



Université Amar Thelidji- Laghouat

FACULTÉ : GENIE CIVIL et ARCHITECTURE
DÉPARTEMENT : D'ARCHITECTURE

MÉMOIRE DE MASTER

Présenté par:

BETTEKA Rokia

DOMAINE : Architecture et urbanisme et métier de la ville

FILIERE : Architecture

OPTION : Architecture et Environnement

THÈME:

**Amélioration du confort visuel des ateliers
de dessin dans une école d'architecture
bioclimatique à la ville de LAGHOUCAT**

Jury de soutenance :

Nom et prénom	Grade	Qualité
❖ M ^r KORIBAA Mustapha	M.A.A	Président
❖ M ^{me} BOULMERKA Zoubida	M.A.A	Examinatrice
❖ M ^{me} OUBAID DIT REBIDI Hadjer	M.A.A	Rapporteur

Promotion : 2019/2020



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة عمار ثليجي – الأغواط



كلية : الهندسة المدنية والهندسة المعمارية

قسم : الهندسة المعمارية والتعمير

ملخص مذكرة الماستر

الشعبة: هندسة معمارية

التخصص: هندسة معمارية وبيئة

عنوان المذكرة: تحسين الراحة البصرية داخل ورشات الرسم بمدرسة الهندسة المعمارية البيئية بولاية الأغواط.

تقديم الطالبة: بتقة رقية

الأستاذ المؤطر: أوبعيد هاجر

ملخص المذكرة:

في ولاية مثل ولاية الأغواط التي تمتاز بمناخ حار وجاف مع قدرات شمسية كبيرة ، مشروع مدرسة للهندسة المعمارية من المشاريع التي تحتاج إلى دراسة عميقة من حيث طرق الاستفادة من أشعة الشمس وتوظيفها كإنارة طبيعية داخل المبنى وكذا من أجل مواكبة التطور خاصة في مجال التنمية المستدامة و المحافظة على البيئة و لاستغلال الإمكانيات البيئية المتوفرة في المنطقة ، قد اعتمدنا في تصميم هذا المشروع على مبادئ الهندسة المعمارية البيئية وجعل المشروع يبني أكثر مما هو مشروع هندسي مستهلك للطاقة الاصطناعية ، ولتحقيق ذلك نسعى بهذا البحث إلى التأكد من توفر الراحة داخل الفضاءات الداخلية للمشروع ، من بينها ورشات الرسم وقد قمنا باختيار هذا الفضاء لأنه الأكثر استعمالا في مجال الهندسة المعمارية وهذا الأخير يحتاج إلى إضاءة مدروسة ومريحة ، نظرا لطبيعة العمل الذي يحتاج إلى الدقة في التفاصيل لذا قمنا باختيار تحسين الراحة البصرية وتوفير إضاءة طبيعية خالية من التوهج المزعج و المضر بالعين .
وقد قمنا في بحثنا بالاستعانة ببرامج هندسية رقمية تحاكي شروط الراحة البصرية داخل الفضاء المختار لدراسته عن طريق المحاكاة الأولية للفضاء ومن ثم إيجاد حلول وأساليب تقنية أخرى لتحسين الراحة البصرية لعلها تكون ناجعة وناجحة أو العكس.

الكلمات المفتاحية: مدرسة للهندسة المعمارية ، ولاية الأغواط ، الهندسة المعمارية المستدامة ، الإضاءة الطبيعية ،

الراحة البصرية ، المحاكاة الرقمية



Université Amar Thelidji- Laghouat



FACULTE : Génie civil et Architecture
DEPARTEMENT : D'Architecture

RESUME DE MEMOIRE DE MASTER

Domaine : Architecture et urbanisme et métier de la ville.

Filière : Architecture.

Option : Architecture et Environnement.

Thème : Amélioration du confort visuel à l'intérieur des ateliers de dessin dans une école d'architecture bioclimatique à Laghouat.

Présenté par : BETTEKA Rokia

Encadré par : OUBAID Hadjer

Résumé :

Dans une ville comme la ville de Laghouat, qui est caractérisé par un climat chaud et sec avec de grandes capacités solaires. Un projet tel qu'une école d'architecture doit être étudié en profondeur en termes de façons de bénéficier de la lumière du soleil et de l'utiliser comme lumière naturelle à l'intérieur du bâtiment, et ainsi de suite pour suivre le développement, en particulier dans le domaine du développement durable, la conservation de l'environnement et l'exploitation du potentiel environnemental de la région. Dans la conception de ce projet, nous nous sommes appuyés sur les principes de l'architecture bioclimatique et nous avons rendu le projet plus environnemental qu'un projet architectural qui utilise l'énergie artificielle. et pour explorer ça, nous veillons à ce que l'espace interne du projet soit confortable. Parmi ces espaces on a choisi les ateliers de dessin qui sont les plus utilisables et importants dans le domaine d'architecture, et qui nécessite un éclairage bien étudié et plus confortable, en raison de la nature du travail qui doit être soigneusement détaillé, on a choisi d'améliorer le confort visuel et de fournir un éclairage naturel non éblouissant et nocif pour l'œil.

Dans cette recherche, on a utilisé des programmes d'ingénierie numérique qui simulent les conditions de confort visuel dans l'espace choisi pour l'étude par la simulation du cas initial et de trouver d'autres solutions et techniques pour améliorer le confort visuel afin qu'ils puissent être efficaces et succès ou vice versa.

Mots clés : Architecture durable, éclairage naturel, confort optique, simulation numérique

Republic Algerian Démocratic And Popular
Minister Of Superior Enseignement And Scientific Research



Amar Thelidji University - Laghouat



FACULTY: Civil Engineering and Architecture
DEPARTEMENT: Architecture

ABSTRACT OF MASTER MEMORY

Career: Architecture.

Option: Architecture and Environment.

Theme: Sustainable design of a research laboratory for architecture and civil engineering at the new university pole in Laghouat.

Presented by: BETTEKA Rokia

Framed by: OUBAID Hadjer

Abstract :

In a city like the Laghouat city ,which is characterized by a hot and dry climate with large solar capabilities. A project such as an architectural school is one that needs to be studied in depth in terms of ways to use sunlight and use it as natural light inside the building, and so on to keep up with the development, especially in the field of sustainable development, environmental conservation and to exploit the environmental potential of the region. In designing this project we have relied on the principles of bioclimatic architecture and making the project more environmental than a project of architecture that is used for artificial energy, and to explore this we seek to ensure that the project's internal space is comfortable. and between these spaces we chose the important one for domain of architecture which is studios , and to be most comfortable and thoughtful lighting, due to the nature of the work that needs to be carefully detailed so we chose to improve visual comfort and provide natural lighting free of irritating and harmful to the eye.

In this research, I have used digital engineering programs that simulate the visual comfort conditions within the space chosen for study through initial case simulation and thus found other solutions and techniques to improve optical comfort so that they may be effective and successful or vice versa.

Key words: Sustainable architecture, natural lighting, optical comfort, digital simulation

Remerciements

*Je remercie tout d'abord mon Dieu le tout puissant de le miséricordieux qui m'a permis de mener à terme ce travail toute ma reconnaissance à la directrice de mon travail Mme **OUBAIDE Hadjer** d'avoir accepté a dirigé ce mémoire de Master et pour son soutien et ses encouragements.*

*Mes chaleureux remerciements à M^{me} **BOULMERKA Zoubida** pour son soutien et sa coopération qui a favorisé la réalisation de ce travail.*

Mes vifs remerciements vont aux membres de jury pour avoir accepté de juger ce présent travail.

Je remercie également mes enseignants du département d'architecture à l'université Ammar Thelidji, pour la qualité de l'enseignement qu'ils m'ont prodigué, et pour leur aide.

Enfin, à toute personne qui a participé de près ou de loin à l'accomplissement de ce travail soit sincèrement remercié.

Merci

Dédicace

Je dédie ce travail :

A ma chère mère

A mon cher père

qui n'ont jamais cessé , de formuler des prières a mon égard , de me soutenir et de m'épauler pour que je puisse atteindre mes objectifs, pour leurs soutiens moral et leurs conseils précieux tout au long de mes études.

A ma chère grande -mère

qui je souhaite une bonne santé.

A mes chères amies

pour leurs aides et supports dans les moments difficiles.

A toute ma famille.

