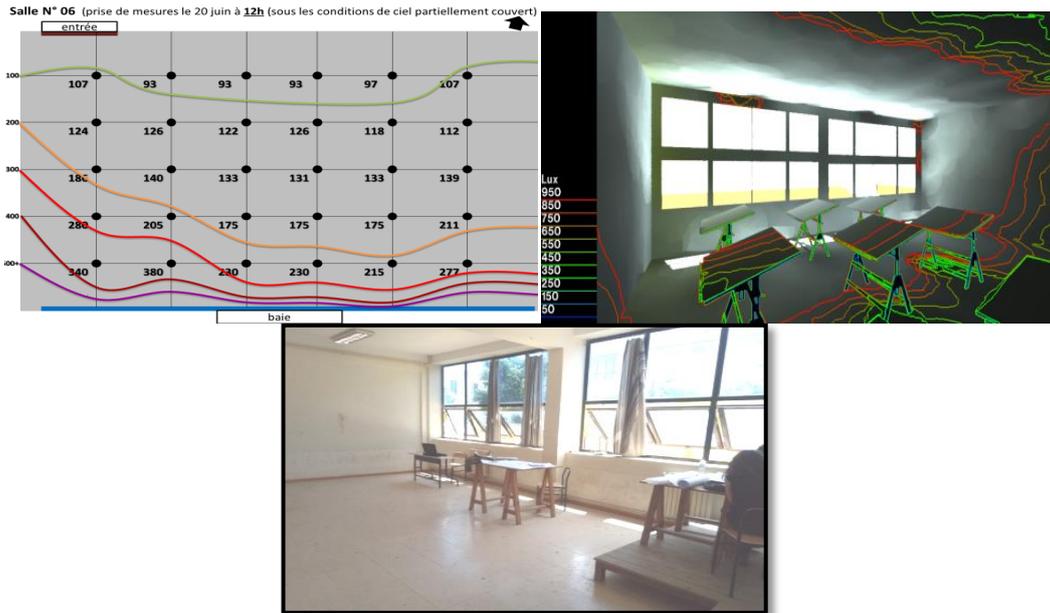


Figure (VI-04) : la correspondance entre les résultats obtenus par les prises de mesures et la simulation pour la salle 06 à 12h le 21 juin 2019.

Source : auteur, 2019

En comparant les résultats des différentes méthodes d'évaluation de la période de midi pour la salle 06, les valeurs de l'éclairage se rapprochent (la diminution vu sur les courbes est de aux conditions du ciel qui est instable), les résultats de l'enquête indiquent que 73.33% des étudiants ont constaté la présence de taches solaire dans la salle, en les correspondant avec les résultats de l'observation et la simulation, ce problème existe réellement.

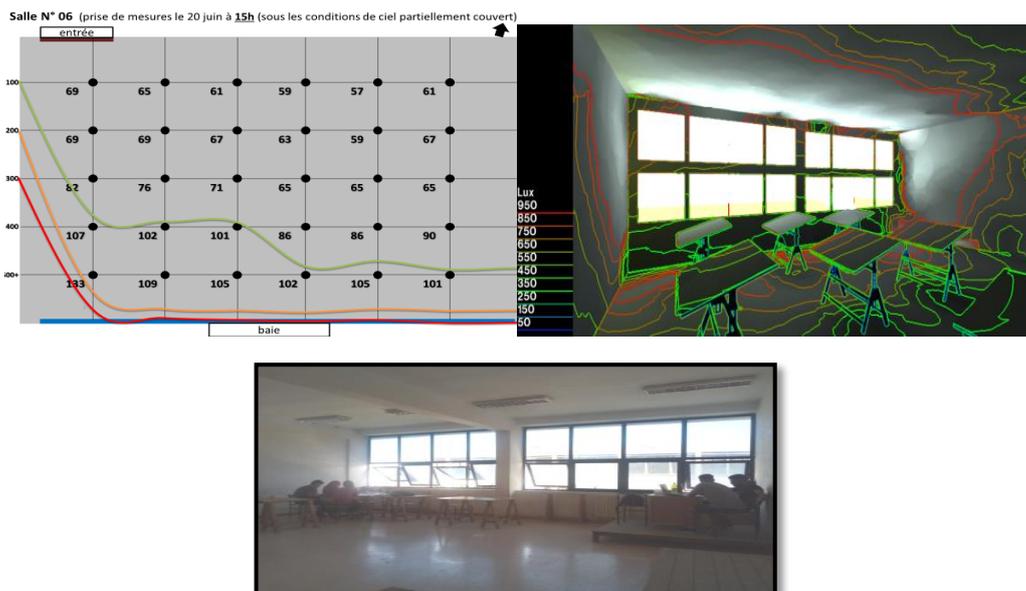


Figure (VI-05) : la correspondance entre les résultats obtenus par les prises de mesures et la simulation pour la salle 06 à 15h le 21 juin 2019.

La comparaison des résultats obtenus par la simulation et la prise de mesure pour la période de l'après-midi ne correspondent pas parfaitement vu les conditions du ciel du moment de la prise de mesure, mais les résultats de la simulation indiquent la présence de l'effet d'éblouissement visible dans la figure (VI-27). Les résultats de l'enquête concernant l'éblouissement dans la salle 06 dans cette période dépassent 80% pour oui.

VI.4 Présentation et discussion des résultats de la simulation :

Le recours à la simulation est plus que nécessaire pour les période restante de l'année qui sont la mi saison (Mars /Septembre) et la période hivernale, dans ce qui suit nous allons présenter les résultats de la simulation par radiance pour chaque salle du bloc. Il est a remarquer que pour les salles orientés nord est nous avons choisi de présenter une seul simulation vu que les taux sont les mêmes pour toutes les salles.

VI.4.1 Période de simulation : 21Décembre 2018

VI.4.1.1 Salle N° 01 (RDC, orientée nord-ouest) :

Pour la période de la matinée : Les résultats de la simulation montrent que les niveaux d'éclairément ne dépassent pas 450 lux (ils varient entre 450lux pour les plans proches des baies, et 50lux sur les plans de la rangée au fond), la salle est bien éclairé coté baie, et s'assombrie en s'éloignant, et pas de problème d'éblouissement.

A midi : Nous avons remarqué l'élévation des niveaux d'éclairément sur la paroi de la façade vitrée et les plans qui y sont proches, ils ont atteint 850lux, et ces valeurs diminuent en s'éloignant pour atteindre 300lux au centre de la salle et 50lux sur les plans éloignés de la baie.

Pour la période de l'après-midi : Le soir, les valeurs d'éclairément sont presque les mêmes qu'à midi avec une légère diminution.

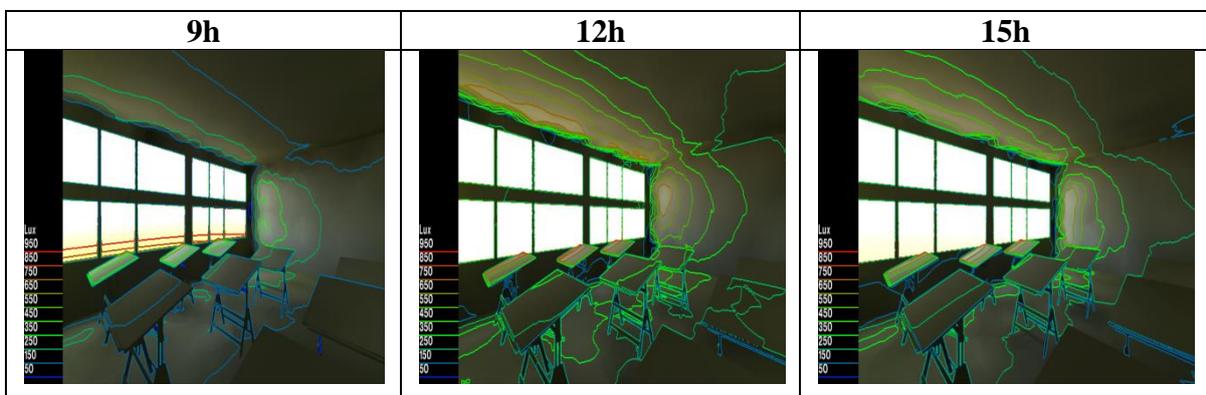


Tableau (VI-01) : variation des valeurs de l'éclairément dans la salle 01 Pour la période 21dec 2018

Source : auteur, 2019.

VI.4.1.2 Salle N°02 (RDC, orientée sud-est)

Pour la période de la matinée : Le niveau d'éclairage intérieur atteint 900lux de plus sur la paroi vitrée dû à la pénétration des rayons solaires directs sur le coin bureau et la rangée à proximité de la baie, et diminue pour atteindre 450lux, c'est en dessous de la valeur adaptée pour un confort visuel (300lux). Nous avons remarqué un fort éblouissement sur le bureau et le tableau.

A midi : A midi, le niveau d'éclairage dépasse les 900lux sur la moitié de la salle pour atteindre jusqu'à 4000lux de plus. Nous avons remarqué qu'une grande partie des plans de travail est couverte de taches solaires dues à la pénétration des rayons solaires directes, et une partie de la salle sombre ce qui crée un contraste.

Pour la période de l'après-midi : Les conditions d'éclairage intérieur indiquent une diminution par rapport à midi mais reste en dessous de la valeur de la norme recommandée (300lux) qui varient entre 350lux jusqu'à 2000lux de plus. Nous avons remarqué la présence d'éblouissement sur une partie de la salle qui génère des troubles visuelles.

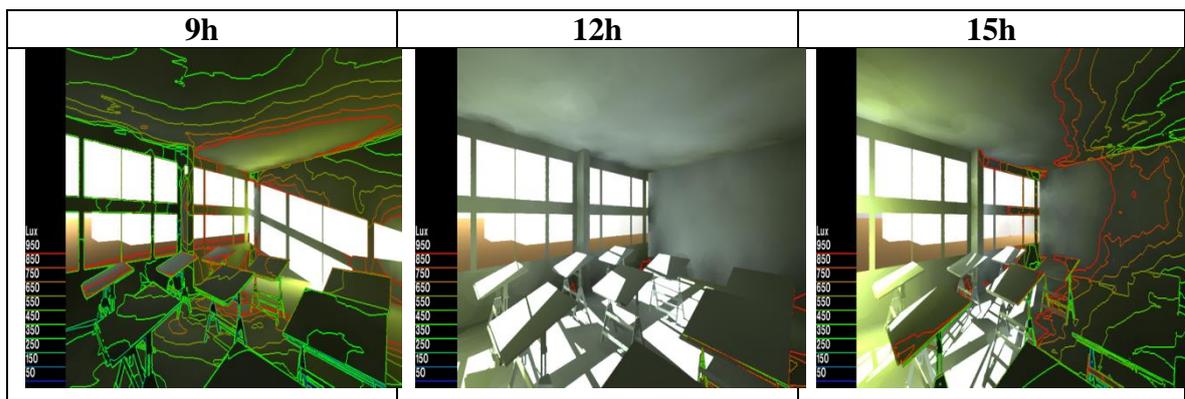


Tableau (VI-02) : variation des valeurs de l'éclairage dans la salle 02 Pour la période 21dec 2018

Source : auteur, 2019.

VI.4.1.3 Salle N°04 (RDC, orientée sud-est)

Pour la période de la matinée : Dans cette salle, les valeurs d'éclairage varient entre 900lux et 350lux dans la période matinale, présence de taches solaires sur quelques plans de travail, absence d'effets d'éblouissement gênant.

A midi : Les taches solaire occupent une bonne partie de la salle, les résultats de la simulation affichent des valeurs très élevées d'éclairage qui peuvent atteindre 5000lux sur la paroi vitrée, ces valeurs diminuent en s'éloignant (900lux, une valeur très élevée en la comparant à la norme recommandée). Des effets d'éblouissement réfléchis sur les plans de travail et les parois latérales.

Pour la période de l'après-midi : Par rapport à midi, les l'éclairément dans la salle diminue, les niveaux varient entre 1000lux et 350lux au fond de la salle, et un effet d'éblouissement gênant réfléchis sur les plans proches de la baie et le tableau qui perturbe la vision.

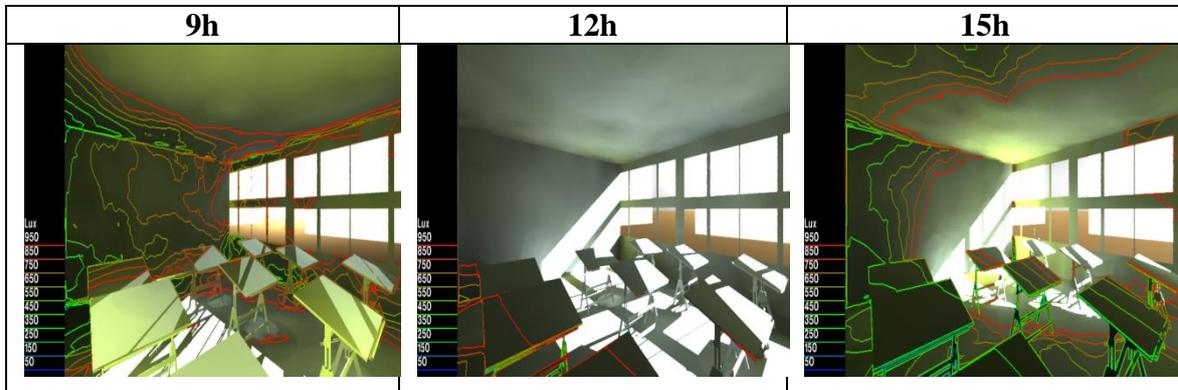


Tableau VI-03 : variation des valeurs de l'éclairage dans la salle 04 Pour la période 21dec 2018.

Source : auteur, 2019.

VI.4.1.4 Salle N°06 (RDC, orientée sud-est)

Pour la période de la matinée : les résultats de la simulation numérique indiquent des valeurs d'éclairage qui varient entre 950lux à 250lux voire même 150lux sur le point le plus éloigné de la baie.

A midi : les valeurs d'éclairage indiquées dépassent les 950lux, nous avons remarqué une grande quantité de lumière naturelle (taches solaires) sur la plus grande partie de la salle, avec risque d'éblouissement réfléchis. A cette heure de la journée dans la période hivernale, le travail est impossible qui nécessite une intervention.

Pour la période de l'après-midi : L'augmentation de la pénétration des rayons solaire dans la partie arrière de la salle, engendre un grand effet d'éblouissement et des taches solaires sur les plans de travail à proximité de la baie, le niveau d'éclairage dans cette partie dépasse les 950 lux, en s'éloignant de ce coin, les valeurs diminuent pour atteindre 350 lux.