Rokia

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE

I Introduction générale.....	2
II Problématique	3
III Hypothèses.....	4
IV Objectif.....	4
V Méthodologie et structure générale du travail.....	5

CHAPIRE 01 : ETUDE THEMATIQUE

I. Introduction.....	8
II. Architecture et durabilité.....	8
II.1 Présentation	8
II.2.L'architecture durable	8
II.3 L'enjeu clé de l'architecture durable	9
II.4 L'architecture et l'environnement.....	11
III Le confort visuel.....	12
IV L'éclairage naturel.....	18
IV.1 Stratégie de l'éclairage naturel	19
IV.2 Les type de l'éclairages naturels.....	19
V Stratégies et solutions pour un bon éclairage NATUREL	31
V.1 Les atriums.....	31
V.2 Façades double peaux.....	36
VII CONCLUSION	40

CHAPIRE 02: ETUDE ANALYTIQUE

I. Introduction	42
II. Volet 01 : analyse des exemples.....	42
II.1 Présentation.....	42
II.2 Choix des exemples.....	42
II.3 Exemple 01: École d'architecture de l'Université de Miami / Arquitectonica.....	42
II.5 Exemple 02: Extension de l'École d'Architecture de Marseille.....	47
II.7 Exemple 03: Massachusetts Colleged' Art et Design.....	52
II.9 Exemple 04: Melbourne École de Design Université de Melbourne.....	55
III. Synthèse.....	55
IV. Volet 02 :présentation de projet	56
IV.1 Présentation	56
IV.2 Présentation générale du site.....	56
IV.3 Analyse climatique de la ville de Laghouat.....	56
IV.4 Situation du site d'intervention.....	58
IV.5 Les données climatiques du site.....	58
IV.6 Idée et forme de projet.....	59
IV.7 Les solutions bioclimatiques adaptées au projet.....	60
IV.8 Synthés.....	62
V. Conclusion	62

CHAPIRE 03 : Simulation numérique

I. Introduction.....	64
II Évaluation numérique de confort visuel.....	64
II.1 Motivation du choix de cas d'étude.....	64
II.2 Position dans le plan.....	64
II.3 Présentation de cas d'étude.....	65

II.4 Outils de simulation.....	65
II.5 Paramètres simulés.....	66
II.6 Norme de confort visuel	66
II.7 Périodes de simulation.....	67
II.8 Évaluation numérique avec logiciel ECOTECT (cas initial).....	67
II.9 Évaluation numérique (cas amélioré 1).....	74
III SYNTHÈSE.....	82
CONCLUSION GENERALE.....	

LISTE DES FIGURES

CHAPIRE 01 : ETUDE THEMATIQUE

Figure 1: l'implantation du bâtiment.....	9
Figure 2: La forme du bâtiment.....	9
Figure 3: Les différents effets de la végétation.....	9
Figure 4: Isolation thermique en laine de roche.....	10
Figure 5: La gestion d'eau.....	10
Figure 6: Panneaux photovoltaïques.....	10
Figure 7: Choix de matériaux.....	10
Figure 8: Choix de couleurs.....	11
Figure 9: Association HQE.....	11
Figure 10: Les cibles de a haute qualité environnementale HQE.....	12
Figure 11: Les paramètres du confort visuel.....	13
Figure 12: Composante de la lumière naturelle.....	14
Figure 13: Physiologie de la vision.....	14
Figure 14: L'éclairage.....	14
Figure 15: FLJ.....	15
Figure 16: L'uniformité de la luminance.....	15
Figure 17: L'éblouissement.....	16
Figure 18: Rendu des couleurs.....	16
Figure 19: Rendu des couleurs.....	16
Figure 20: Sous l'éclairage naturel	16
Figure 21: Films de protection.....	17
Figure 22: Laques de protection	18
Figure 23: Stores volets.....	18
Figure 24: Stores à lamelles.....	18
Figure 25: Brise-soleil.....	18
Figure 26: Stratégie de l'éclairage nature.....	19

Figure 27: Éclairage latéral.....	19
Figure 28: Zone d'influence d'une ouverture.....	19
Figure 29: Éclairage bilatéral Éclairage.....	20
Figure 30: Éclairage Multilatéral.....	20
Figure 31: Fenêtre verticale.....	20
Figure 32: Facteur d'orientation pour la France métropolitaine.....	21
Figure 33: Angle d'exposition au ciel.....	22
Figure 34: Influence de la forme de l'ouverture sur l'éclairement moyenne.....	22
Figure 35: Influence de la forme de l'ouverture sur l'éclairement moyenne.....	23
Figure 36: Performance lumineuse des ouvertures latérales en fonction de leur position.....	24
Figure 37: fenêtres en haut de mur.....	24
Figure 38: Forme faux- plafond.....	25
Figure 39: Plafond biaisé.....	25
Figure 40: La zone d'influence de la lumière naturelle.....	25
Figure 41: Type d'embrasures.....	25
Figure 42: La découpe en biais des embrasures.....	26
Figure 43: Influence des menuiseries sur la surface d'ouverture.....	26
Figure 44: Influence des menuiseries sur la surface d'ouverture (Vue l'intérieure).....	26
Figure 45: Influence des menuiseries sombres/clairés sur la surface d'ouverture.....	26
Figure 46: Vitrages clairs.....	27
Figure 47: Vitrages teintés.....	27
Figure 48: Vitrages diffusants.....	27
Figure 48: Vitrages diffusants.....	27
Figure 49: Variation du niveau d'éclairement en fonction de la profondeur de la pièce.....	28
Figure 50: Clarté des parois.....	28
Figure 51: Clarté du plafond.....	28
Figure 52: Brillances des matériaux.....	28
Figure 53: Éclairage zénithale.....	29

Figure 54: Exemple 3D sheds.....	29
Figure 55: Skylight.....	29
Figure 56: Types de lanterneaux.....	33
Figure 57: La verrière de la bibliothèque de la faculté d'architecture de l'université de Port	33
Figure 58: Exemple dôme.....	31
Figure 59: Exemple puits de lumière.....	31
Figure 60: Un atrium à l'époque romaine.....	32
Figure 61: Un atrium recouvrant deux bâtiments.....	32
Figure 62: Un atrium recouvrant le cœur d'un bâtiment.....	32
Figure 63: Distribution des flux solaires sur les parois internes de l'atrium.....	34
Figure 64: Courbe : Coefficient de lumière naturelle d'un atrium linéaire	34
Figure 65: Un vitrage isolant double.....	34
Figure 68: distribution de flux solaires sur les parois interne atrium.....	34
Figure 69: coefficient de lumière naturel atrium linéaire en fonction de la construction.....	34
Figure 70: un vitrage isolant double	34
Figure 71: Verre feuilleté.....	35
Figure 71: Façade double peaux (système de Ventilation).....	40
Figure 72: Verre trempé (VST).....	35
Figure 73: Verre feuilletéde	35
Figure 74 : dimension de la toiture	35
Figure 78: façade double peaux	36
Figure 79: façade double peaux.....	37
Figure80: principe de fonctionnement d'un façades double peaux ventilée mécaniquem.....	38
Figure81 : principe de fonctionnement d'un façades double peaux ventiléenaturelles sur un niveau.....	38
Figure83 : détail de la construction de la FDB.....	38
Figure84 : paramètre de confort visuel en fonction de tache visuel	39
Figure85: paramètre de confort visuel.....	40

CHAPIRE 02 : ETUDE ANALYTIQUE

Figure 1: École d'architecture de l'Université de Miami.....	42
Figure 2: Vue en plan.....	43
Figure 3: Vue en plan.....	43
Figure 4: Entrée principale.....	43
Figure 5: Foyer.....	43
Figure 6: Façade postérieure.....	43
Figure 7: Sortie vers la cour et le foyer.....	44
Figure 8: Entrée principale.....	44
Figure 9: Vue sur la façade.....	44
Figure 10: Façade postérieur.....	44
Figure 11: Toiture courbée.....	45
Figure 12: La toiture courbée.....	45
Figure 13: Entrée principale.....	45
Figure 14: Plan de R.D.C.....	46
Figure 15: Vues intérieure.....	46
Figure 16: Vue intérieure.....	46
Figure 17: Vue intérieure.....	46
Figure 18: L'extension de l'École d'architecture de Marseille.....	47
Figure 19: Situation de l'École d'architecture de Marseille.....	47
Figure 20: Plan de masse.....	48
Figure 21: Vue intérieure.....	48
Figure 22: Vue de l'extérieure.....	48
Figure 23: Composition volumétrique.....	48
Figure 24: Traitement de façades.....	49
Figure 25: L'espace intermédiaire protégé.....	49

Figure 26: Plan de R.D.C.....	49
Figure 27: Matériaux et couleurs.....	50
Figure 28: École supérieur d'architecture et de paysage de Bordeaux.....	50
Figure 29: Vue en plan.....	50
Figure 30: Coupe du projet.....	51
Figure 31: Détail constructif du projet.....	51
Figure 32: Détail constructif du projet.....	51
Figure 33: Vues intérieures du projet.....	52
Figure 34: Melbourne École de Design.....	52
Figure 35: Vue en plan.....	53
Figure 36: Melbourne École de Design.....	53
Figure 37: Vue sur la façade sud.....	53
Figure 38: Panneaux de protection solaire.....	53
Figure 39: Détail de protection solaire.....	54
Figure 40: Plan d'assemblage du projet.....	54
Figure 41: Vues intérieurs d'atrium et hall studio.....	54
Figure 42: Coupe du projet.....	54
Figure 43: Découpage des zones climatiques.....	56
Figure 44: Extrait des caractéristiques de la zone D.....	56
Figure 45: Température de la ville de Laghouat.....	57
Figure 46: Les vents dominant de la ville de Laghouat.....	57
Figure 47: Les précipitations dans la ville de Laghouat.....	57
Figure 48: Zoning de la disponibilité de la lumière naturelle en Algérie.....	58
Figure 49: Type de ciel de la ville de Laghouat.....	58
Figure 50: Plan de situation.....	58
Figure 51: Données climatiques de site.....	59
Figure 52: Source d'inspiration.....	59
Figure 53: Étapes de la genèse du projet.....	59

Figure 54: Plan de masse du projet.....	60
Figure 55: Schéma représente la protection des blocs contre les vents de sable.....	60
Figure 56: Schéma représente l'orientation et l'emplacements des ateliers de dessin.....	60
Figure 57: Schéma représente l'éclairage naturel au niveau des ateliers de dessin.....	61
Figure 58: Schéma représente l'éclairage naturel/Température/Ventilation au niveau des ateliers.....	61
Figure 59: Types de vitrages utilisés.....	61
Figure 60: Toiture végétale.....	61

CHAPIRE 03 : Simulation numérique

Figure 1: Plan de cas d'étude (Atelier de dessin.....	64
Figure 2: ECOTEECT 2011.....	65
Figure 3: Radiance.....	65
Figure 4: Modèles simplifiés avec ECOTEECT2011.....	67
Figure 5: L'ombre en 21 décembre à 9h.....	67
Figure 6: Rendu lignes de contour a ciel dégagé le 21/12 à 9h.....	68
Figure 7: Rendu fausse couleur a ciel dégagé le 21/12 à 9h.....	68
Figure 8: Vue intérieure d'atelier le 21/12 à 9h.....	68
Figure 9: L'éclairement a ciel couvert le 21/12 à 9h.....	68
Figure 10: L'ombre en 21 décembre à 13 h.....	68
Figure 11: Rendu lignes de contour a ciel dégagé le 21/12 à 13h.....	69
Figure 12: Rendu fausse couleur a ciel dégagé le 21/12 à 13h.....	69
Figure 13: Vue intérieure d'atelier le 21/12 à 9h.....	69
Figure 14: L'éclairement a ciel couvert le 21/12 à 13h.....	69
Figure 15: L'ombre en 21 décembre à 17h.....	69
Figure 16: Rendu lignes de contour a ciel dégagé le 21/12 à 17h.....	70
Figure 17: Rendu fausse couleur a ciel dégagé le 21/12 à 17.....	70
Figure 18: L'éclairement a ciel couvert le 21/12 à 17.....	70

Figure 19: Vue intérieure d'atelier dégagé le 21/12 à 17h.....	70
Figure 20: L'ombre en 21 Juin à 9h.....	70
Figure 21: Rendu fausse couleur a ciel dégagé le 21/06 à 09h.....	71
Figure 22: Rendu lignes de contour a ciel dégagé le 21/06 à 09h.....	71
Figure 23: L'éclairement a ciel couvert le 21/06 à 09h.....	71
Figure 24: Vue intérieure d'atelier le 21/06 à 09h.....	71
Figure 25: L'ombre en 21 Juin à 13 h.....	71
Figure 26: Rendu lignes de contour a ciel dégagé le 21/06 à 13h.....	72
Figure 27: Rendu fausse couleur a ciel dégagé le 21/06 à 13h.....	72
Figure 29: Vue intérieure d'atelier le 21/06 à 13h.....	72
Figure 28: L'éclairement a ciel couvert le 21/06 à 13h.....	72
Figure 30: L'ombre en 21 Juin à 17 h.....	72
Figure 30: L'ombre en 21 Juin à 17 h.....	73
Figure 32: Rendu fausse couleur a ciel dégagé le 21/06 à 17h.....	73
Figure 33: L'éclairement a ciel couvert le 21/06 à 17.....	73
Figure 34: Vue intérieure d'atelier le 21/06 à 17h.....	73
Figure 35: Vue intérieure d'atelier le 21/12 à 09h.....	74
Figure 36: Rendu fausse couleur a ciel dégagé le 21/12à 09h.....	74
Figure 37: Rendu fausse couleur a ciel dégagé le 21/12à 13h.....	75
Figure 38: Vue intérieure d'atelier le 21/12 à 13h.....	75
Figure 39: Rendu fausse couleur a ciel dégagé le 21/12à 17 h.....	76
Figure 40: Vue intérieure d'atelier le 21/12 à 17h.....	76
Figure 41: Rendu fausse couleur a ciel dégagé le 21/12à 17 h.....	76
Figure 42: Vue intérieure d'atelier le 21/12 à 17h.....	76
Figure 43: Rendu fausse couleur a ciel dégagé le 21/12à 17 h.....	77
Figure 44: Vue intérieure d'atelier le 21/12 à 17h.....	77
Figure 46: Vue intérieure d'atelier le 21/06 à 17h.....	78
Figure 45: Rendu fausse couleur a ciel dégagé le 21/06à 17 h.....	78

Figure 47: Rendu fausse couleur a ciel dégagé le 21/12à 17 h.....	79
Figure 50: Vue intérieure d'atelier le 21/12 à 13h.....	80
Figure 49: Rendu fausse couleur a ciel dégagé le 21/12à 13 h.....	80
Figure 51: Rendu fausse couleur a ciel dégagé le 21/12à 17 h.....	80
Figure 52: Vue intérieure d'atelier le 21/12 à 17h.....	80
Figure 53: Rendu fausse couleur a ciel dégagé le 21/06à 17 h.....	81
Figure 54: Vue intérieure d'atelier le 21/06 à 17h.....	81
Figure 55: Rendu fausse couleur a ciel dégagé le 21/06à 13 h.....	82
Figure 56: Vue intérieure d'atelier le 21/06 à 13h.....	82
Figure 58: Rendu fausse couleur a ciel dégagé le 21/06à 17 h.....	82
Figure 57: Vue intérieure d'atelier le 21/06 à 17h.....	82

LISTE DES TABLEAUX

CHAPIRE 03 : SIMULATION NUMIRIQUE

Tableau 1: Caractéristiques formelles et géométriques d'atelier de dessin.....	65
Tableau 2: caractéristique de lumière des Ateliers.....	66
Tableau 3: Éclairement lumineux intérieur , cas initial 21 Décembre à 9h	67
Tableau 4: Éclairement lumineux intérieur , cas initial 21 Décembre à 13h	68
Tableau 5: Éclairement lumineux intérieur , cas initial 21 Décembre à 17h	69
Tableau 6: Éclairement lumineux intérieur , cas initial 21 Juin à 09h.....	70
Tableau 7: Éclairement lumineux intérieur , cas initial 21 Juin à 13h.....	71
Tableau 8: Éclairement lumineux intérieur , cas initial 21 Juin à 17h.....	72
Tableau 9: Éclairement lumineux intérieur , cas améiore (1) 21 Décembre à 9h.....	74
Tableau 10: Éclairement lumineux intérieur , cas améiore (1) 21 Décembre à 13h.....	75
Tableau 11: Éclairement lumineux intérieur , cas améiore (1) 21 Décembre à 17h.....	75
Tableau 12: Éclairement lumineux intérieur , cas améiore (1) 21 Juin à 9h.....	76
Tableau 13: Éclairement lumineux intérieur, cas améiore (1) 21 Juin à 13h.....	77
Tableau 14: Éclairement lumineux intérieur , cas améiore (1) 21 Juin à 17h.....	77
Tableau 15: Ambiances lumineuses , cas amélioré 1, 21 décembre 09h,13h, 17h.....	78
Tableau 16: Ambiances lumineuses , cas amélioré 1, 21 juin 09h,13h, 17h.....	78
Tableau 17: Éclairement lumineux intérieur , cas améiore (2) 21 Décembre à.....	79
Tableau 18: Éclairement lumineux intérieur , cas améiore (2) 21 Décembre à 13h.....	79
Tableau 19: Éclairement lumineux intérieur , cas améiore (2) 21 Décembre à 17h.....	80
Tableau 20: Éclairement lumineux intérieur , cas améiore (2) 21 Juin à 9h.....	81
Tableau 21: Éclairement lumineux intérieur , cas améiore (2) 21 Juin à 13h.....	81
Tableau 22: Éclairement lumineux intérieur , cas améiore (2) 21 Juin à 17h.....	82
Tableau 23: Ambiances lumineuses , cas amélioré 2, 21 décembre 09h,13h, 17h.....	83
Tableau 24: Ambiances lumineuses , cas amélioré 2, 21 juin 09h,13h, 17h.....	83



INTRODUCTION GENERALE

**«La lumière est les clés du
Bien-être»**

**«Je compose avec la lumière»
Le Corbusier**

I INTRODUCTION GENERALE :

La notion d'environnement est un concept à double entrée : elle définit le climat mais, en retour, elle implique aussi l'action de l'homme sur son milieu. Vivre en symbiose avec son environnement, c'est à la fois s'y intégrer et le respecter.