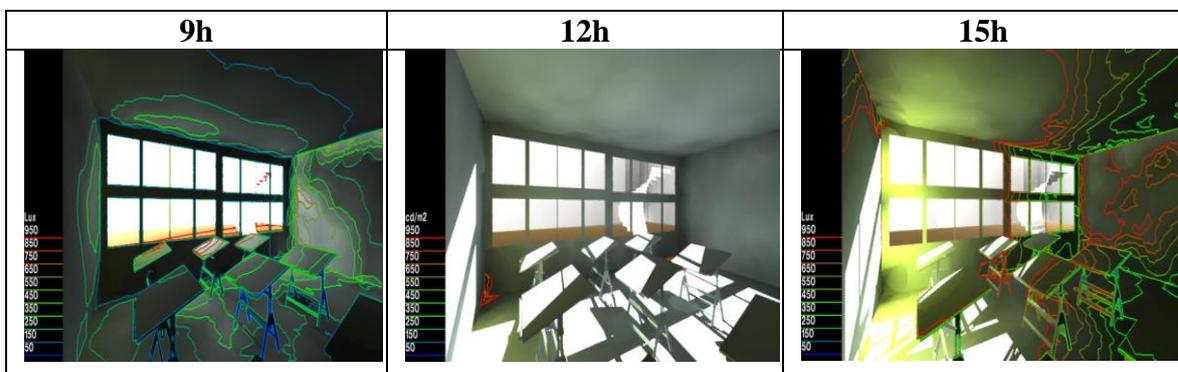


Tableau (VI-04) : variation des valeurs de l'éclairage dans la salle 06 Pour la période 21dec 2018.

Source : auteur, 2019.

VI.4.1.5 Salle N° 07 (étage, orientée nord-ouest) :

Pour la période de la matinée : l'absence des taches solaires a engendré une diminution des valeurs d'éclairement qui sont variées entre : 450 sur la façade vitrée, et entre 350 et 100 lux en s'éloignant. et l'absence d'éblouissement. Pendant cette période, la salle est moins éclairée et nécessite un recours à l'éclairage artificiel.

A midi : A midi, les valeurs d'éclairement augmentent pour atteindre 900lux sur la façade vitrée et 350 jusqu'à 250lux sur les plans loin de la baie. L'environnement dans la salle est confortable, avec un bon rendu de couleur en absence d'éblouissement et les taches solaires sur les tables.

Pour la période de l'après-midi : Les valeurs d'éclairement ont peu diminué par rapport à midi, la salle devient un peu sombre en s'éloignant de la baie.

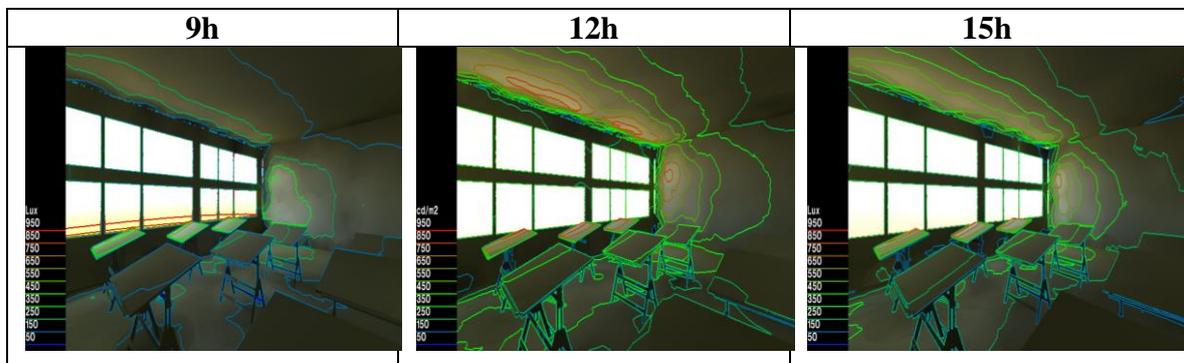


Tableau (VI-05) : variation des valeurs de l'éclairement dans la salle 07 Pour la période 21dec 2018.

Source : auteur, 2019.

VI.4.1.6 Salle N°08 (étage, orientée sud-est)

Pour la période de la matinée : Un tiers de la salle affiche des taches solaires sur les plans de travail, le tableau et le bureau, qui a engendré un grand effet d'éblouissement sur ces derniers. Les valeurs d'éclairement sont considérablement élevées à proximité du coin bureau et tableau pour atteindre une valeur de 950lux de plus, plus on s'éloigne, la valeur diminue pour atteindre 350lux a fond de la salle.

A midi : Les résultats de la simulation indiquent des niveaux d'éclairement trop élevé qui dépasse les 900lux sur les plans éloigné de la baie, les taches solaires occupent une grande partie à ce moment de la journée avec des effets d'éblouissement.

Pour la période de l'après-midi : sur la partie proche de la baie les effets d'éblouissement sont très importants, dues à la pénétration des rayons solaires directs sur cette partie, les résultats indiquent des valeurs élevées dans cette partie et diminuent en s'éloignant, ces valeurs varient entre 2000lux et 350lux.

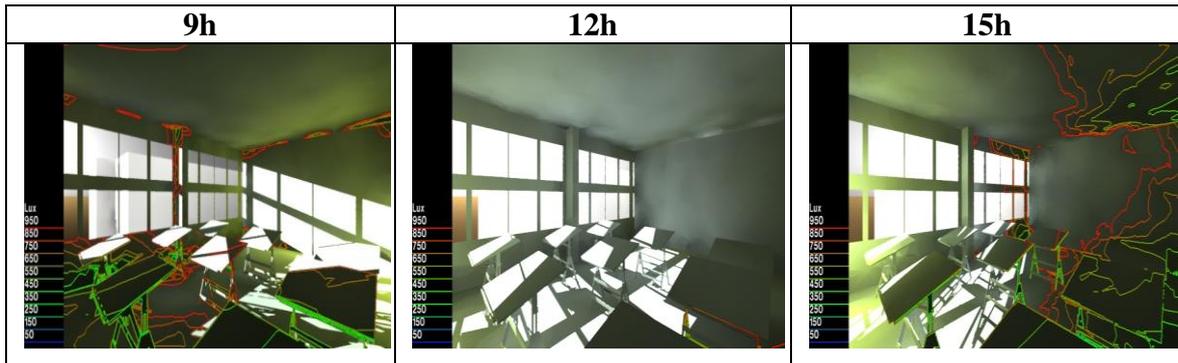


Tableau VI-06 : variation des valeurs de l'éclairage dans la salle 08 Pour la période 21dec 2018.

Source : auteur, 2019.

VI.4.1.7 Salle N° 10 (étage, orientée sud-est)

Pour la période de la matinée : Les valeurs de l'éclairage indiquées dans les résultats de la simulation sont élevées sur une grande partie de la salle avec la présence des rayons solaires directe sur les plans de travail.

A midi : Les taches solaires longent presque la totalité de la salle, et les niveaux d'éclairage dépassent 10 fois les normes recommandées (2000-5000lux).

Pour la période de l'après-midi : A 15h, le niveau d'éclairage diminue sur une partie de la salle pour atteindre une valeur de 350 lux loin de la baie, mais à proximité les valeurs restent élevées, et un effet d'éblouissement est marqué sur le tableau et les tables à côté de la baie

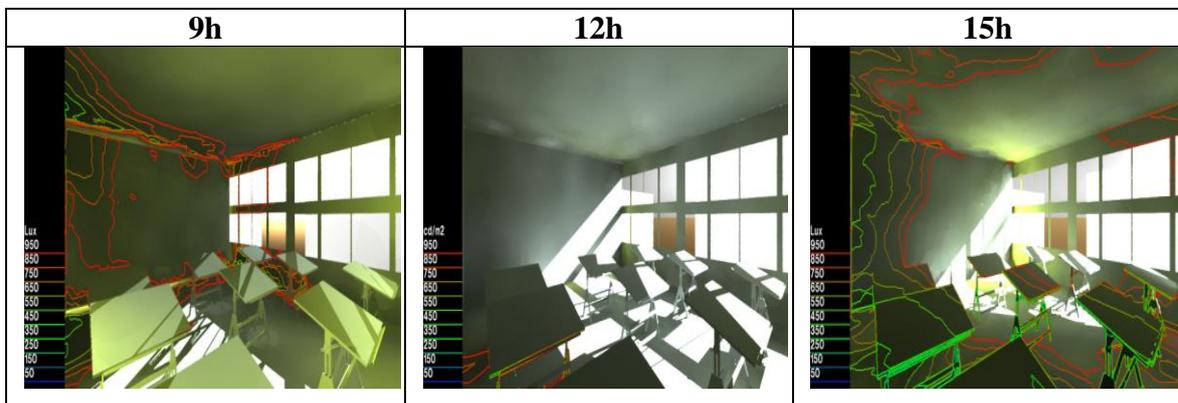


Tableau (VI-07) : variation des valeurs de l'éclairage dans la salle 10 Pour la période 21dec 2018.

Source : auteur, 2019.

VI.4.1.8 Salle N°12 (étage, orientée sud-est)

Pour la période de la matinée : Sur la période matinale, les rayons solaires occupent un tiers de la surface de la salle, les niveaux d'éclairage varient entre 300lux à 900lux sur les parties où se trouvent les taches solaires.

A midi : La totalité de la salle est parcourue par les rayons solaires directs, qui ont engendré la hausse des niveaux d'éclairage dans la salle (1000lux de plus).

Pour la période de l'après-midi : Dans l'après-midi, les valeurs diminuent sur une partie de la salle (entre 300lux à 2000lux)

Un effet important d'éblouissement est marqué sur un coin de la salle et quelques plans de travail proche de la baie.

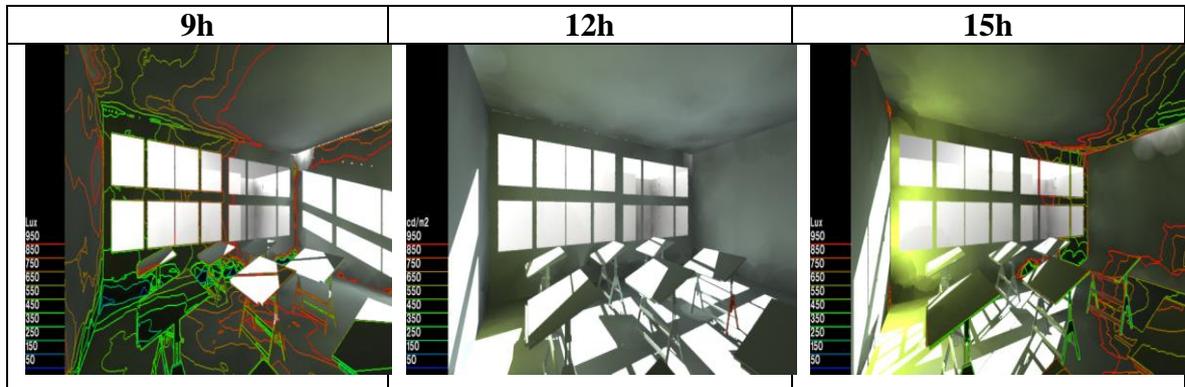


Tableau (VI-08) : variation des valeurs de l'éclairage dans la salle 12 Pour la période 21dec 2018.

Source : auteur, 2019.

VI.4.2 Période de simulation : 21 juin 2019

VI.4.2.1 Salle N°01 (RDC, orientée nord-ouest)

Pour la période de la matinée : La salle est bien éclairé à cette période, les résultats indiquent des valeurs proche de la norme (250lux, 300lux et atteints 850lux à proximité de la baie)

A midi : Nous avons remarqué une légère augmentation des valeurs d'éclairage enregistrées à 9h, qui peuvent atteindre 550 à 600lux sur le centre de la salle, et 950lux à proximité de la baie.

Pour la période de l'après-midi : Les résultats sont presque identiques par rapport aux résultats affichés à midi.

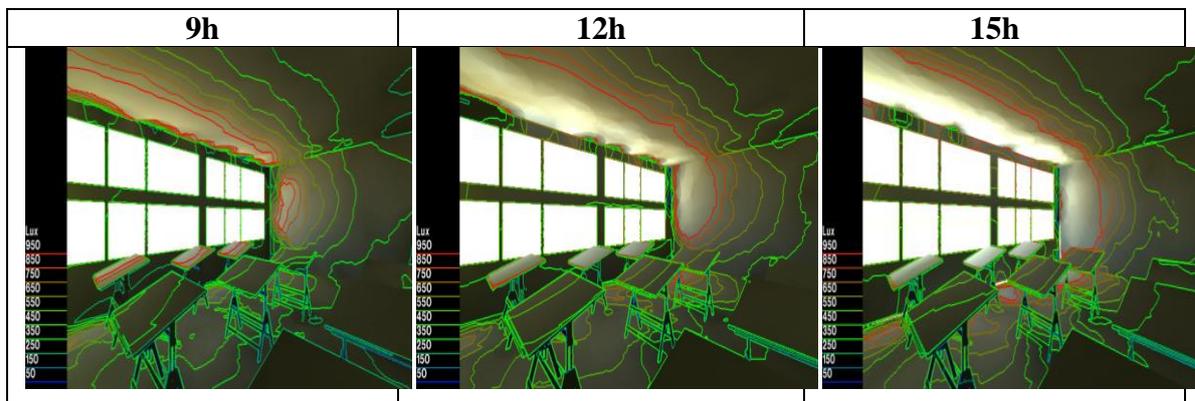


Tableau (VI-09) : variation des valeurs de l'éclairage dans la salle 01 Pour la période 21juin 2019.

Source : auteur, 2019.

VI.4.2.2 Salle N°02 (RDC, orientée sud-est)

Pour la période de la matinée : A 9h, les résultats de la simulation indiquent des valeurs d'éclairage qui varient entre : 250 et 560 lux d'une répartition uniforme. Nous avons remarqué la présence d'une partie éblouissante sur le coin bureau.

A midi : A midi, les valeurs d'éclairage augmentent pour atteindre une valeur qui dépasse 950 lux, présence de taches solaires et un effet d'éblouissement très important réfléchis sur les parois à proximité de la baie et sur les tables.

Pour la période de l'après-midi : Absence de tache solaire ce qui a réduit les effets d'éblouissement, et les valeurs d'éclairage sont un peu diminuées par rapport aux valeurs enregistré à midi.

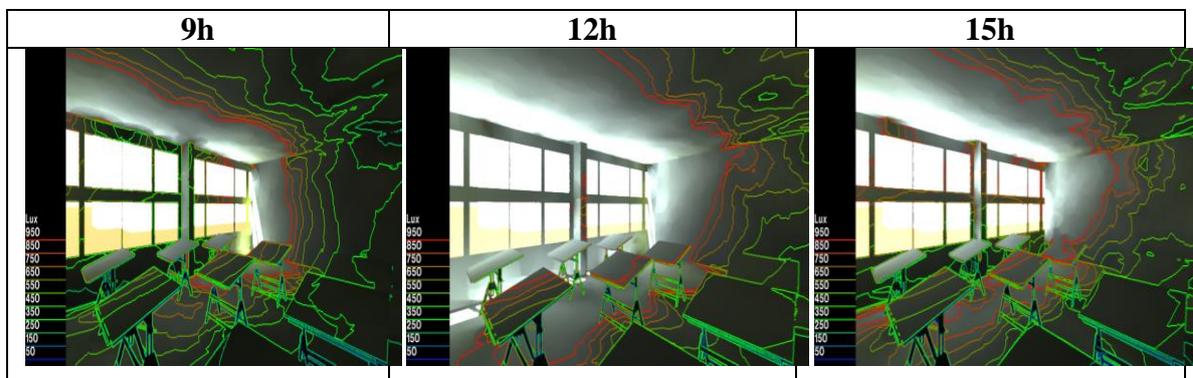


Tableau (VI-10) : variation des valeurs de l'éclairage dans la salle 02 Pour la période 21 juin 2019.