La conception architecturale consiste à trouver le meilleur équilibre entre le bâtiment, le climat environnant et le confort de l'utilisateur. Le climat est l'élément critique dans la conception d'une architecture bioclimatique : évolution de l'ensoleillement et des températures, régime des vents et des précipitations, tout contribue à déterminer un environnement physique auquel l'architecte cherche à répondre. Invoquant plus sur les systèmes de conception passive signifie que la fiabilité est améliorée, l'entretien est réduit au minimum et le design est plus durable. Pour une architecture durable, des différents dispositifs et outils liés à la conception d'une architecture solaire passive ont été sélectionnés.

L'architecture durable se concrétise à travers différentes pratiques qui ont pour objectifs de réduire l'impact négatif d'un bâtiment sur son environnement et de prendre soin de la qualité de vie des utilisateurs et des communautés riveraines. La mise en œuvre d'une architecture durable se manifeste par un ensemble de choix de techniques, des méthodes de gestion, la sélection des matériaux employés et l'organisation interne des fonctions et des espaces, afin de maîtriser, en particulier, la consommation d'énergie et l'aménagement du cadre de vie des utilisateurs.¹

L'Algérie a intégré la dimension de durabilité dans sa politique nationale de développement durable à travers ses instruments de planification, dans un souci de maintenir l'équilibre entre les impératifs de son développement socio-économique et l'utilisation rationnelle de ses ressources naturelles.²

De nos jours, où la question de l'environnement et du développement durable sont au cœur de tous les débats architecturaux. la lumière naturelle est un élément nécessaire à la vision et fondamentale pour apprécier la forme, la couleur et l'ambiance de l'environnement qui nous entoure dans notre vie quotidienne et nous permet d'exercer nos travaux dans des situations de confort visuel. La lumière du jour en tant qu'élément sensoriel visuel des

¹ [https://www.architecte-batiments.fr/1-architecture-durable-en-pratique//traité par l'auteur/25/12/2019](https://www.architecte-batiments.fr/1-architecture-durable-en-pratique//traité%20par%20l'auteur/25/12/2019)

² [https://sustainabledevelopment.un.org/dsd_aofw_ni/ni_pdfs/NationalReports/algeria/full_report.pdf/traité par l'auteur/27/12/2019](https://sustainabledevelopment.un.org/dsd_aofw_ni/ni_pdfs/NationalReports/algeria/full_report.pdf/traité%20par%20l'auteur/27/12/2019)

environnements intérieurs physiques est un problème essentiellement critique dans la conception des espaces d'enseignement universitaires. Puisque la lecture et l'écriture sont les tâches les plus importantes dans ces espaces, la performance visuelle est considérée comme le résultat principal de la conception de l'éclairage et est définie en termes de rapidité et de précision du traitement des informations visuelles.³

Dans les écoles d'architecture, la question de l'éclairage naturel et du confort visuel a toujours été un sujet de recherche, car dans la conception des établissements d'enseignements, un ensemble des normes internationales sur l'éclairage sont établies pour les différents espaces tel que, les salles de classes, les ateliers, les labos, parcours...etc.

II PROBLÉMATIQUE :

Durant des millénaires, l'Homme était tributaire de la lumière naturelle qui constituait sa seule source d'éclairage nécessaire pour effectuer les différentes tâches et activités quotidiennes. Mais aujourd'hui, l'énergie électrique commence à poser de sérieux problèmes en Algérie à cause de la forte demande qu'elle suscite. Il devient donc important d'inciter les citoyens à l'usage rationnel de celle-ci, aussi bien dans les lieux domestiques que dans les espaces de travail, d'enseignement...etc. Ceci est d'autant plus impératif que le « développement durable » exige de minimiser les recours aux énergies non renouvelables.⁴

D'autre côté, La lumière du jour ainsi qu'une bonne lumière naturelle augmentent le bien-être et la capacité de concentration. Le Corbusier en 1923 a donné une définition intemporelle de l'architecture comme « le jeu savant, correct, et magnifique des volumes sous la lumière ». Ce qui démontre le rôle impératif de l'étude de la lumière pendant les différentes phases de conception de l'espace architectural.⁵

Dans les villes comme la ville de Laghouat à un climat chaud et aride et par son gisement lumineux important, l'objectif est toujours d'éviter les rayons solaires directs et de rechercher l'ombre et la fraîcheur en saison estivale.

Suite à cet état de fait ; et pour mieux comprendre notre problématique ; cette situation nous mène à poser la question suivante :

³ <http://thesis.univ-biskra.dz/1126/4/CHAPITRE%20II.pdf>/traité par l'auteur/27/12/2019

⁴ « Eclairage électrique » dans Encyclopédie Encarta sur CD-ROM, France: Microsoft corporation. 2004. /traité par l'auteur/27/12/2019

⁵ Le Corbusier, Vers une architecture, nouvelle édition revue et augmentée, Paris, Arthaud, 1977 (éd. Originale 1923). Citons aussi, du même écrit : « Les éléments architecturaux sont la lumière et l'ombre, le mur et l'espace ».

➤ **Comment assurer et améliorer le confort visuel dans les écoles d'architecture ?**

Un bon éclairage des pièces a une grande importance pour le confort visuel, et Pour obtenir un état de confort visuel, il est recommandé d'étudier les stratégies de la lumière naturelle, et pour renforcer leur travail, il faut recourir aux nouveaux systèmes qui permettent à la fois d'éclairer naturellement les espaces et réduire l'utilisation de l'éclairage électrique pendant le jour.

- **Est ce que la lumière naturelle au niveau des ateliers d'architecture est suffisante sinon, quelles sont les corrections à apporter pour ces espaces ?**
- **Quel est le choix optimal qui prend en charge les ouvertures pour réduire l'inconfort a l'intérieur des ateliers de dessin ?**

III HYPOTHÈSES :

Afin de répondre aux questions posées, on a proposé les hypothèses suivantes :

- L'inconfort visuel dans les espaces d'enseignement d'architecture pourrait être le résultat d'une orientation des espaces non étudiée (tel que les ateliers de dessin) et/ou d'une pénétration non contrôlée de la lumière naturelle.
- Les protections solaires semblent utiles pour améliorer le confort visuel des étudiants tels que les toitures, les brises solaires, les écrans verticaux au niveau des façades, light shelves , les matériaux verriers .
- l'atrium et les ouvertures (qui donnent vers l'atrium) sont des solutions réussies pour augmenter la pénétration d'éclairage naturel.

IV OBJECTIFS:

Les objectifs de cette recherche sont :

- L'objectif principal c'est d'évaluer, les performances lumineuses de l'éclairage naturel des ateliers d'architecture afin de déceler les différents points positifs négatifs de ce dispositif qui nous permettrons par la suite de proposer d'éventuelles corrections et recommandations.
- Déterminer les taches à entreprendre pour remédier aux défauts de la conception actuelle afin de parvenir à un environnement durable.

- adapter des solutions et stratégies viables pour un confort visuel sein au niveau des ateliers de dessin.

V MÉTHODOLOGIE ET STRUCTURE GÉNÉRALE DE TRAVAIL:

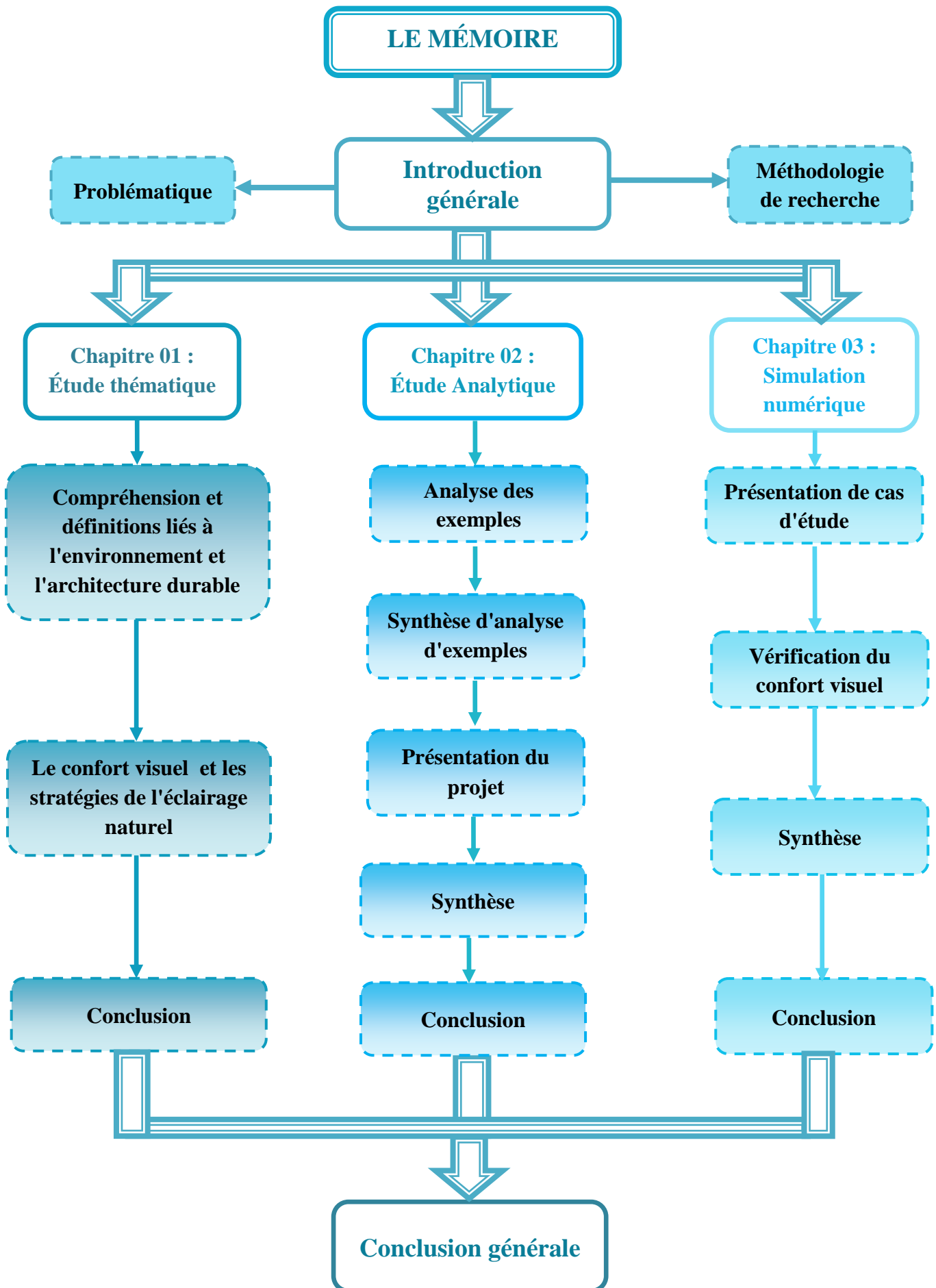
Afin d'atteindre les objectifs de cette recherche, il est important d'avoir une approche méthodique et structurée du sujet traité, ainsi la présente recherche sera composée de deux Parties, la première traitera de l'aspect théorique de la question et la deuxième qui est la partie pratique comprendra la vérification et la simulation .

L'aspect théorique de cette recherche consistera en une familiarisation avec le sujet et traitera les différents points et concepts relatifs à l'architecture durable en général et le confort visuel plus précisément. Cette partie se composera de deux chapitres :

-Le premier chapitre englobera les différentes connaissances de base et les notions fondamentales de l'architecture durable et ciblera aussi l'éclairage naturel et le confort visuel dans les écoles d'architecture.

-Le deuxième chapitre traitera les techniques et les stratégies de la lumière naturelle dans des exemples similaires et présentera aussi l'environnement de notre étude, à savoir le climat de la ville de Laghouat ainsi que le projet d'école d'architecture.

-Le troisième et le dernier chapitre est destiné à la simulation numérique qui sera prise en charge par les logiciels Radiance et Ecotect. Comprend les différentes analyses et interprétations des résultats discussions des hypothèses et des propositions d'améliorations et de corrections.





CHAPITRE 01

ETUDE THEMATIQUE

«More and more, it seems to me,
light is the beautifier of the
building» Frank Lloyd

Wright 1985

I INTRODUCTION:

Avant d'aborder la conception en éclairage naturel d'un bâtiment, il s'agit de comprendre quelles sont les possibilités qui lui seront offertes par les contraintes et exigences diverses. Celles-ci peuvent être d'ordre contextuel et géographique (latitude du site, masques environnants), programmatiques (exigences des démarches environnementales ou des réglementations) ou d'usage (type de bâtiment et d'utilisateurs).¹

Dans ce chapitre nous traiterons deux axes présente les notions fondamentales liés à l'architecture et la durabilité ainsi que les différents enjeux clés de l'architecture durable ,dans le deuxième nous allons définir les paramètres du confort visuel , les différentes protections solaires et en passant par le concept de l'éclairage naturel et les différents dispositifs de l'éclairage naturel et les performances de chacune de techniques leurs caractéristiques, leurs dimensions ainsi que leurs avantages et inconvénient.

II ARCHITECTURE ET DURABILITE

II.1 Présentation :

Si l'architecture est inefficace d'un point de vue énergétique, si elle n'apporte pas de confort aux habitants, si elle produit des montagnes de déchets, c'est qu'elle n'a pas été conçue correctement. La durabilité s'impose ainsi dans l'art de construire. C'est le seul moyen de faire une architecture digne de ce nom et de contribuer à l'amélioration du cadre de vie. Car l'architecture, c'est un travail sur le « milieu », notion qui englobe le climat, la qualité de l'air, la biodiversité, les ressources, les cinq sens, la mémoire. C'est beaucoup plus large et intéressant qu'un certain formalisme.²

II.2 Architecture durable:

II.2.1 Définition :³

Architecture durable c'est de concevoir une architecture plus respectueuse de l'environnement, mais chacune relève d'une période, parfois d'un pays donné et répond souvent à des logiques différentes. Certaines s'intéressent surtout à la technologie et à gestion,

¹ https://www.arec-idf.fr/fileadmin/DataStorageKit/AREC/Etudes/pdf/guide_bio_tech_eclairage_naturel.pdf

² <http://www.archistorm.com/durabilitearchi/>

³ <https://www.caue77.fr/abcaire/architecture-ecologique-architecture-bioclimatique/> traité par l'auteur/vue 10/12/2019

d'autres privilégient la santé de l'homme, d'autres encore place le respect de la nature au centre de leurs préoccupations.

II.3 L'enjeu clé de l'architecture durable:

II.3.1 L'orientation du bâtiment:⁴

La conception judicieuse d'un bâtiment en fonction des conditions du terrain (ensoleillement, présence de zones boisées, surfaces exposées aux vents...) permet de maximiser les apports d'énergies naturels et de minimiser les pertes d'énergies.

II.3.2 L'implantation :⁵

L'implantation détermine l'éclairage, les apports solaires, les déperditions, les possibilités d'aération, mais aussi les qualités de l'habitat : communications, vues, rapports de voisinage.

II.3.3 La forme du bâtiment:⁶

La surface totale exposée à l'extérieur est un facteur de déperdition d'énergie, un bâtiment présentant une surface extérieure étendue aura tendance à perdre plus de chaleur. Il faudra donc privilégier une forme plus compacte qui augmente le rapport entre le volume des espaces intérieurs et la surface exposée aux intempéries et limite donc les pertes calorifiques.

II.3.4 La végétation:⁷

Planter des arbres à feuilles caduques est également une solution écologique pour favoriser la régulation de l'ensoleillement tout en améliorant la qualité de l'air par la photosynthèse naturelle. En



Figure 1: l'implantation du bâtiment
Source : Livre traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques-Alain Liébard, André de Herde \page 63b

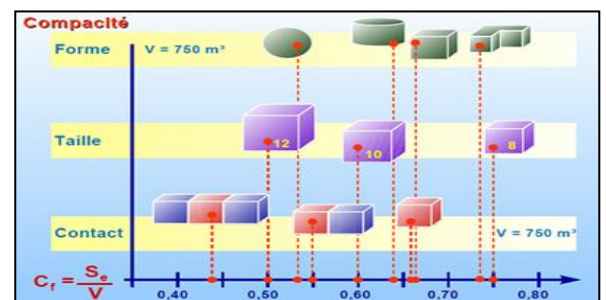


Figure 2: La forme du bâtiment
Source : <https://www.asder.asso.fr/conception-bioclimatique/>

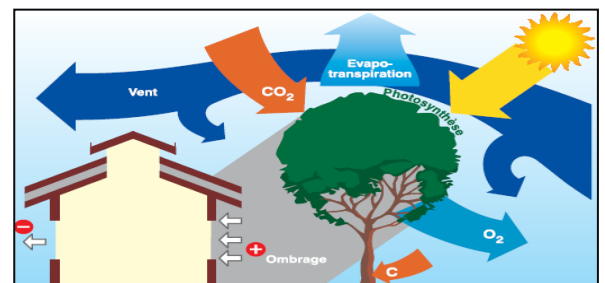


Figure 3: Les différents effets de la végétation
Source : Livre traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques-Alain Liébard, André de Herde \page 139a

⁴ <https://www.architecte-batiments.fr/1-architecture-durable-en-pratique/traité-par-l-auteur/vue-23/01/2020>

⁵ Livre traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques-Alain Liébard, André de Herde \page 64a.

⁶ <https://www.architecte-batiments.fr/1-architecture-durable-en-pratique/traité-par-l-auteur/vue-23/01/2020>

⁷ Livre traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques-Alain Liébard, André de Herde \page 193.

été, les feuilles serviront de brise-soleil, en hiver l'absence de feuille ne limitera pas les apports de lumière. Les arbres à feuilles persistants pourront quant à eux servir d'isolant externes contre le froid en hiver, du côté nord.

II.3.5 L'isolation thermique:⁸

Pour réduire les pertes énergétiques, une bonne isolation thermique est une des clés de la construction durable. Une isolation efficace réduit la dissipation de chaleur en hiver et inversement, l'entrée de chaleur en été ; les besoins en pour le chauffage et la climatisation sont donc réduits d'autant.

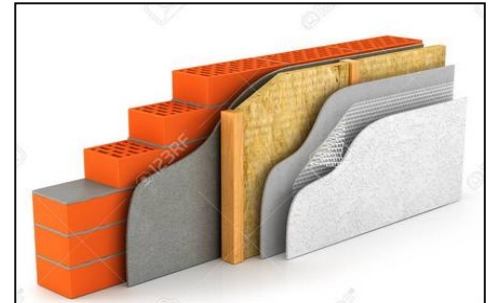


Figure 4: Isolation thermique en laine de roche. Source : www. fr.123rf.com

II.3.6 La gestion de l'eau, de l'air et des déchets:⁹

L'énergie perdue lors de l'évacuation des déchets et eaux usées peut être récupérée et réinjectée dans le bâtiment par des systèmes qui permettent de chauffer l'eau ou l'air propre, comme des pompes à chaleur .

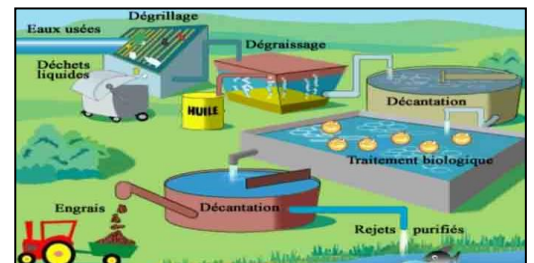


Figure 5: La gestion d'eau Source : www. fr.123rf.com

II.3.7 La production d'énergie:¹⁰

L'utilisation de panneaux solaires photovoltaïques ,voire de cellules photovoltaïques directement intégrées dans les surfaces exposées au soleil est un bon moyen de produire de l'électricité solaire. Des chauffe-eaux solaires peuvent également être installés pour produire de l'eau chaude à faible coût.

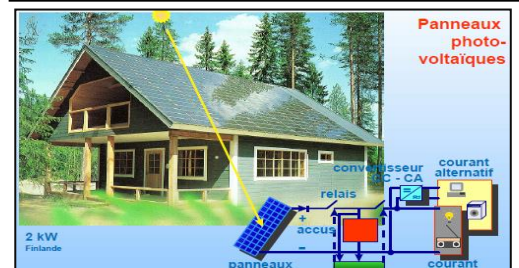


Figure 6: Panneaux photovoltaïques Source : Livre traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques

II.3.8 Choix de matériaux :¹¹

Le choix des matériaux est un élément prépondérant pour le respect de l'environnement et de la nature. Une importance particulière doit donc être



Figure 7: Choix de matériaux Source : http://umberto-bertozi.blogspot.com/2014/06/materiaux-ecologiques-ecological.html

⁸ <https://www.architecte-batiments.fr/1-architecture-durable-en-pratique/traité par l'auteur/vue 23/01/2020>
⁹ IDEM/traité par l'auteur/vue 23/01/2020
¹⁰ <https://www.architecte-batiments.fr/1-architecture-durable-en-pratique/traité par l'auteur/vue 23/01/2020>
¹¹ IDEM/traité par l'auteur/vue 23/01/2020

accordée aux matériaux naturels qui utilisent peu d'énergie grise (énergie nécessaire à la production des matériaux) et qui ont éventuellement un impact positif ou, du moins, ne nuisent pas à l'environnement lors de leur production .

II.3.9 Choix des couleurs :

La couleur est un autre facteur important. Les couleurs claires réfléchissantes sont à privilégier par rapport aux couleurs sombres plus absorbantes .



Figure 8: Choix de couleurs
Source : <https://www.formation-decorateur.com/metier-decorateur-7>

II.4 L'architecture et l'environnement :

Elle est définie comme le mode de conception architecturale qui recherche la meilleure adéquation possible entre le climat, le bâtiment et le confort de l'occupant, elle permet :

- De participer au confort et à la santé des usagers.
- De réduire les besoins énergétiques en s'adaptant au climat environnant.

II.4.1 La démarche HQE :¹²

La HQE ou la Haute Qualité Environnementale est une démarche de management de projet visant à maîtriser les impacts d'une opération de construction ou de réhabilitation sur l'environnement extérieur ainsi que sur le confort et la santé des usagers, tout en maîtrisant les processus opérationnels, liés ici aux phases de programmation, conception et réalisation. Cette démarche vise à obtenir la Qualité Environnementale du Bâtiment .HQE est une orientation qui va plus loin que le simple critère énergétique ou d'économies d'énergie. Dans une démarche HQE, le choix des matériaux est important pour assurer la qualité environnementale et la durabilité du bâtiment.

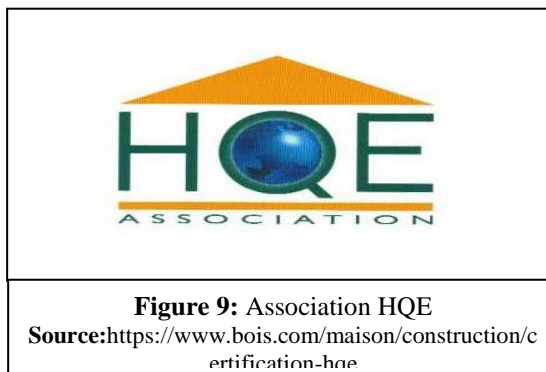


Figure 9: Association HQE
Source: <https://www.bois.com/maison/construction/certification-hqe>

¹² Certivéa, Guide pratique du référentiel pour la qualité environnementale des bâtiments, .pdf, de la page <http://www.certivea.fr/docs.php?certif=HQE/> Traité par l'auteur / vue 24/01/2020 .

II.4.2 Les cibles de la haute qualité environnementale :¹³

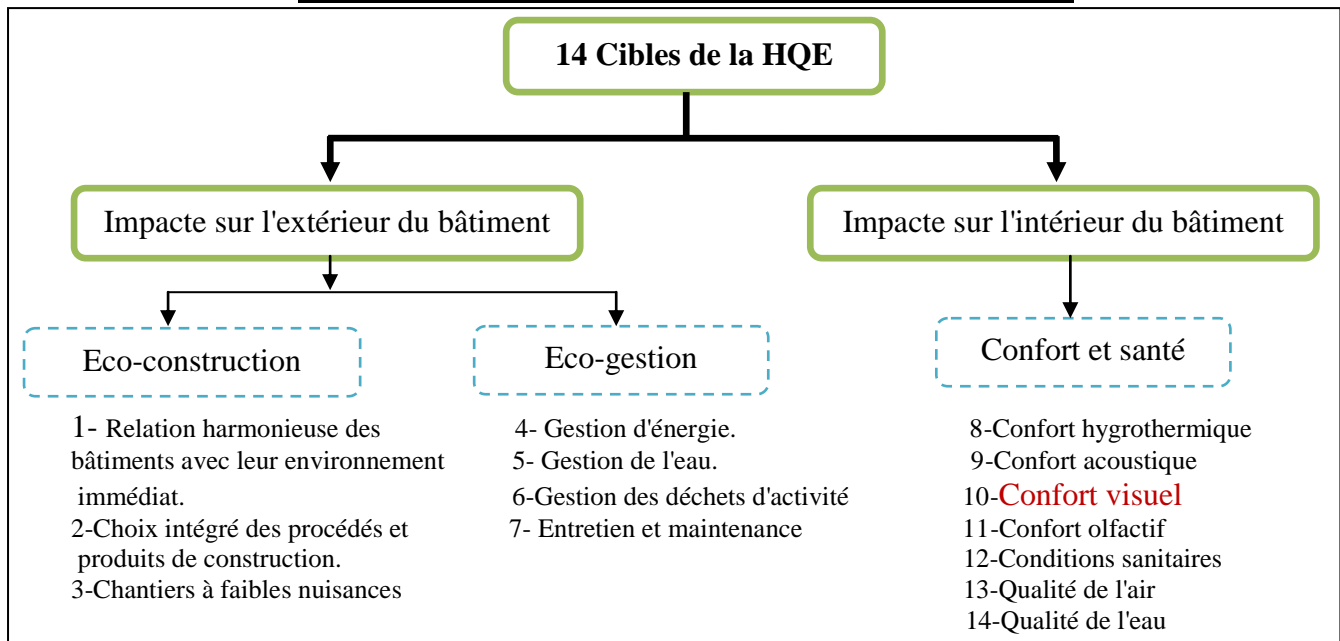


Figure 10: Les cibles de a haute qualité environnementale HQE
Source : Auteur

III LE CONFORT VISUEL :

III.1 Définition du confort:

Étymologiquement, le terme de confort tiré du mot anglais « confort ». C'est la résultante de la sensation de bien être sur le plan physique et mental. Le confort dans la maison va se percevoir par les sens tels que la sensation de froid ou de chaleur, le sens olfactif (odeurs), l'ouïe (le bruit), l'œil ou la vision (couleurs, équipements visuellement agressifs ou non, ...).¹⁴

III.2 Type de confort:¹⁵

Ce concept s'appuie sur un référentiel "Multi Confort". Il s'articule autour de cinq types de confort et vise à minimiser les impacts sur l'environnement.