Source : auteur, 2019.

VI.4.2.3 Salle N° 04 (RDC, orientée sud-est)

Pour la période de la matinée : Les valeurs d'éclairage sont élevées à proximité de la baie et diminuent en s'éloignant, nous avons aussi remarqué la présence de taches solaires sur les bords de la baie qui a engendré un faible effet d'éblouissement. Le fond de la salle a enregistré des valeurs faibles (100 lux-150 lux) d'éclairage ce qui a créé un contraste.

A midi : A midi, les valeurs d'éclairage ont augmenté, (elles varient entre 2000 lux, 950 lux, 450 lux), un effet d'éblouissement très considérable visible sur les plans de travail à proximité de la baie.

Pour la période de l'après-midi : A cette heure, les valeurs sont les mêmes que la période matinale, avec un effet d'éblouissement visible sur la façade vitrée qui procure une sensation de gêne visuelle.

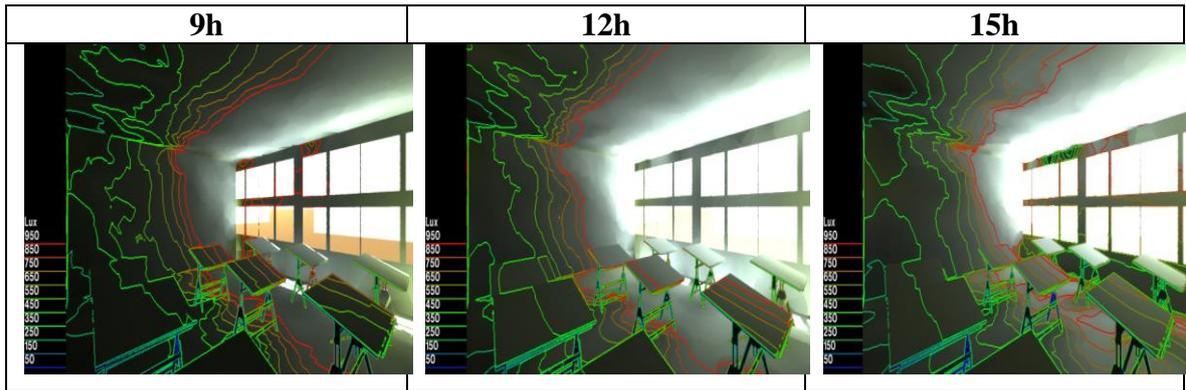


Tableau (VI-11) : variation des valeurs de l'éclairage dans la salle 04 Pour la période 21 juin 2019.

Source : auteur, 2019.

VI.4.2.4 Salle N° 06 (RDC, orientée sud-est)

Pour la période de la matinée : la salle est divisée en deux, une partie très éclairée avec des valeurs d'éclairage atteignant 950lux de plus avec une présence de taches solaires, et une partie bien éclairée avec un éclairage moyen (350 lux proche de la norme)

A midi : à midi, une augmentation des taches solaire sur les bords de la baie avec un effet d'éblouissement considérable, les valeurs d'éclairage s'affiche plus de 950lux a proximité de la baie (des valeurs très élevées).

Pour la période de l'après-midi : Diminution des valeurs d'éclairage qui varient entre 250lux lux à 650lux, et un effet d'éblouissement minime sur les parois.

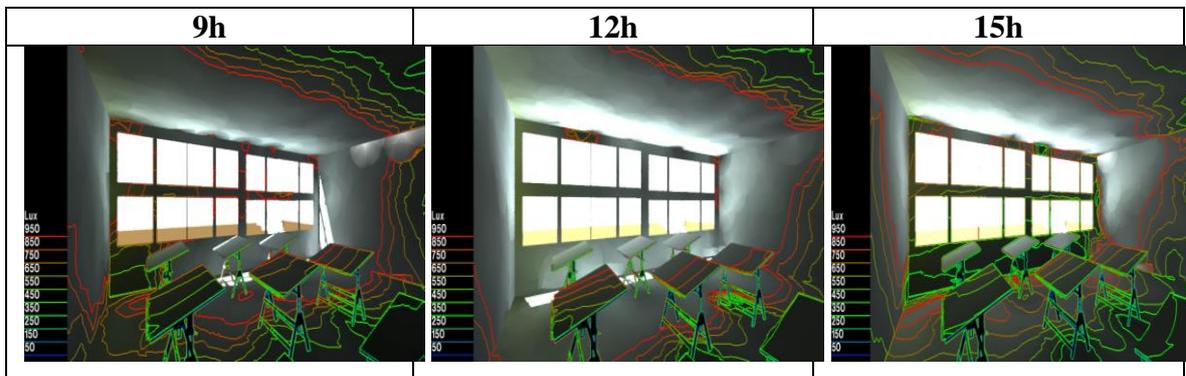


Tableau (VI-12) : variation des valeurs de l'éclairage dans la salle 06 Pour la période 21 juin 2019.

Source : auteur, 2019.

VI.4.2.5 Salle N° 07 (étage, orientée nord-ouest)

Pour la période de la matinée : Les valeurs d'éclairage sont réparties uniformément dans la salle, où nous avons noté une partie très éclairée à proximité de la baie (900lux), puis la diminution de ces valeurs en s'éloignant de la baie, qui atteignent 250lux à 350lux (dans les normes)

A midi : les valeurs d'éclairement sont presque les mêmes qu'à la période matinale, avec un faible effet d'éblouissement.

Pour la période de l'après-midi : les mêmes résultats que les deux périodes précédentes.

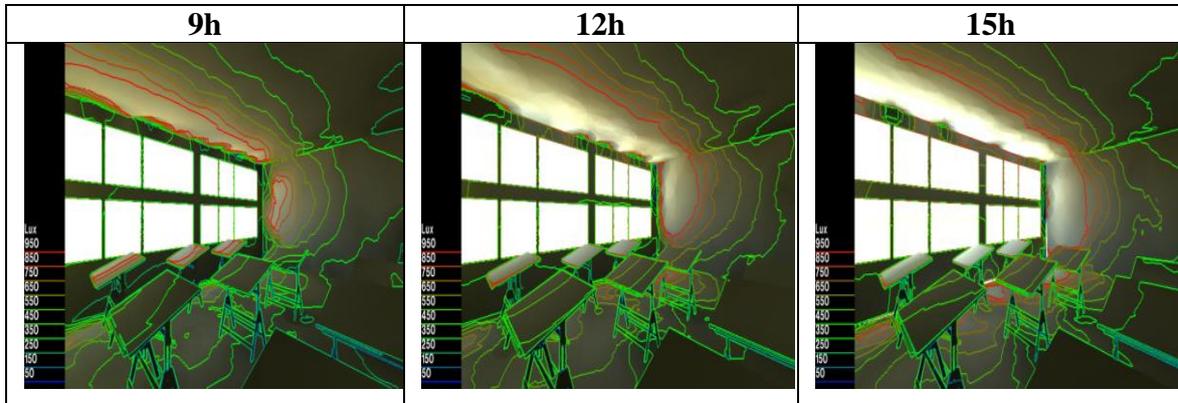


Tableau (VI-13) : variation des valeurs de l'éclairement dans la salle 07 Pour la période 21 juin 2019.

Source : auteur, 2019.

VI.4.2.6 Salle N° 08 (étage, orientée sud-est)

Pour la période de la matinée : Les résultats indiquent la présence d'un éblouissement sur le coin bureau et tableau, les valeurs d'éclairement varient entre 950 lux et 350 lux.

A midi : A cette période, les valeurs d'éclairement sont trop élevées cela est dû à la pénétration des rayons solaires directs et un grand effet d'éblouissement sur les tables et les parois à proximité de la baie

Pour la période de l'après-midi : Une légère diminution des valeurs d'éclairement par rapport à midi, et l'effet d'éblouissement réduit en absence des taches solaires.

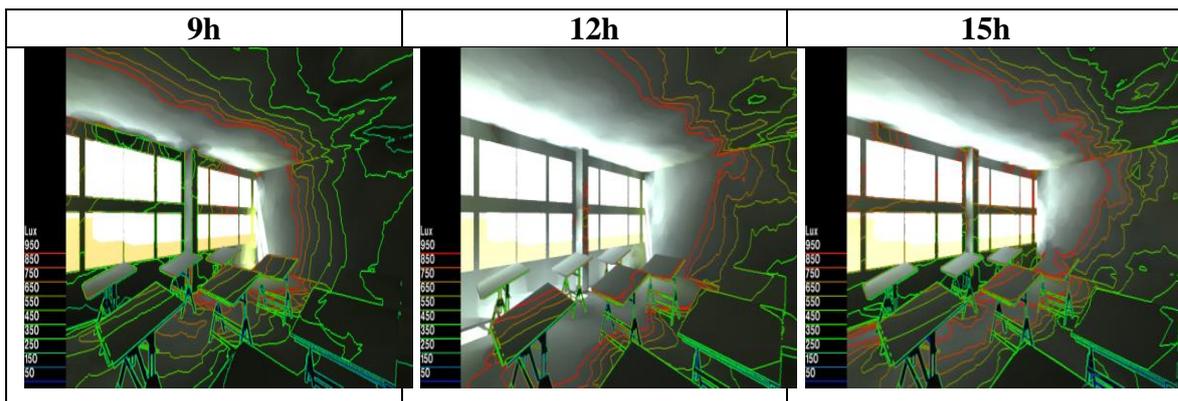


Tableau (VI-14) : variation des valeurs de l'éclairement dans la salle 08 Pour la période 21 juin 2019.

Source : auteur, 2019.

VI.4.2.7 Salle N° 10 (étage, orientée sud-est)

Pour la période de la matinée : Les différentes valeurs d'éclairement enregistrées divisent la salle en deux espaces : un espace éclairé avec des valeurs d'éclairement élevées (950lux à proximité de la baie avec des taches solaires), et une partie sombre (150lux à 450lux)

A midi : la pénétration des rayons solaires a augmenté, ce qui a engendré un effet très important d'éblouissement réfléchi sur les plans de travail, les niveaux d'éclairage sont presque les mêmes (une augmentation légère)

Pour la période de l'après-midi : Même résultat indiqué à midi.

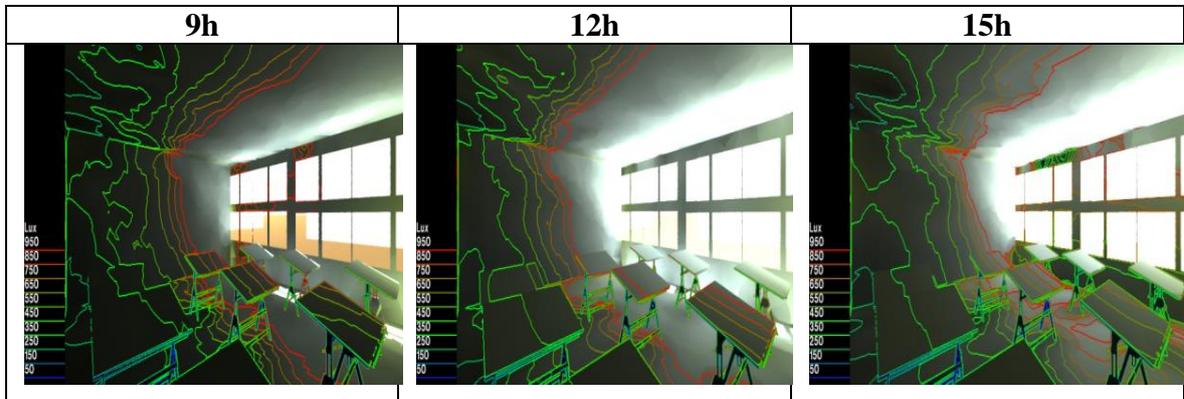


Tableau (VI-15) : variation des valeurs de l'éclairage dans la salle 10 Pour la période 21 juin 2019.

Source : auteur, 2019.

VI.4.2.8 Salle N°12 (étage, orientée sud-est)

Pour la période de la matinée : les niveaux d'éclairage sont élevés à proximité de la baie, nous remarquons des taches solaires, les niveaux d'éclairage varient entre (+950lux à 350lux)

A midi : A midi, les valeurs d'éclairage ont un peu augmenté, et les taches solaires sont plus présentes que la matinée avec un effet d'éblouissement plus important.

Pour la période de l'après-midi : Dans l'après-midi les valeurs indiquées de l'éclairage sont identiques à celle de la période matinale, avec une absence de taches solaires sur les plans de travail. L'effet d'éblouissement est plus ou moins considérable.

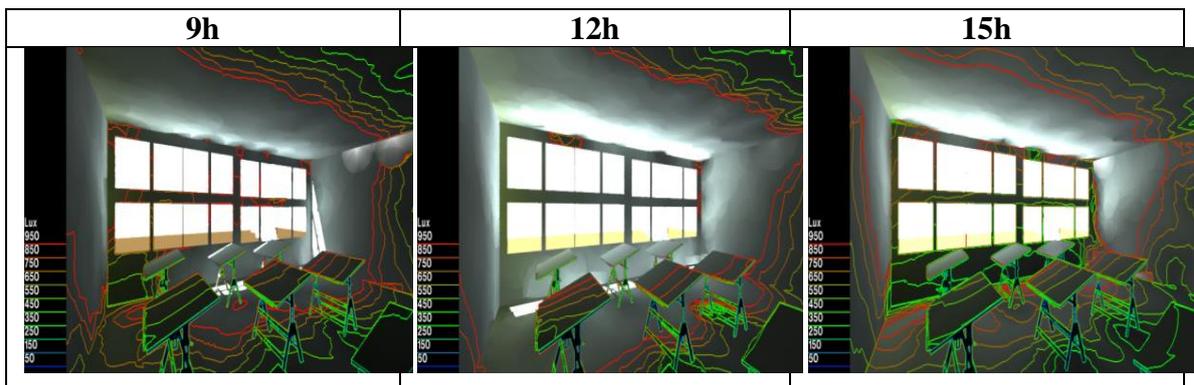


Tableau (VI-16) : variation des valeurs de l'éclairage dans la salle 12 Pour la période 21 juin 2019.

Source : auteur, 2019.

VI.4.3 Période de simulation : 21 MARS /SEPTEMBRE**VI.4.3.1 Salle N°01 (RDC, orientée nord-ouest)**

Pour la période de la matinée : La simulation numérique des niveaux d'éclairage intérieur indique des valeurs d'éclairage qui sont variées entre : 250lux et 850 lux sur les tables à proximité de la baie d'une répartition uniforme. Le fond de la salle indique des valeurs faibles qui créent un contraste qui divise la salle.