- **Confort thermique et performances énergétiques:** pour profiter d'une température agréable été comme hiver (minimisant les consommations d'énergie).
- **Confort sanitaire:** pour améliorer la qualité de l'air intérieur.
- **Confort acoustique:** pour réduire les nuisances sonores intérieures et extérieures.

¹³ <https://www4.ac-nancy-metz.fr/pasi/IMG/57HayangeLGrandsBois2006ann15.pdf>

¹⁴ <https://www.climamaison.com/lexique/confort.htm>

¹⁵ <https://WWW.Saint-gobain.com/fr/solutions/solutions-efficacite-energetique/la-construction-multi-confort>

- **Confort visuel:** pour profiter des apports de lumière naturelle; pour disposer d'un habitat agréable à vivre et esthétique.
- **Confort modulable et sécurité:** pour faciliter l'accessibilité; pour favoriser la modularité et la sécurité des espaces.

III.3 Définition du confort visuel :

Le terme de confort visuel est pris pour indiquer l'absence de gêne qui pourrait provoquer une difficulté, une peine et une tension psychologique, quel que soit le degré de cette tension¹⁶.

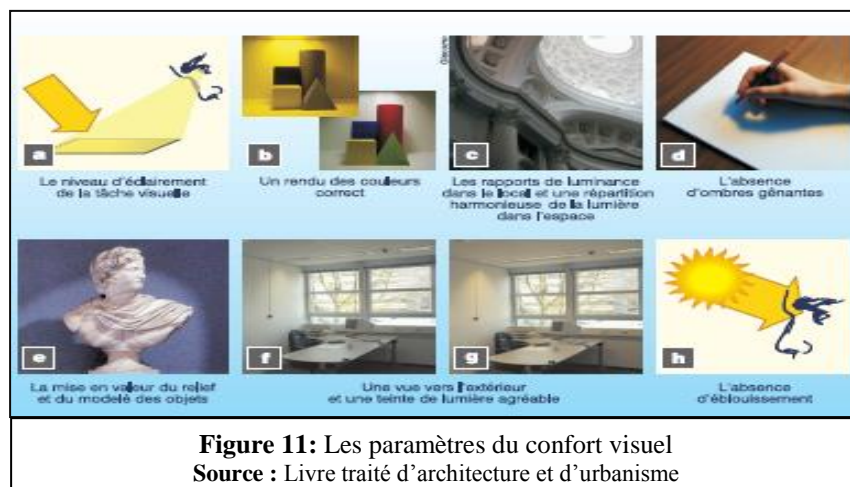
Selon l'association Haute Qualité Environnementale (HQE), le « confort visuel » est défini comme la dixième cible du projet de bâtiment. Ses exigences primaires en matière d'éclairage sont les suivantes :¹⁷

- relation visuelle satisfaisante avec l'extérieur.
- éclairage naturel optimal en termes de confort et de dépenses énergétiques.
- l'éclairage artificiel doit d'une part être satisfaisant en l'absence d'éclairage naturel et d'autre part n'être qu'un appoint à l'éclairage naturel tant que celui-ci est disponible.

III.4 Paramètres du confort visuel :¹⁸

III.4.1 Paramètres physiques :

La luminance, l'éclairement, l'éblouissement et les contrastes sont les plus perceptibles par l'homme et caractérisent le confort visuel.



¹⁶ MUDRI, Ljubica. De l'hygiène au bien-être, du développement sans frein au développement durable: Ambiances lumineuses. Paris. Ecole d'architecture de Paris-Belleville. Novembre 2002, p 2-3.

¹⁷ HETZEL, J. Haute qualité environnementale du cadre bâti : enjeux et pratiques. Paris: AFNOR. 2003, p

¹⁸ <http://ergos-er.blogspot.com/2015/05/le-confort-visuel.html> / traité par l'auteur /vue 25/01/2020

III.4.2 Paramètres propres à l’environnement :

La volumétrie d’un local et les propriétés des parois, influencent la qualité de la répartition du flux lumineux et constituent l’environnement immédiat ou éloigné. Le flux lumineux au niveau d’une tâche résulte de la superposition de la lumière naturelle issue d’une ouverture dans une paroi externe verticale ou/et horizontale et la lumière artificielle.

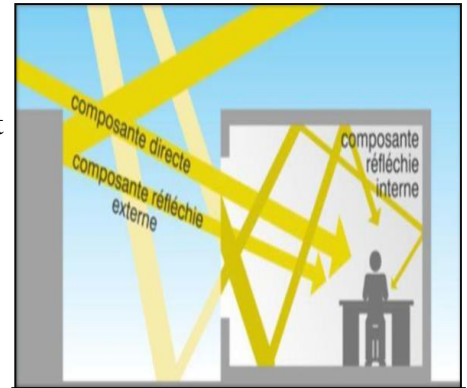


Figure 12: Composante de la lumière naturelle. **Source :** <http://www.energieplus-lesite.be>

III.4.3 Physiologie de la vision:¹⁹

Le système visuel de l’homme, au cours de son évolution, s’est parfaitement adapté aux caractéristiques de la lumière naturelle fournie par le soleil. C’est la raison pour laquelle son efficacité lumineuse est nettement supérieure à celles des principales sources d’éclairage artificiel.

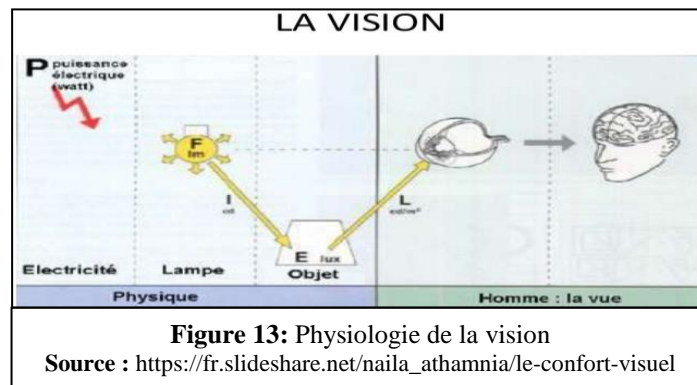


Figure 13: Physiologie de la vision
Source : https://fr.slideshare.net/naila_athamnia/le-confort-visuel

III.5 Les caractéristiques de base du confort visuel:

III.5.1 Le niveau d’éclairement :²⁰

Un éclairage uniforme est nécessaire pour éviter d’incessantes et fatigantes adaptations des yeux et pour garantir un niveau d’éclairement suffisant quelque soit l’endroit où l’on dispose le poste de travail (ou la place de l’élève dans une classe), le niveau d’éclairement exprimé en lux (lux).

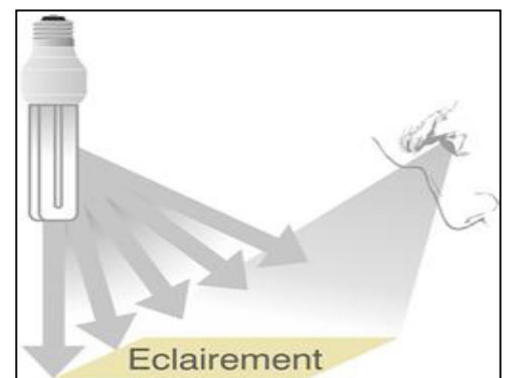


Figure 14: L’éclairage
Source : <http://www.energieplus-lesite.be>

¹⁹ <http://odel.irevues.inist.fr/oeilephysiologiedelavision/> traité par l’auteur /vue 26/01/2020

²⁰ <https://energieplus-lesite.be/evaluer/confort-visuel2/evaluer-l-uniformite-de-l-eclairage/> traité par l’auteur /vue 26/01/2020

III.5.2 Le facteur de lumière du jour:²¹

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

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

Il s'exprime en %. Les valeurs du facteur de lumière du jour sont indépendantes de l'orientation des baies vitrées, de la saison et de l'heure du jour.