A midi : A cette période de la journée, nous avons remarqué l'augmentation des valeurs d'éclairage sur une partie de la salle qui peuvent atteindre 950lux sur les plans proches de la baie.

Pour la période de l'après-midi : les valeurs de l'éclairage sont les mêmes que celle indiquées à midi.

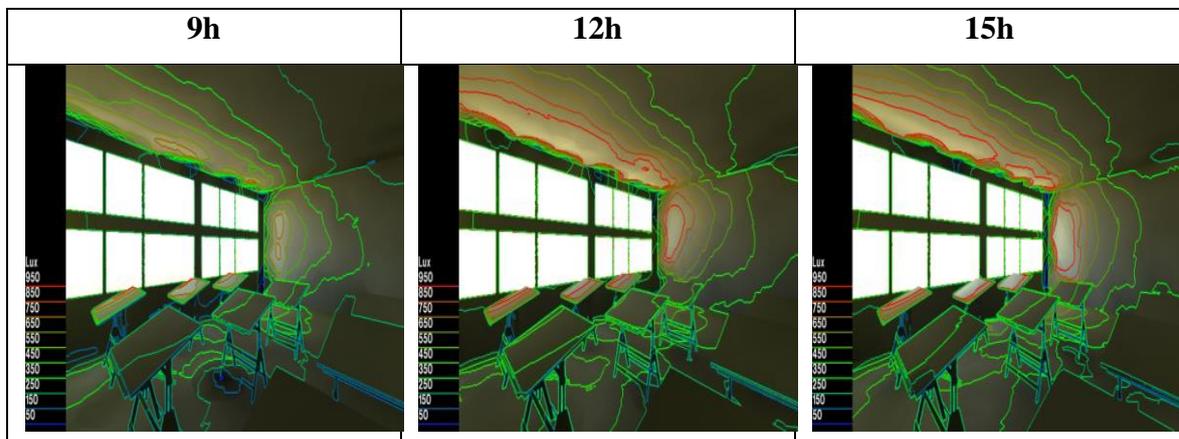


Tableau (VI-17) : variation des valeurs de l'éclairage dans la salle 01 Pour la période 21mars/sep 2019.

Source : auteur, 2019.

VI.4.3.2 Salle 02 N° (RDC, orientée sud-est)

Pour la période de la matinée : Une pénétration considérable des rayons solaires sur le tableau et les tables à proximité de la baie qui a engendré un effet d'éblouissement fort sur le coin bureau, les valeurs d'éclairage sont élevées variant entre 400lux à plus de 1000lux)

A midi : Une augmentation très importante des valeurs d'éclairage, les taches solaires occupent une bonne partie de la surface de la salle avec un effet d'éblouissement sur les plans proche de la baie.

Pour la période de l'après-midi : Dans l'après-midi, La diminution de la pénétration de soleil a engendré une diminution des valeurs d'éclairage par rapport à celles mesurées à midi, qui sont variées entre : 450 et 1500 lux. La présence des taches solaires et d'éblouissement au niveau de la rangé à proximité de la baie.

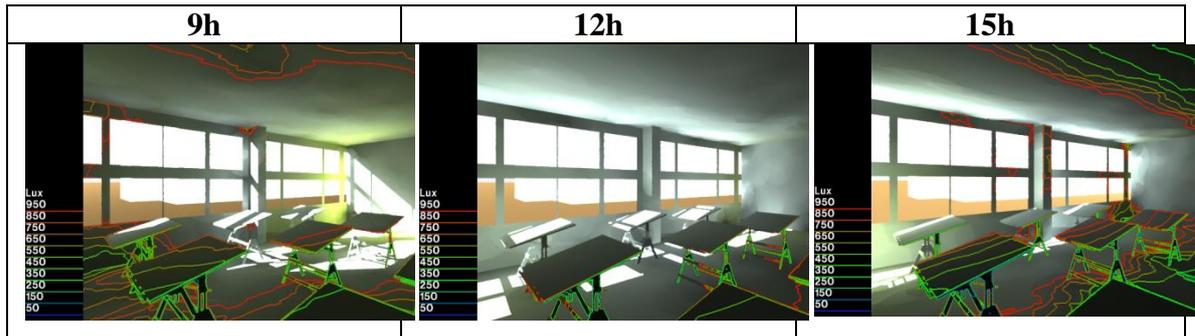


Tableau (VI-18) : variation des valeurs de l'éclairage dans la salle 02 Pour la période 21mars/sep 2019.

Source : auteur, 2019.

VI.4.3.3 Salle N°04 (RDC, orientée sud-est)

Pour la période de la matinée : les résultats de simulation indiquent des valeurs d'éclairage élevées en présence de taches solaire sur à proximité de la baie, ces valeurs varient entre 350lux à plus de 1000lux, ce qui a créé un contraste.

A midi : Les taches solaires se sont déplacées vers la paroi où nous remarquons un effet d'éblouissement sur le tableau et les tables de la rangée proche de la baie, les niveaux d'éclairage sont augmentés par rapport à ceux de la période matinale.

Pour la période de l'après-midi : Diminution de la pénétration des rayons solaires directs, ce qui engendré la diminution des valeurs d'éclairage, et apparition d'un effet important d'éblouissement sur le coin bureau, et la diminution de l'éclairage sur le fond de la salle qui crée un contraste.

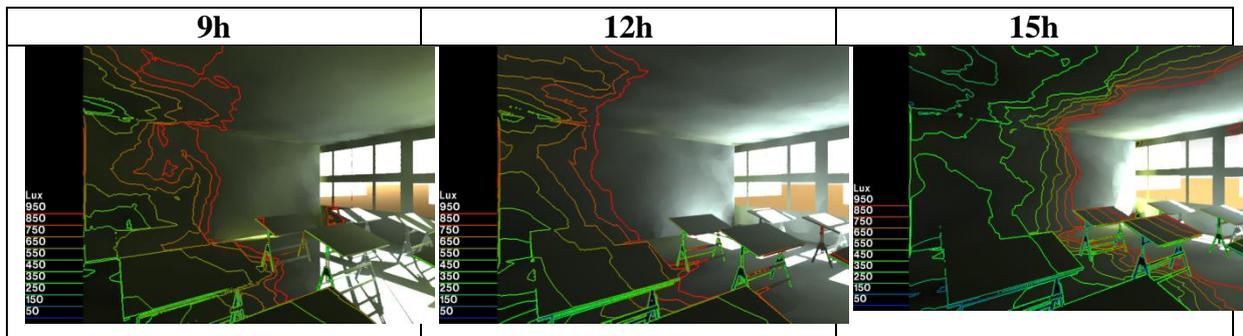


Tableau (VI-19) : variation des valeurs de l'éclairage dans la salle 04 Pour la période 21mars/sep 2019.

Source : auteur, 2019.

VI.4.3.4 Salle N°06 (RDC, orientée sud-est)

Pour la période de la matinée : Les valeurs d'éclairage indiquées par la simulation sont importantes (entre 350lux à plus de 950lux) en présence de taches solaires sur les plans de travail.

A midi : Les taches solaires occupent la moitié de la salle, ce qui crée un environnement lumineux inconfortable avec des valeurs d'éclairage très élevées dépassant les 1000lux en proximité de la baie, et à 900lux en fond de la salle.

Pour la période de l'après-midi : le déplacement des rayons solaire en arrière de la salle crée un effet d'éblouissement gênant très important, les valeurs d'éclairage ont diminué dans cette période pour atteindre 350lux en s'éloignant de la baie.

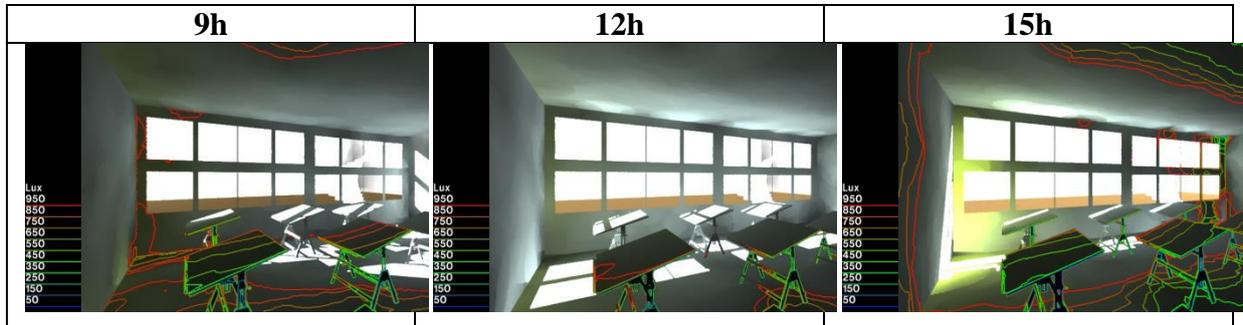


Tableau (VI-20) : variation des valeurs de l'éclairage dans la salle 06 Pour la période 21mars/sep 2019.

Source : auteur, 2019.

VI.4.3.5 Salle N°07 (étage, orientée nord-ouest)

Pour la période de la matinée : Une répartition uniforme de la lumière dans la salle, les valeurs d'éclairage varient entre 750lux à 250lux.

A midi : Les valeurs d'éclairage ont un peu augmenté pour atteindre 900lux sur les plans proches de la baie.

Pour la période de l'après-midi : Mêmes résultats que ceux indiqués à midi. la salle est bien éclairée caractérisée par l'absence d'éblouissement.

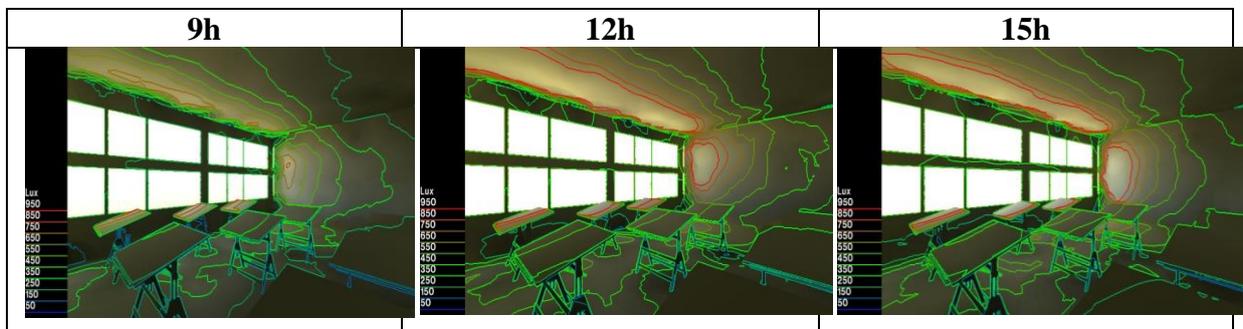


Tableau (VI-21) : variation des valeurs de l'éclairage dans la salle 07 Pour la période 21mars/sep 2019.

Source : auteur, 2019.

VI.4.3.6 Salle N° 08 (étage, orientée sud-est)

Pour la période de la matinée : Les valeurs d'éclairage enregistrées sont considérablement élevées sur une partie de la salle, à noter le coin bureau, le tableau où nous remarquons un effet d'éblouissement gênant très important.

A midi : La moitié de la salle est parcourue de taches solaires, les valeurs d'éclairage sont trop élevées dans toute la salle, elles dépassent 1000 lux sur la rangée proche de la baie, et 850 au fond de la salle.

Pour la période de l'après-midi : La pénétration des rayons solaires directs a diminué l'après-midi, nous avons remarqué la concentration des taches solaire en arrière de la salle, ce qui a engendré un énorme effet d'éblouissement réfléchi sur les tables derrières.

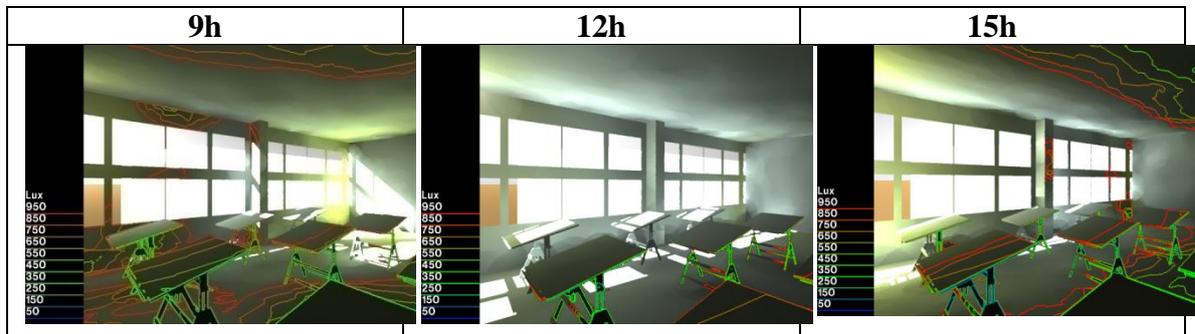


Tableau (VI-22) : variation des valeurs de l'éclairage dans la salle 08 Pour la période 21mars/sep 2019.

Source : auteur, 2019.

VI.4.3.7 Salle N° 10 (étage, orientée sud-est)

Pour la période de la matinée : Les résultats de la simulation indiquent des valeurs d'éclairage élevées sur une partie de la surface de la salle, elles dépassent 1000lux sur la partie proche de la baie. Présence de contraste dû à la répartition non uniforme de la lumière.

A midi : Les valeurs d'éclairage sont les mêmes que celles enregistrées à 9h, les taches solaires occupent 1 tiers de la surface de la salle.

Pour la période de l'après-midi : La concentration d'ensoleillement direct sur le coin bureau qui a engendré un effet très important d'éblouissement gênant, les valeurs d'éclairage ont diminué qui varient entre 950lux à 350lux sur les plans de travail.

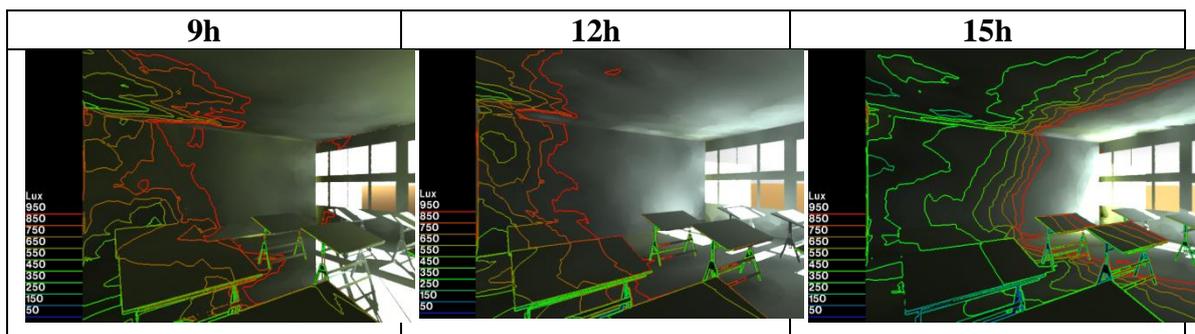


Tableau (VI-23) : variation des valeurs de l'éclairage dans la salle 10 Pour la période 21mars/sep 2019.

Source : auteur, 2019

VI.4.3.8 Salle N° 12 (étage, orientée sud-est)

Pour la période de la matinée : Un tiers de la salle est couverte de taches solaires, un effet très important d'éblouissement réfléchi sur le tableau et les tables à proximité de la baie, les valeurs d'éclairages sont élevées qui varient entre 400lux à 950lux de plus sur la baie.

A midi : à midi, l'augmentation de la pénétration des rayons solaires directs et par conséquence la hausse des valeurs d'éclairement sur les plans de travail sur toute la surface de la salle qui varient entre 700lux à 1000lux de plus.

Pour la période de l'après-midi : La concentration des rayons sur un coin de la salle qui a engendré un effet d'éblouissement très important réfléchi sur la paroi arrière et les tables à proximité de la baie. Les valeurs d'éclairement ont diminué par rapport à midi, elles varient entre 300lux et 950lux.

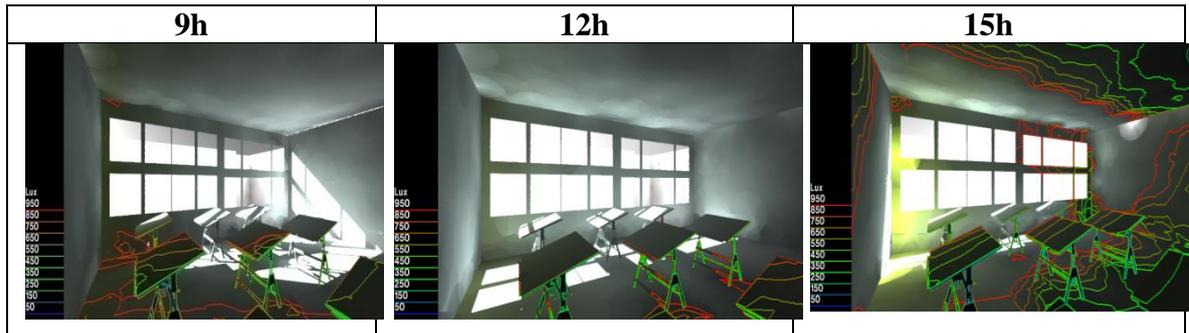


Tableau (VI-24) : variation des valeurs de l'éclairement dans la salle 12 Pour la période 21mars/sep 2019.

Source : auteur, 2019.

VI.5 Synthèse globale :

Les résultats de la simulation nous ont permis de cerner les problèmes des salles du bloc d'architecture liés à l'ensoleillement. Nous avons obtenu des résultats similaires pour toutes les salles orientées vers le nord-ouest, qui ne présentent pas des problèmes d'inconfort. Les salles 02, 04, 08, 10 et 12 sont caractérisées par la présence des taches solaires dans toutes les périodes de l'année, les surfaces qu'elles occupent varient selon les périodes de la journée. Un aspect de gêne qui est l'éblouissement, il est présent dans les salles : 2-6-10-12 en hiver dans l'après-midi, les salles orientées sud-est entre midi et 15h, en mi- saison pour les salles orientées toujours sud-est généralement à 15h. Les résultats ont indiqué des niveaux d'éclairement très élevés en absence de taches solaire et d'ensoleillement, à cet effet, nous citons la salle 7, salle 2 à 9h en été, la salle 1 en juin et dans les mi- saisons à 9h et 15h. Un autre aspect d'inconfort, l'excès d'ensoleillement, qui caractérise les salles orientées vers le sud-est à midi (12h).

XI.6 Conclusion :

Les résultats de la simulation nous ont permis de confirmer scientifiquement les résultats obtenus par l'enquête et l'analyse in situ, ainsi de répondre à une des questions de la recherche qui est la recherche des causes d'inconfort, les périodes, et niveaux d'inconfort.

Nous avons déduit que le bloc a des réels problèmes d'inconfort liés à l'ensoleillement, cet inconfort dans les salles se résume en présence de taches solaire sur les tables de travail qui causent des perturbations visuelles et des surchauffes dans la période estivale, des effets d'éblouissement et des niveaux d'éclairement très élevés. Et le problème est lié à l'orientation du bloc qui ne favorise pas la pénétration de la lumière naturelle, ce qui nous a permis, grâce à la simulation numérique, de confirmer cette hypothèse.

Les résultats de la simulation ont indiqué que tous les problèmes dans les salles résident dans les espaces à proximité des baies, ce qui veut dire que le dimensionnement et l'emplacement de ces dernières ont une influence directe sur la situation d'inconfort, une autre hypothèse qui est confirmée.

La simulation nous a permis de quantifier l'environnement lumineux cas par cas, ce qui nous a aidés à ressortir les salles les plus concernées par l'inconfort visuel, pour lesquelles nous allons faire des recommandations.

Conclusion générale

La lumière naturelle est considérée comme un outil indispensable, qui entre dans la conception architecturale. (Gallas, 2013) Le Corbusier considère la lumière naturelle comme un « élément de composition architectural », en 1930 il affirme cela en disant « j'use, vous vous en êtes douté, abondamment de la lumière naturelle. La lumière pour moi est l'assiette fondamentale de l'architecture, je compose avec la lumière » (Corbusier, 1930 cité par Gallas, 2013, p15)

La lumière naturelle joue un rôle important dans la caractérisation de l'espace architectural, son rôle réside dans la création des contrastes qui mettent en valeur l'aspect de l'espace intérieur, Le rapport entre l'espace intérieur et le monde extérieur peut être matérialisé par la lumière naturelle qui aide à l'instauration de la continuité entre le bâtiment et l'environnement qui l'entoure. (Gallas, 2013, p 16)

Afin de bien cerner le sujet de l'éclairage naturel en général, et dans les salles de classe ou d'étude en particulier, nous avons effectué une recherche sur les concepts clés de notre recherche et que nous avons réparti en deux grandes parties, d'abord la notion du confort en général ensuite la notion de l'éclairage naturel et son influence sur le confort visuel ensuite nous avons développé les paramètres liés au confort visuel tel que l'ensoleillement, l'éblouissement, tache solaire qui est liée au contraste. Nous avons par la suite développé l'ambiance lumineuse qui est très liée à la notion du confort visuel.

Notre cas d'étude, comme nous l'avons cité dans la problématique, est le bloc d'architecture, la problématique repose sur un constat où nous avons fait une observation in situ que nous avons appuyé par le comportement annuel du bloc face au rayonnement solaire que nous avons élaboré par logiciel ECOTECH

Le recours à l'enquête à échantillon était nécessaire pour avoir les avis des usagers et il nous a permis vers la fin de faire ressortir les salles dont les conditions ne sont pas favorables en matière de confort visuelle, plus les paramètres qui influent sur ce confort dans les salles et qui sont aux finales liées à la lumière naturelle, l'éblouissement, la tache solaire, et l'ombre.

Et comme la prise de mesure nous a été impossible pour toute la période de l'année, nous avons fait recours à la simulation pour les salles en question afin de vérifier l'éclairage global dans les salles et sur les tables de dessin pour les comparer aux normes, la simulation nous a permis de confirmer encore plus les résultats de l'observation in situ, l'orientation des salles joue un rôle très important les salles qui sont situées... Sont les salles que les étudiants préfèrent le plus et ce pour de longue période durant l'année. Nous avons aussi pu confirmer les résultats de l'enquête les salles qui présentent des problèmes vis-à-vis

du confort visuel sont les salles où on trouve beaucoup de contraste de tache solaire et même de gros problème d'éblouissement qui joue un grand rôle dans le manque de rendement des étudiants.

Nous avons pu grâce à notre travail conclure que le confort visuel dans nos salles du bloc d'architecture que l'orientation joue un rôle très important dans la notion du confort visuel, elle guide le choix des étudiants et rend les salles plus attractives que d'autres. Cet inconfort se manifeste par plusieurs paramètres : les taches solaires, les ombres dans les salles et surtout les éblouissements.

Les limites de la recherche sont :

Nous n'avons pas pu effectuer des prises de mesures pour toutes les périodes de l'année, et cela pour des raisons de temps qui est avéré impossible vu la période de déroulement du travail. L'utilisation d'un luxmètre sur un mobile est dû aux manques de matériels au sein de notre département.

Les recommandations que nous pouvons faire pour le bloc actuellement :

- L'existence de protection solaire sous forme de rideau et une des solutions envisageables, sauf pour le cas des espaces où en dessin il est plus préférable que le rideau soit de couleur claire pour que les taux d'éclairement soient plus au moins aux normes, à travers nos lectures nous avons vu que les chercheurs préconisent l'usage des stores vénitiens mieux que les rideaux vus que nous pouvons les régler (en matière d'orientation)



Figure : store vénitiens

. Source : auteur, 2019.

- Les brises soleil ou les avancées construites horizontales ou verticales : il existe deux genres, les genres construits et le genre extensible

Le genre construit est des brises soleil fixes, ils sont en bois, béton, aluminium, etc... ils sont conçus pour une protection durable, le genre extensible, sont des dispositifs démontables, orientables et contrôlables selon le besoin en lumière.

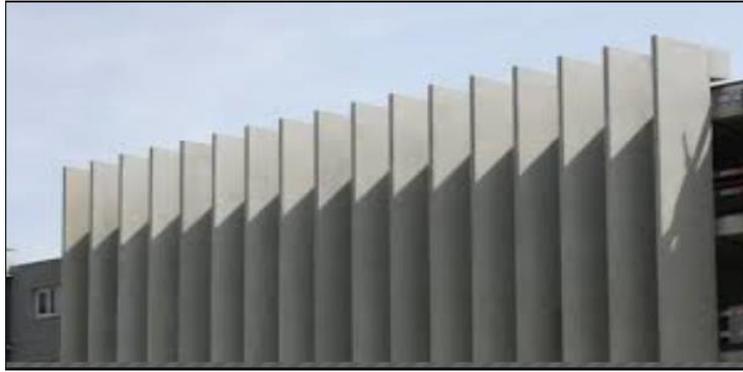


Figure : Brise soleil en béton (construit)

Source : [archiexpo.fr]



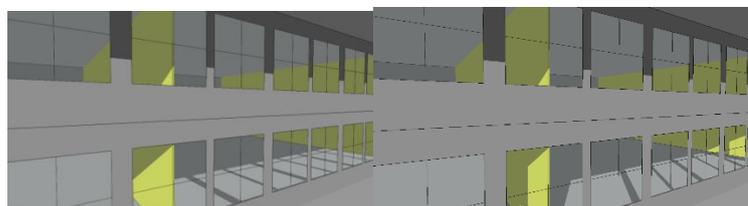
Figure : les brises soleil extensible (orientable)

Source : [<https://www.vrs-fermetures.fr/brise-soleil-orientable/>]

a) Les brises soleil horizontaux :



Figure : proposition d'un brise soleil sous forme d'un élément extensible horizontal



12H

15H

Figure : les taches solaires dans la salle orientées sud-est. Source : auteur 2019

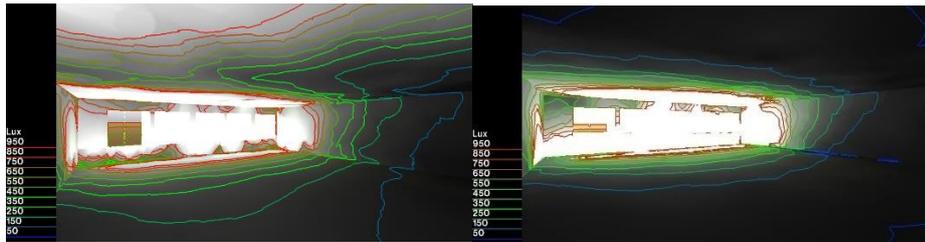


Figure : les éclairagements dans la salle 06 le 21 décembre à 12H avant et après l'usage de l'avancée horizontale

b) Les brises soleil verticaux :

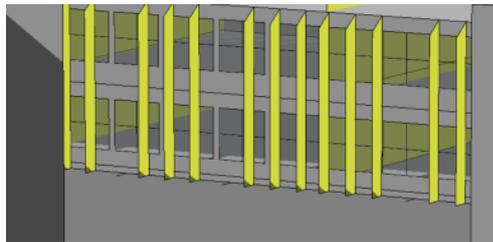


Figure : proposition d'une brise soleil vertical sous forme d'un élément décoratif

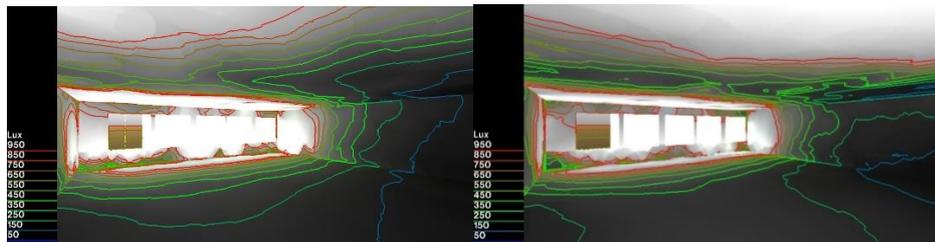


Figure : l'éclairage dans la salle 06 le 21 décembre à 12H avant et après l'usage de brise soleil vertical

Les futurs axes de recherches :

- Nous pouvons effectuer des mesures en situ pour que nos résultats soit plus cohérent et correcte scientifiquement, si nous décidons de le développer dans nos recherches futures.
- Nous pouvons également étudier le confort thermique dans le bloc et faire correspondre nos résultats actuels avec ce type de confort vu qu'ils sont trop liés.
- Généraliser l'étude sur d'autres espaces qui sont également affectés par le rayonnement solaire direct comme les bibliothèques, les bureaux ou autres afin de proposer des solutions qui peuvent être utiles sur le long terme.

- L'usage de l'approche multicritère et l'optimisation pour développer un langage de programmation qui prend en charge tous ces problèmes peut nous aider à développer une interface qui prend en charge l'étude des comportements d'un bâtiment avant même sa construction pour éviter ce genre de problème.

Références bibliographiques

I- Ouvrages

1. **Ademe**, (2003), Mise En Place De Protections Solaires Fixes Ou Mobiles Sur Les Façades Exposées.
2. **Amphoux, P.** (1990). Vers Une Théorie Des Trois Conforts [Support De Cours]. Ecole Nationale Supérieure D'architecture De Grenoble.
3. **Amphoux, P.** (2007). La Notion D'ambiance. Un Outil De Compréhension Et D'action Sur L'espace Public. In Capron G. Et Haschar-Noé N. (Coord), L'espace Public Urbain: De L'objet Au Processus De Construction (Pp. 71-82). Toulouse : Presses Universitaires Du Mirail.
4. **Andrade-Charvet .A**2012, Habiter L'espace Public. En Quoi La Notion De Confort Participe T-Elle A La Constitution Des Espaces Dits Habités ? Les Cahiers Du Développement Urbain Durable P99 A La Page 110 Observatoire Universitaire De La Ville Et Du Développement Durable, Unil | Université De Lausanne
5. **Arene**, (1998), Le Confort D'été Dans Les Etablissements Scolaires, Cahier De Spécifications Techniques
6. **Association Française De L'éclairage**. Recommandations Relatives A L'éclairage Des Locaux Scolaires. Paris: Lux. 1987, P 25)
7. **Augoyard, J-F.** Non Daté. « Les Ambiances : Concepts Fondamentaux, Et Problématiques Interdisciplinaires », Cnrs Cresson, Ecole D'architecture De Grenoble
8. **B .Tramblay** (2012) La Géobiologie Au Chevet De La Terre, Edited By Lulu Entreprises, 2012
9. **Belakehal, A.TabetAoul, K.** (1996), Shading And Shadowing : Concepts For An Interactive Strategy Between Solar Control And Aesthetics In The Design Of The Facade. Reference To Arid Zones, Wrec
10. Belakhel, A. Etude Des Aspects Qualitatifs De L'éclairage Naturel Dans Les Espaces Architecturaux – Cas Des Milieux Arides A Climat Chaud Et Sec, Thèse De Doctorat En Sciences De L'architecture, Université Khider Mohamed, Département D'architecture, Biskra, 2007.
11. **Benharkat, S.** 2006. Impact De L'éclairage Naturel Zenithal Sur Le Confort Visuel Dans Les Salles De Classe Cas D'étude. Mémoire De Magister Option : Architecture Bioclimatique. Constantine Université Mentouri De Constantine.
12. **Benoît, T**, La Géobiologie Au Chevet De La Terre, Lulu Entreprises, 2012
13. **BlattnerMetas .P**,2015, Les Systèmes D'éclairages, De La Chandelle Aux Leds.

14. **Bodart, M.** 2013. « Assurer Le Confort Visuel », Institut Bruxellois Pour La Gestion De L'environnement(Ibge), Bruxelles
15. **BodartM** (2002) Thèse De Doctorat,Création D'un Outil D'aide Au Choix Optimisé Du Vitrage Du Bâtiment, Selon Des Critères Physiques, Economiques Et Ecologiques, Pour Un Meilleur Confort Visuel Et Thermique.
16. **Bouvier, F.**, (2008). Eclairage Naturel, Techniques De L'ingénieur, C3 315v2, 2, Editions Ti, Paris.
17. **Chaabouni, S.** 2011. Voir, Savoir, Concevoir, Une Méthode D'assistance A La Conception D'ambiances Lumineuses Par L'utilisation D'image Référence. Thèse Doctorat : Science De L'architecture. Nancy : Ecole Nationale Supérieure D'architecture De Nancy.
18. **Chemsazemmouri, M.** 2009 Caractérisation Et Optimisation De La Lumière Naturelle En Milieu Urbain.
19. **De Herde, A. A, Liebard.**, (2005). Traité D'architecture Et D'urbanisme Bioclimatiques, Observatoire Des Energies Renouvelables, Paris.
20. **Denis, J. Thierry, C. Olivier, R.**, (2013). Confort D'été : Orientation/ Implantation, Marseille
21. **Dreyfus, J.** (1995). Un Autre Confort, Une Autre Valeur. In J.-L. Gourdon, E. Perrin Et A. Tarrus, Ville, Espace Et Valeurs (Pp. 535-546). Paris : L'harmattan.
22. **Galissot, M.** 2012. Modéliser Le Concept De Confort Dans L'habitat Intelligent : Du Multisensoriel Au Comportement. Thèse De Doctorat Spécialité : Informatique. Grenoble : Université De Grenoble
23. **Gallas, A.** 2013. Proposition D'une Méthode D'assistance A La Prise En De La Lumière Durant Les Phases Amont De Conception. Thèse Doctorat : Science De L'architecture. Nancy : Ecole Nationale Supérieure D'architecture De Nancy.
24. **GallissotM** .2012, Modéliser Le Concept De Confort Dans Un Habitat Intelligent : Du Multisensoriel Au Comportement. Mathématiques Générales [Math.Gm]. Université De Grenoble, 2012. Français. Ffnnt : 2012grenm018ff. Fftel-00738342f
25. **Givoni, B.**, (1978) : L'homme, L'architecture Et Le Climat: Editions Des Moniteurs, Paris.
26. **Goubert, J-P**, Du Luxe Au Confort (Préface De M. Marié), Paris, Editions Berlin, 1988, 192 P.
27. **Kateri, L.** 2013.La Lumière Naturelle Favorise-T-Elle La Création D'un Environnement Saint Et Confortable Pour Les Occupants Des Bâtiments Ecologiques Certifiés.

28. **Labreche, S.** 2013. Forme Architecturale Et Confort Hygrothermique Dans Les Bâtiments Educatifs, Cas Des Infrastructures D'enseignement Supérieur En Régions Arides. Magistère En Architecture. Biskra : Université Mohamed Khider – Biskra.
29. **M'sellem, H.** 2017. La Prise En Compte De Des Ambiances Intérieures Dans Le Processus De Conception Architecturale. Thèse Doctorat Spécialité : Architecture Option Etablissement Humain En Milieux Arides Et Semi-Arides. Biskra : Université Mohamed Kheider – Biskra.
30. **Matallah, Z.** 20.. . Etude Des Effets De L'orientation Sur Le Confort Visuel Dans Les Salles De Cours Avec Eclairage Naturel Lateral. Cas Des Salles De Classe De L'universite De Laghouat. Magistère En : Architecture. Biskra : Université Mohamed Kheider – Biskra.
31. **Mazouz, S.,** (2004). Eléments De Conception Architecturale. Paramètres Conceptuels. Opu. Alger
32. **Mudri, L.,** (2002). De L'hygiène Au Bien-Etre, Du Développement Sans Frein Au Développement Durable : Ambiances Lumineuses. Paris. Ecole D'architecture De Paris-Belleville. Novembre, P 1-9.
33. **Pin.L** (2017), Perception Humaine En Milieu Architectural Pour Un Confort Climatique Soutenable, Art Et Histoire De L'art, 2017
34. **Pumain, D., T. Paquot, Et Al.** (2006). Dictionnaire De La Ville Et L'urbain. Paris: Economica.
35. **R. Floru.** 1996 Eclairage Et Vision. [Rapport De Recherche] Notes Scientifiques Et Techniques De L'inrs Ns 149, Institut National De Recherche Et De Sécurité (Inrs). 1996, 135 P., Ill., Bibliogr. Ffhal-01420151f
36. **Rouag, Dj.**2001, Sunlight Problems Within New Primary School Classrooms In Constantine. Thèse D'état, Constantine: Université Mentouri De Constantine, Avril 2001.
37. **Savard, S.** (2017). L'importance De La Lumière Naturelle En Architecture. Interdisciplinaire Design [En Ligne] (Consulté Le 24 Avril 2019)
38. **Terrier C, Vandevyver B,** 1999 ; Guide De Pratique Et De Sécurité
39. **Togora, A.** 2017. Optimisation Energetique Des Batiments : L'eclairage De La Maison De Soins ElysisA Esch-Sur-Alzette. Master En Développement Durable – Finalité Energies – Environnement (Uni.Lu). Luxembourg : Université De Luxembourg
40. **Vandenplas, A.,** (1964). Comité National Belge De L'eclairage- Commission De L'eclairage Naturel, L'éclairage Naturel Et Ses Applications. Bruxelles : S.I.C
41. **Vittone.R(2013)** Batir: Manuel De La Construction De : Isbn: 9782880748357

II- Sites internet :

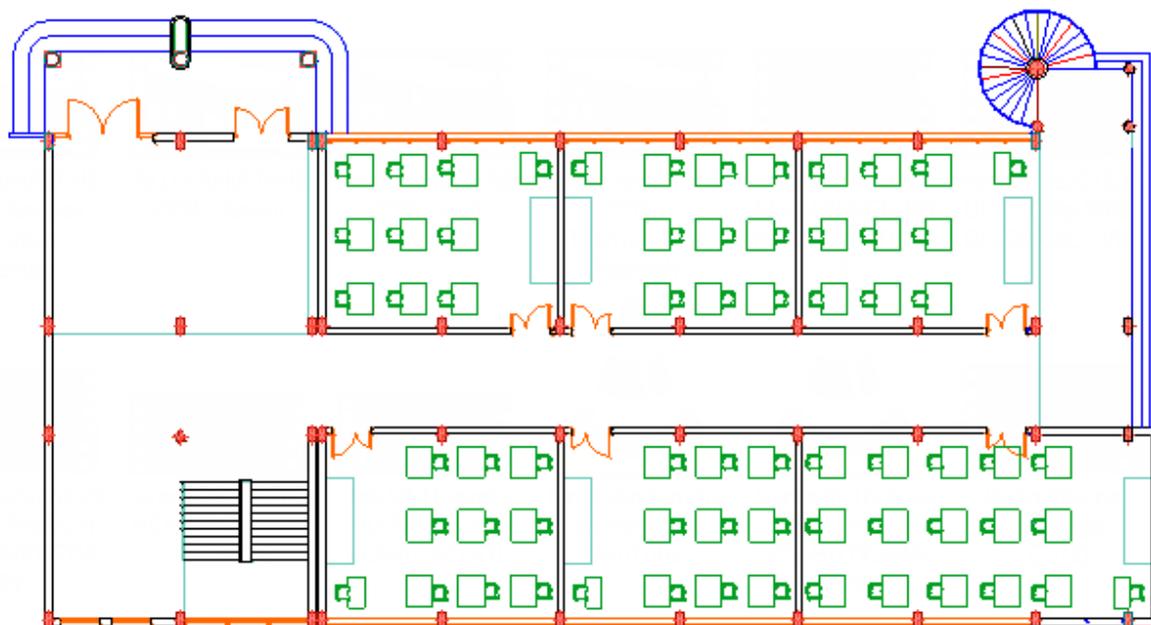
1. [[https://www.amazon.fr/Dessin-couleur-lumiere-Yves Bonnefoy](https://www.amazon.fr/Dessin-couleur-lumiere-Yves-Bonnefoy)]. Consulté le 27 avril 2019
2. www.energieplus-lesite.be (consulté le 15 mai 2019).
3. <http://passivact.com/Infos/InfosConcepts/files/Confort-ApprocheGlobale.html> (consulté le 17 mai 2019)
4. [<https://passivact.fr/Concepts/files/Confort-ApprocheGlobale.html>] (consulté le 06 mai 2019).
5. <http://thesis.univ-biskra.dz/1126/4/CHAPITRE%20II.pdf> (consulté le 06 juin 2019)
6. <https://passivact.fr/Concepts/files/Confort-ApprocheGlobale.html> (consulté le 28 mai 2019)

Annexes

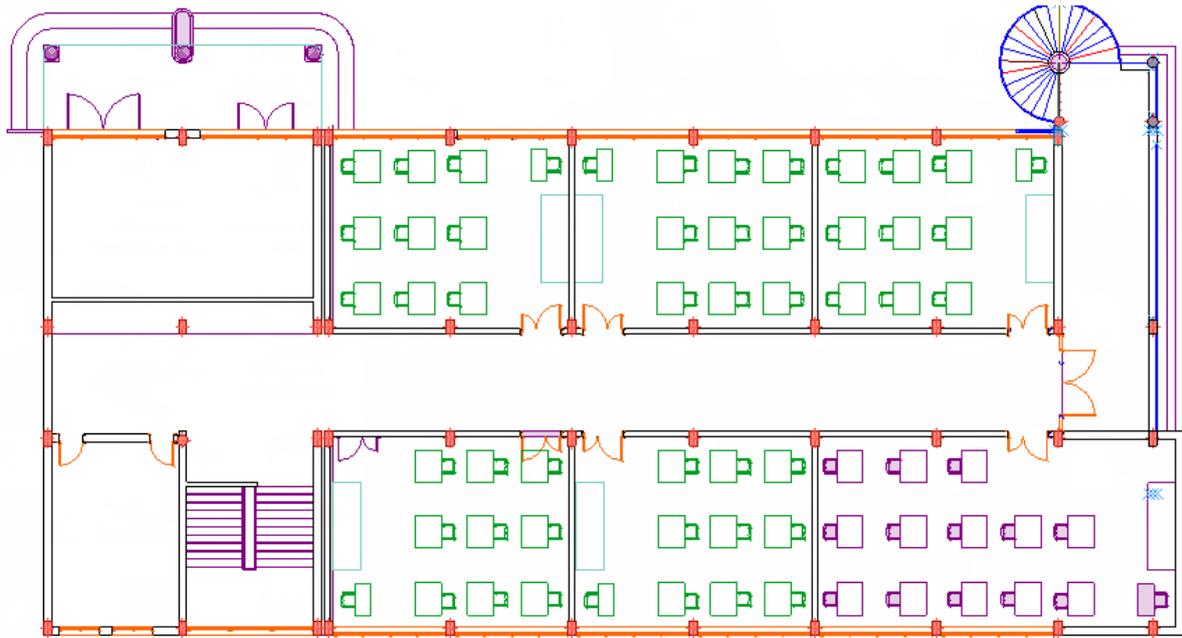
Annexe A : le dossier graphique du bloc d'architecture



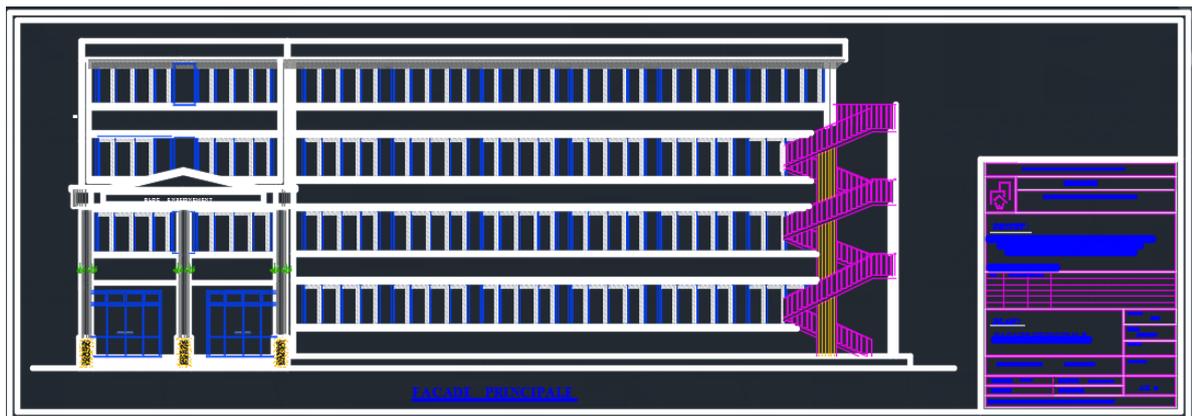
Plan de masse du campus



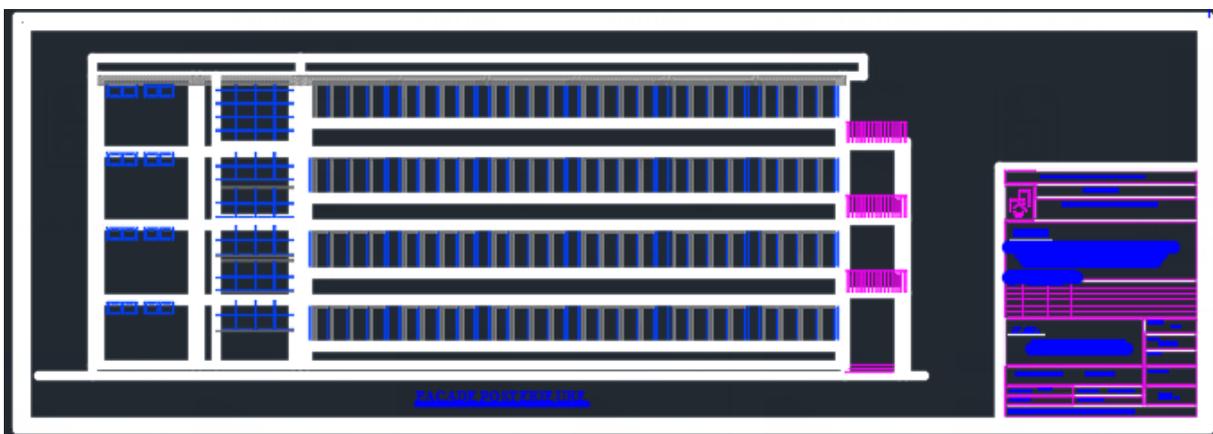
Plan RDC du bloc d'architecture



Plan étage du bloc d'architecture



Façade sud-est (elle a été modifiée)



Façade nord-ouest (elle a été modifiée)

Annexe B : l'enquête

Le formulaire du questionnaire :

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Abderrahmane Mira Bejaia
Département d'Architecture
Option : Architecture, Ville et Territoire

Etude du confort visuel lié à la lumière naturelle au niveau du bloc d'architecture

Ce questionnaire avait été réalisé, en vue de finaliser la partie pratique de mémoire et l'obtention de diplôme de Master en architecture.

Il est très important que vous répondiez à toutes les questions avec autant de soin et de précision que possible. Veuillez répondre aux questions en cochant (X) à la case correspondante à votre réponse, ou en rédigeant une réponse. Les questions auxquelles vous n'avez pas de réponse laissez les vides.

Il vous faudra quelques minutes pour répondre à ce questionnaire, et nous vous serons très reconnaissants.

Questionnaire

1. Votre âge :

<20 ans 20<30

2. Votre sexe :

Homme Femme

3. Vous êtes étudiant en quelle année :

4. Portez-vous des lunettes de vue ?

Oui Non

5. Appréciez-vous travailler dans le bloc d'architecture ?

Oui Non

6. Combien d'heures passez-vous au Bloc ?

Heures/jour Heures/semaine

7. Quelles sont les salles dans lesquelles préférez-vous travailler (Numéro de la salle) et Spécifiez la saison (mois) ? vous pouvez choisir une ou plusieurs salles)

La salle l'heure et la saison.....

La salle l'heure et la saison.....

La salle l'heure et la saison.....

8. Pour vous, qu'est-ce qui vous procure la sensation du bien-être dans une salle

Le calme les couleurs la surface la lumière le climat

Autre (spécifiez)

9. Quelles sont les salles du bloc d'architecture ou vous travaillez le plus ?

Celles qui se trouvent à droite au couloir Celles qui se trouve à gauche du couloir

10. Votre choix des salles était fait en fonction de :

- Des vues sur l'extérieur !
 De la qualité de la lumière naturelle et au confort visuel qu'elles procurent !
 Par rapport aux nuisances sonores venant de l'extérieur
 Autre, précisez :

Questionnaire spécifique salle n° :

11. Comment juger vous le niveau du confort visuel général dans la salle en question :

- Mauvais Moyen Bon

Justifiez votre réponse :

12. En hiver, pensez-vous que la lumière naturelle dans cette salle :

- Insuffisante Peu suffisante Suffisante

Justifiez votre réponse :

13. En été, trouvez-vous que la lumière naturelle présente dans la salle :

- Insuffisante Suffisante Excessive

Justifiez votre réponse :

14. En mi saison (septembre/ mars), pensez-vous que la lumière naturelle dans cette salle :

- Insuffisante Peu suffisante Suffisante

Justifiez votre réponse :

15. Comment trouvez-vous les dimensions des fenêtres dans cette salle ?

- Petites Moyennes Grandes

Justifiez votre réponse :

16. Contrôlent-elles la quantité de la lumière naturelle pénétrante ?

- Oui Non

14. Si non, à quel moment de la journée la lumière naturelle pénétrante vous semble être gênante (en général quelle que soit la saison) ?

- Matin Midi Après-midi

Si vous avez des précisions par rapport aux saisons n'hésitez pas à les rapporter :

17. Est-ce qu'elle vous dérange le plus en :

- Septembre Décembre Mars

18. Avez-vous déjà été soumis à une grande quantité de lumière qui vous a déstabilisée pendant une séance d'atelier dans cette salle ?

Oui

Non

19. Si oui, veuillez préciser la source de l'éblouissement

Venant de l'extérieur via les fenêtres.

Provient des luminaires

20. Est-ce que vous avez remarqué l'apparition des traces d'ombre gênant sur votre plan de travail

Oui

Non

21. Si oui, spécifiez la source de l'ombre

Votre propre ombre

Ombre des objets à l'intérieur de la salle

Ombre des objets à l'extérieur de la salle

22. Ressentez-vous une fatigue visuelle pendant les séances d'atelier

Non

un Peu

Oui

23. Si oui, quelle est la cause de cette fatigue

La qualité de la lumière

La quantité de la lumière

Les couleurs des parois

Autre, spécifiez.....

24. Quelles sont les sources de l'éblouissement qui vous gênent le plus ?

Le soleil

Le ciel

La réflexion des parois

Réflexion du tableau L'éclairage électrique

Existe-t-il un système de protection solaire dans la salle :

Oui

Non

26. Si oui lequel ?.....

27. Si non qu'est-ce que vous proposez :

28. La qualité de l'environnement lumineux influe t- elle sur Votre rendement ?

Oui

Non

Dans ce cas, en étant architecte ou futur architecte, quelles sont les solutions adéquates pour améliorer le confort visuel lié à la lumière naturelle au niveau de cette salle ?

1.

2.

3.

4.

5.

Merci pour votre disponibilité et votre coopération

Confidentialité :

Toutes les informations recueillies dans le cadre de ce questionnaire seront traitées de manière confidentielle et utiliser pour des fins scientifiques.

Année Universitaire : 2018-2019

Les tableaux

Question 11 : niveau du confort visuel en salle

N° salle	bon	moyen	Mauvais
salle 01	67%	26,67%	6,67%
salle 02	6,67%	67%	26,67%
salle 04	6,67%	40%	53,33%
salle 06	13,33%	66,67%	26,67%
salle 07	53%	47%	0%
salle 08	7%	66,67%	26,67%
salle 10	13%	40%	46,66%

Tableau : la répartition des étudiants selon le niveau de confort visuel dans les ateliers. Source : auteur

Question 12 : le taux de luminosité en hiver :

	suffisante	peu suffisante	Insuffisante
salle 01	20%	80,00%	0,00%
salle 02	33,33%	67%	0,00%
salle 04	40,00%	53%	6,67%
salle 06	46,67%	46,67%	6,67%
salle 07	13%	86,67%	0,00%
salle 08	67%	33,33%	0,00%
salle 10	47%	53,33%	0,00%
salle 12	73%	20,00%	6,67%

Tableau (..) : la répartition des étudiants selon le niveau de confort visuel dans les ateliers. Source : auteur

Question 13 : le taux de luminosité en été :

	insuffisante	suffisante	Excessive
salle 01	0%	73,33%	26,66%
salle 02	0,00%	27%	73,33%
salle 04	6,67%	33%	60,00%
salle 06	0,00%	20,00%	80,00%
salle 07	0%	73,33%	26,66%
salle 08	0%	26,66%	73,33%
salle 10	0%	33,33%	66,67%
salle 12	0%	26,66%	73,33%

Tableau : la répartition des étudiants selon le niveau de confort visuel dans les ateliers. Source : auteur

Question 14 : la luminosité en mi-saison (sep-mars)

	insuffisante	peu suffisante	Suffisante
salle 01	27%	33,33%	60,00%
salle 02	13,33%	13%	73,33%
salle 04	0,00%	20%	80,00%
salle 06	0,00%	13,33%	86,66%
salle 07	0,00%	13,33%	86,66%
salle 08	0,00%	20,00%	80,00%
salle 10	0,00%	13,33%	86,66%
salle 12	6,66%	20,00%	73,33%

Tableau (..) : la répartition des étudiants selon le niveau de confort visuel dans les ateliers. Source : auteur

Question 15 : les dimensions des fenêtres

	petites	moyennes	Grandes
salle 01	0,00%	26,66%	73,33%
salle 02	0,00%	26,66%	73,33%
salle 04	0,00%	20%	80%
salle 06	0,00%	20,00%	80,00%
salle 07	0,00%	6,67%	93,33%
salle 08	0,00%	13,33%	86,66%
salle 10	0,00%	26,66%	73,33%
salle 12	0,00%	33,33%	66,67%

Tableau (..) : répartition des étudiants selon les dimensions des ouvertures .source : auteur

Question 17 : contrôlent-elles la quantité de la lumière naturelle pénétrante :

	Oui	Non
salle 01	60,00%	40,00%
salle 02	20,00%	80,00%
salle 04	40,00%	60%
salle 06	26,66%	73,33%
salle 07	40,00%	60,00%
salle 08	40,00%	60,00%
salle 10	40,00%	60,00%
salle 12	33,33%	66,66%

Tableau (..) : la répartition des étudiants selon le contrôle de la lumière pénétrante

Question 17 : la lumière naturelle gênante (horaires par jour)

	matin	midi	après-midi
salle 01	13,33%	20,00%	73,33%
salle 02	20,00%	66,66%	53,33%
salle 04	26,67%	60%	46,66%
salle 06	33,33%	86,66%	13,33%
salle 07	13,33%	53,33%	46,67%
salle 08	20,00%	80,00%	26,67%
salle 10	26,67%	60,00%	40%
salle 12	26,67%	73,33%	20%

Tableau : répartition des étudiants selon les périodes de de la journée où ils reçoivent une quantité de lumière gênante.

Question 18 : la lumière naturelle gênante (périodes de l'année)

	sept	déc	juin
salle 01	33,33%	20,00%	53,33%
salle 02	33,33%	46,66%	53,33%
salle 04	26,67%	27%	60%
salle 06	26,67%	26,67%	46,66%
salle 07	33,33%	26,67%	46,66%
salle 08	53,33%	33,33%	46,66%
salle 10	33,33%	20,00%	66,67%
salle 12	46,67%	13,33%	60,00%

Tableau : répartition des étudiants selon les périodes de l'année où ils reçoivent une quantité de lumière gênante.

Question 19 : réception de quantité de la lumière déstabilisante :

	oui	non
salle 01	53,33%	46,66%
salle 02	80,00%	20,00%
salle 04	66,66%	33%
salle 06	80,00%	20,00%
salle 07	60,00%	40,00%
salle 08	80,00%	20,00%
salle 10	86,66%	13,30%
salle 12	86,66%	13,33%

Tableau : la répartition des étudiants selon l'exposition à une lumière excessive pendant la séance d'atelier

Question 20: apparition d'ombre gênant

	oui	non
salle 01	46,66%	53,33%
salle 02	73,33%	26,66%
salle 04	46,66%	53%
salle 06	60,00%	40,00%
salle 07	40,00%	60,00%
salle 08	40,00%	33,66%
salle 10	46,66%	53,30%
salle 12	53,33%	46,66%

Tableau : la répartition des étudiants selon la présence d'ombre gênant.

Question 22 : fatigue visuelle

	oui	un peu	Non
salle 01	26,66%	73,33%	0,00%
salle 02	60,00%	33,33%	6,66%
salle 04	60,00%	20%	20%
salle 06	73,33%	20,00%	6,66%
salle 07	33,33%	46,66%	20,00%
salle 08	53,33%	40,00%	6,67%
salle 10	66,66%	13,33%	20,00%
salle 12	53,33%	20,00%	26,66%

Tableau : la répartition des étudiants selon la sensation d'une fatigue visuelle.

Question 23 : causes de fatigue

	qualité de la lumière	quantité de la lumière	couleurs des parois	autre
salle 01	40,00%	60,00%	20,00%	6,67%
salle 02	60,00%	66,67%	33,33%	0,00%
salle 04	40%	60%	20%	0%
salle 06	26,67%	86,67%	33,33%	0,00%
salle 07	20,00%	46,67%	0,00%	13,33%
salle 08	26,67%	73,33%	46,67%	0,00%
salle 10	33,33%	60,00%	20,00%	6,67%
salle 12	26,67%	60,00%	13,33%	0,00%

Tableau : la répartition des étudiants selon les causes de la fatigue visuelle.

Question 24 : source d'éblouissement

	Soleil	ciel	ref parois	ref tableau	éclairage art
salle 01	80,00%	6,67%	26,67%	33,33%	20,00%
salle 02	53,33%	20,00%	40,00%	33,33%	20,00%
salle 04	80%	13%	47%	47%	0%
salle 06	86,66%	13,33%	60,00%	20,00%	6,67%
salle 07	80,00%	0,00%	13,33%	33,33%	40,00%
salle 08	60,00%	0,00%	26,66%	33,33%	40,00%
salle 10	80,00%	6,67%	40,00%	46,66%	6,67%
salle 12	86,66%	6,67%	40,00%	6,67%	0,00%

Tableau : la répartition des étudiants selon les sources de l'éblouissement gênant.

Question 25 : taches solaires

	oui	non
salle 01		33,33%
salle 02		66,66%
salle 04		67%
salle 06		73,33%
salle 07		40,00%
salle 08		73,33%
salle 10		66,66%
salle 12		66,67%

Tableau : la répartition des étudiants selon la présence de taches solaires sur les tables.

Question 26 : protection solaire

	oui	non
salle 01		53,33%
salle 02		60,00%
salle 04		67%
salle 06		33,33%
salle 07		40,00%
salle 08		26,67%
salle 10		60,00%
salle 12		46,66%

Tableau : la répartition des étudiants selon la présence de dispositif de protection dans les salles.

Question 27 : influence de la lumière sur le rendement en classe

	oui	non
salle 01		86,66%
salle 02		80,00%
salle 04		67%
salle 06		73,33%
salle 07		73,33%
salle 08		73,33%
salle 10		66,66%
salle 12		66,66%

Tableau : la répartition des étudiants selon l'influence de la lumière sur le rendement en classe.

1.Introduction générale 07

**Chapitre I : La notion du confort, le confort visuel et sa relation à
l'éclairage naturel et ses composantes**

I.1 Introduction 13

I.2 La notion du confort..... 13

I.2.1 Définition..... 13

I.2.2 Le confort matériel..... 14

I.2.3 Le confort psychologique 15

I.2.4 Le confort fonctionnel..... 15

I.3 Les types du confort en architecture 15

1.3.1 Le confort thermique..... 15

1.3.2 Confort acoustique 15

1.3.3 La qualité de l'aire..... 16

1.3.4 Confort visuel..... 16

I.4 Mesure du confort : 16

1.4.1 Mesure du confort lié à l'espace 16

I.4.1.1 Les critères institutionnels : 16

I.4.1.2 Les réglementations : 18

1.4.2 La mesure du confort lié aux usagers..... 18

I.5 Du confort type ou confort composés : 19

I.6 L'éclairage naturel 20

1.6.1 Définition 20

1.6.2 L'importance de l'éclairage naturel en architecture..... 20

1.6.3 Source d'éclairage naturel..... 21

1.6.4 Type d'éclairage naturel..... 21

I.6.4.1 L'éclairage zénithal..... 21

I.6.4.2 Les tabatières 22

I.6.4.3 Les dômes 22

I.6.4.4 Verrières..... 22

I.6.4.5 Toiture en dent de scie (shed) 23

I.6.4.6 Les lanterneaux 23

I.6.4.7 Puits du jour	23
I.6.4.8 Les conduits de lumière ou «light-pipes »	24
1.6.5 Eclairage latéral	24
I.6.5.1 L’’éclairage unilatéral	24
I.6.5.2 Eclairage bilatéral	25
I.6.5.3 Eclairage multilatéral	25
1.6.6 Les caractéristiques physiques de l’éclairage naturel.....	25
I.6.6.1 Le rayonnement et le spectre électromagnétique.....	25
I.6.6.2 Les Spectres lumineux (Light Spectrum)	26
I.6.6.3 Les grandeurs photométriques	26
I.6.6.4 Flux lumineux	27
1.6.7 Les instruments de mesure de l’éclairage.....	29
I.7 Le confort visuel	30
1.7.1 Définition	30
1.7.2 Les facteurs qui influencent l’efficacité et le confort visuel	30
1.7.3 Les paramètres du confort visuel	31
I.7.3.1 L’éclairement	31
I.7.3.2 L’éblouissement.....	31
I.7.3.3 Le rendu de la lumière	31
I.7.3.4 La sensibilité au contraste :.....	32
1.7.4 Les conditions qui contribuent au confort visuel	32
I.8 Conclusion.....	33

Chapitre II : La lumière naturelle et les ambiances lumineuses : Critère du confort visuel dans les salles de classes

II.1 Introduction	34
II.2 Les ambiances lumineuses en architecture	34
II.2.1 Le rôle d’une ambiance lumineuse	34
II.2.2 Type des ambiances lumineuses	35
II.2.2.1 La pénombre	35
II.2.2.2 L’ambiance luminescente	35
II.2.2.3 L’ambiance inondée	35

II.2.3 Les caractéristiques des ambiances lumineuses	35
II.2.4 Les paramètres de l'ambiance lumineuse	36
II.3 Les ambiances lumineuses dans la conception architecturale.....	36
II.4 Le confort visuel dans les salles d'enseignement	36
II.4.1 Définitions	36
II.4.1.1 Enseignement.....	36
II.4.1.2 Salle de classe	37
II.4.2 Importance de l'éclairage naturel sur les espaces éducatifs dans le monde	37
II.4.3 Les éléments du confort visuel dans salle de cours, atelier de dessin	37
II.4.4 Le niveau de l'éclairement lumineux	38
II.4.4.1 Le facteur âge	38
II.4.4.2 Facteur d'ambiance	39
II.4.5 L'uniformité de l'éclairage	39
II.4.5.1 L'uniformité de l'éclairement.....	40
II.4.5.2 Uniformité de la luminance :	40
II.4.6 L'éblouissement.....	40
II.4.6.1 Type d'éblouissement.....	40
II.4.7 Ombres portés.....	41
II.4.8 Rendu de couleur	41
II.4.9 Teinte de la lumière	42
II.5 Les niveaux d'éclairement requis dans les salles de classe.....	42
II.6 Les nuisances visuelles dans les salles de classe	42
II.7 Les effets d'orientation des façades par rapport au soleil	43
II.7.1 Définition de l'orientation	43
II.7.2 Les effets d'orientation des façades sur le rayonnement solaire	43
II.7.2.1 Parois verticales	43
II.7.2.2 Parois horizontales.....	44
II.7.2.3 Couleur et matériaux.....	45
II.7.3 Les effets de l'orientation sur les conditions d'enseulement	46
II.7.4 Les effets de l'orientation sur les salles de classe.....	46
II.8 La protection solaire.....	47
II.8.1 Définition.....	47

II.8.2 La fonctionnalité des dispositifs de protection solaire	47
II.9 Conclusion.....	48

Chapitre III : Le processus méthodologique

III.1 Introduction	49
III.2 Processus méthodologique :	49
III.3 Evaluation qualitative :	50
III.4 La méthode d'observation in situ	50
III.4.1 Définition	50
III.4.2 Le choix de la période d'observation.....	51
III.5 La méthode d'enquête (le questionnaire)	51
III.5.1 Définition	51
III.5.2 Structure du formulaire des questions et le choix des échantillons.....	51
III.5.3 Le traitement des résultats.....	52
III.6. L'évaluation quantitative	53
III.7 La technique de prise de mesures :.....	53
III.8 La technique de simulation :.....	53
III.8.1 Définition	54
III.8.2 Le choix de la simulation numérique.....	54
III.8.3 ECOTECT.....	55
III.8.4 Le choix du logiciel de simulation « ECOTECT ».....	55
III.8.5 Méthodologie de la simulation.....	56
III.9 Conclusion :.....	60

Chapitre IV: Présentation du cas d'étude et l'analyse in Situ

IV.1 Introduction	61
IV.2 Présentation de la zone d'étude :.....	61
IV.2.1 Situation	61
IV.2.2 Les caractéristiques climatiques de la ville de Bejaia :.....	61
IV.2.2.1 Les conditions climatiques :.....	62
IV.2.2.2 Les conditions solaires:.....	64
IV.3 Présentation du cas d'étude:.....	64
IV.3.1 Présentation du cas d'étude:.....	64

IV.3.1.1 Situation:	65
IV.3.1.2 Etude descriptive du bloc	65
IV.3.1.3 Constat global	66
IV.3.2 L'apport du rayonnement solaire au bloc d'architecture durant l'année	67
IV.3.2.1 Le diagramme psychométrique et les flux solaire direct et indirect	67
IV.3.2.2 L'effet de l'ombre	68
IV.3.2.3 Les taches solaires à l'intérieur du bloc	69
IV. 3.3 En hiver (Décembre).....	69
IV.3.4 Synthèse	71
IV.4 L'analyse photométrique.....	71
IV.4.1 la période de la matinée	71
IV.4.1.1 Salle (05 RDC) orientée nord, la période : juin (9h).....	71
IV.4.1.2 Salle (06 RDC) orientée sud, la période : juin (9h)	72
IV.4.1.3 Salle (02 RDC) orientée sud, la période : juin (9h)	72
IV.4.1.4 Salle (11 étage) orientée nord, la période : juin (9h).....	73
IV.4.1.5 Salle(12 étage) orientée sud, la période : juin (9h)	73
IV.4.1.6 Salle(07 étage) orientée sud, la période : juin (9h)	73
IV.4.2 La période de Midi	74
IV.4.2.1 Salle(06 RDC) orientée sud, la période : juin (12h)	74
IV.4.2.2 Salle (02 RDC) orientée sud, la période : juin (12h)	74
IV.4.2.3 Salle (08 étage) orientée sud, la période : juin (12h)	75
IV.4.2.4 Salle (12 étage) orientée sud, la période : juin (12h)	75
IV.4.3. La période de l'après midi	76
IV.4.3.1 Salle (12 étage) orientée sud, la période : juin (14h-15h).....	76
IV.4.3.2 Salle (10étage) orientée sud, la période : juin (14h)	76
IV.4.3.3 Salle (01 RDC) orientée nord, la période : juin (15h).....	76
IV.4.3.4 Salle (05 RDC) orientée nord, la période : juin (15h).....	77
IV.4.3.4 Salle (11 étage) orientée nord, la période : juin (15h).....	77
IV.5.Synthèse des résultats.....	78
IV.6.Conclusion	78

**Chapitre V: Etude qualitative du confort visuel dans les salles du bloc
d'architecture**

V.1 Introduction :	79
V.2 Etude du cas par cas (en fonction des salles) :	79
V.2.1 Evaluation du confort global dans les salles du bloc :	79
V.2.2 Evaluation de la lumière naturelle durant les saisons :	80
V.2.2.1 En hivers :	80
V.2.2.2 En été :	80
V.2.2.3 En mi saison (Septembre /Mars) :	81
V.2.3 Dimension des ouvertures et contrôle de la quantité de lumière :	81
V.2.4 Périodes par heure de journée et saison défavorables de la pénétration de la lumière naturelle :	82
V.2.5 Fatigue visuelle et ses causes et ses effets sur le rendement des étudiants :	84
V.2.6 Sources d'éblouissement :	85
V.2.7 Contrastes et effet de la tache solaire et usage de la protection :	86
V.3 Synthèse et correspondances globales :	86
V.4 Conclusion.....	87

**Chapitre VI : Evaluation qualitative de l'éclairage naturel dans les salles
du bloc d'architecture**

VI.1 Introduction :	88
VI.2 La prise de mesure et leur comparaison aux résultats ECOTECH :	88
VI.2.1 La prise de mesure	88
VI.3 la correspondance simulation prise de mesure :	89
VI.4 Présentation et discussion des résultats de la simulation :	92
VI.4.1 Période de simulation : 21 Décembre 2018	92
VI.4.1.1 Salle N° 01 (RDC, orientée nord-ouest) :	92
VI.4.1.2 Salle N°02 (RDC, orientée sud-est)	93
VI.4.1.3 Salle N°04 (RDC, orientée sud-est)	93
VI.4.1.4 Salle N°06 (RDC, orientée sud-est)	94
VI.4.1.5 Salle N° 07 (étage, orientée nord-ouest) :	95
VI.4.1.6 Salle N°08 (étage, orientée sud-est)	95
VI.4.1.7 Salle N° 10 (étage, orientée sud-est).....	96

VI.4.1.8 Salle N°12 (étage, orientée sud-est).....	96
VI.4.2 Période de simulation : 21 juin 2019	97
VI.4.2.1 Salle N°01 (RDC, orientée nord-ouest)	97
VI.4.2.2 Salle N°02 (RDC, orientée sud-est)	98
VI.4.2.3 Salle N° 04 (RDC, orientée sud-est)	98
VI.4.2.4 Salle N° 06 (RDC, orientée sud-est)	99
VI.4.2.5 Salle N° 07 (étage, orientée nord-ouest)	99
VI.4.2.6 Salle N° 08 (étage, orientée sud-est).....	100
VI.4.2.7 Salle N° 10 (étage, orientée sud-est).....	100
VI.4.2.8 Salle N°12 (étage, orientée sud-est).....	101
VI.4.3 Période de simulation : 21 MARS /SEPTEMBRE	102
VI.4.3.1 Salle N°01 (RDC, orientée nord-ouest)	102
VI.4.3.2 Salle 02 N° (RDC, orientée sud-est)	102
VI.4.3.3 Salle N°04 (RDC, orientée sud-est)	103
VI.4.3.4 Salle N°06 (RDC, orientée sud-est)	103
VI.4.3.5 Salle N°07 (étage, orientée nord-ouest)	104
VI.4.3.6 Salle N° 08 (étage, orientée sud-est).....	104
VI.4.3.7 Salle N° 10 (étage, orientée sud-est).....	105
VI.4.3.8 Salle N° 12 (étage, orientée sud-est).....	105
VI.5 Synthèse globale :	106
VI.6 Conclusion :	107
Conclusion générale :	108
Références bibliographique :.....	113
Annexes :	117
Table de matières	127
Résumé	

La qualité d'enseignement dans un pays joue un rôle primordial dans le développement économique, social et culturel. Pour ce, le bâtiment éducatif doit assurer des ambiances intérieures saines et confortables pour les usagers.

Le confort visuel est l'un des principaux paramètres qui contribue à la création d'un environnement propre à une éducation de qualité, il doit être pris en considération lors de la conception de ce type d'équipement, en raison de ses influences sur le rendement et les performances intellectuelles des étudiants.

Notre présente étude vise à évaluer l'environnement lumineux dans les salles du bloc d'architecture de l'université de Bejaia, en vu d'améliorer le confort visuel intérieur et de créer un espace qui répond aux attentes des étudiants.

Afin d'atteindre nos objectifs, nous avons effectué deux méthodes d'évaluation de l'environnement lumineux des salles, une évaluation qualitative qui est effectuée avec deux techniques distinctes :

Une observation in situ effectuée par la prise de photos sur différentes heures de la journée dans une seule période de l'année. Et une enquête par questionnaire qui était recueillis auprès des étudiants du département d'architecture. Et une évaluation quantitative basée sur une campagne de prise de mesures pour déterminer les taux d'éclairage directe pour deux salles de différentes orientations au même moment, dans les trois périodes défavorables de la journée, pour une seule période de l'année (été). Pour les autres périodes, nous avons fait recours à une méthode expérimentale complémentaire à travers la technique de simulation via AUTODESK ECOTECH version 2011. Pour conclure, nous avons fait des recommandations à fin de remédier aux problèmes soulevés dans le but de garantir un espace éducatif confortable.

Les mots clés :

Eclairage naturel, confort visuel, ambiance lumineux.

The quality of education in a country plays a vital role in economic, social and cultural development. For this, the educational building must ensure healthy and comfortable indoor environments for users.

Visual comfort is one of the main parameters that contributes to the creation of an environment suitable for quality education, it must be taken into consideration when designing this type of equipment, because of its influence on the environment. performance and intellectual performance of students.

Our present study aims to evaluate the luminous environment in the rooms of the architecture block of the University of Bejaia, in order to improve the interior visual comfort and to create a space that meets the expectations of the students.

In order to reach our objectives, we carried out two methods of evaluation of the luminous environment of the rooms, a qualitative evaluation which is carried out with two distinct techniques:

An observation was made by taking pictures on different times of the day in a single period of the year. And a questionnaire survey that was collected from the students of the Department of Architecture. And a quantitative assessment based on a measurement campaign to determine direct illumination rates for two rooms of different orientations at the same time, in the three adverse periods of the day, for a single period of the year (summer) . For the other periods, we used a complementary experimental method through the simulation technique via AUTODESK ECOTECH version 2011. Finally, we made recommendations to remedy the problems raised in order to guarantee a comfortable educational space.

Key words :

Natural lighting, visual comfort, bright atmosphere,