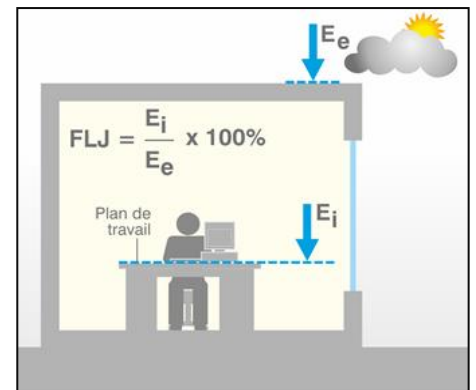


Figure 15: FLJ
Source : <http://www.energieplus-lesite.be>

III.5.3 L'autonomie en lumière du jour:²²

Le DA (Daylight Autonomy) est défini comme étant le pourcentage des heures occupées par an, où le niveau minimum d'éclairage requis peut être assuré par la seule lumière naturelle. Un objectif raisonnable est d'arriver à un temps d'utilisation de l'éclairage naturel d'au moins 50-60 % (pour un horaire de 8h00 à 18h00). Une autonomie en lumière du jour de 60 % pour un lieu de travail occupé en semaine de 8 h à 18 h et un éclairage minimum de 500 lux implique que l'occupant est en principe capable de travailler 60 % de l'année uniquement avec de l'éclairage naturel.

III.5.4 La répartition lumineuse et l'uniformité :²³

La répartition lumineuse ou l'uniformité des niveaux d'éclairage caractérise les variations du niveau d'éclairage et est définie comme étant le rapport entre l'éclairage minimum et l'éclairage moyen observé.



Figure 16: L'uniformité de la luminance
Source : <https://sites.uclouvain.be/energie-plus/index.php?id=10723>

²¹ [https://energieplus-lesite.be/theories/eclairage12/physique-lumiere/facteur-de-lumiere-du-jour/traité par l'auteur /vue](https://energieplus-lesite.be/theories/eclairage12/physique-lumiere/facteur-de-lumiere-du-jour/traité%20par%20l'auteur/vue) 26/01/2020

²² IDEM/traité par l'auteur /vue 26/01/2020

²³ IDEM/traité par l'auteur /vue 26/01/2020

III.5.5 L'éblouissement :²⁴

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



Figure 17: L'éblouissement
Source : site web

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

III.5.6 L'ombre :²⁵

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



Figure 18: Rendu des couleurs
Source : site web

III.5.7 Le rendu de couleurs :²⁶

Le rendu des couleurs est un critère de qualité important qui indique la plus ou moins grande capacité d'une source lumineuse à restituer "fidèlement" les couleurs d'un corps (parois, murs, meubles et autres objets). On part du principe que la couleur d'un objet est correctement restituée quand celui-ci est éclairé par une source à incandescence ou par la lumière naturelle (température de couleur élevée).

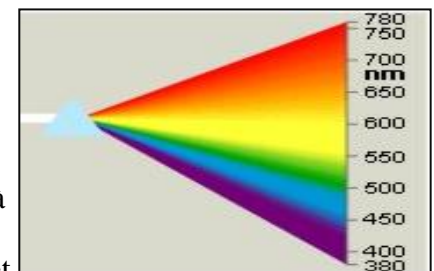


Figure 19: Rendu des couleurs
Source : <http://www.energieplus-lesite.be>

III.5.8 La température de couleur :²⁷

La couleur de la lumière artificielle a une action directe sur la sensation de confort de l'ambiance lumineuse d'un espace. Elle n'influence cependant pas les performances visuelles.



Figure 20: Sous l'éclairage naturel $R_a = 100$ et sous une lampe à vapeur de sodium $R_a = 25$. Source : <http://www.energieplus-lesite.be>

²⁴ [https://energieplus-lesite.be/theories/eclairage12/physique-lumiere/facteur-de-lumiere-du-jour/traité par l'auteur /vue 28/01/2020](https://energieplus-lesite.be/theories/eclairage12/physique-lumiere/facteur-de-lumiere-du-jour/traité%20par%20l'auteur/vue%2028/01/2020)

²⁵ IDEM/traité par l'auteur /vue 28/01/2020

²⁶ http://www.installations-electriques.net/Divers/dico/L_Rendu_des_couleurs.html

²⁷ <https://sites.uclouvain.be/energie-plus/index.php?id=17303/> traité par l'auteur /vue 28/01/2020

III.6 Les paramètres qui influent sur le confort visuel :²⁸

- **La source lumineuse :**
 - Chaque type de source lumineuse à un spectre lumineux bien typique.
- **L’ambiance lumineuse, caractérisée par :**
 - Le niveau lumineux de la tâche visuelle et son uniformité.
 - La présence d’éblouissement.
 - La présence de reflets.
 - La présence d’ombres gênantes, le modelé des objets, le rendu des visages.
 - Le rendu des couleurs et l’apparence colorée de la lumière.
 - Les contrastes lumineux dans le champ visuel.
- **L’occupant et certains facteurs physiologiques** (âge, taille, pathologie de la vision...).
- **L’activité à réaliser** et donc du type de local qu’on cherche à éclairer.

III.7 Les moyens de protection solaires :²⁹

III.7.1 Matériaux verriers :

- les verres feuilletés (feuille de butiral de polyvinyle intercalée entre deux feuilles de verre) .
- la majorité des verres composés (feuille de polycarbonate + intercalaires entre deux feuilles de verre). Le taux de transmission du rayonnement ultraviolet de ces produits est de l’ordre de 5 %.
- les verres inactiniques (verre soufflé contenant des oxydes de fer et de titane).

a. Films de protection :

Ils sont fabriqués à partir d’une résine de polyester, incluant ou non des agents anti ultraviolets, appliquée sur les vitrages grâce à un adhésif sensible à la pression et contenant des agents anti ultraviolets.

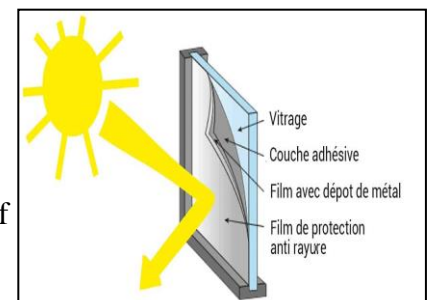


Figure 21:Films de protection
 Source:<https://www.confortglass.com/2019/04/05/film-solaire-anti-chaleur/>

²⁸ <https://www.renovermonecole.be/fr/content/parametres-influencant-confort-visuel/> traité par l’auteur /vue 28/01/2020

²⁹ https://ezrati-eclairage.weebly.com/uploads/1/2/7/2/12721909/musofiches_clairage_partie_2.pdf traité par l’auteur /vue 28/01/2020

b. Laques de protection solaire :

Généralement distribuées, elles assurent aussi une excellente protection anti-UV., principalement pour les vitrages en toiture.



Figure 22: Laques de protection solaire. Source: <http://www.sanergies.fr/details/laque+de+protection+solaire+sunrj-24.html>

c. Peintures anti ultraviolets :

Les peintures sont naturellement blanches contenant du dioxyde de titane ou des pigments d'oxydes de zinc et de plomb agissent par absorption. Elles trouvent leur emploi bien en présence de lumière naturelle, réfléchi par les parois.

III.7.2 Stores volets:

Volets isolants intérieurs :

L'idée d'ouvrir la façade sud au maximum est excellente bénéficier des apports solaires en hiver, mais le contrôle de l'ensoleillement est souvent complexe en été. Une solution intéressante consiste à utiliser des volets extérieurs.



Figure 23: Stores volets
Source : <https://www.fenetre-renovation-paris.fr/stores/113-store-brise-soleil.html>

III.7.3 Stores à lamelles :

Généralement, les stores à lamelles offrent la meilleure protection solaire. Leur mobilité autorise toutes les possibilités de contrôle.



Figure 24: Stores à lamelles
Source: <https://www.ruedustore.fr/blog/store-venetien-aluminium-pour-pieces-modernes/>

III.7.4 Brise-soleil :

Le brise-soleil fait partie du traitement architectural des façades. En général, c'est un dispositif fixe ou mobile qui permet la pénétration des rayons du soleil en hiver et crée de l'ombre en été sans empêcher la circulation de l'air. Dans certains cas, il filtre la lumière du jour.



Figure 25: Brise-soleil
Source: <https://www.europages.fr/Brisesoleil-a-lames-fixes-RECTILIGNE/TELLIER-BRISE-SOLEIL/cpid-5429358.html>

IV L'ECLAIRAGE NATUREL :

Bernard Duval, Délégué Général de l'Association Française de l'Éclairage (AFE)

« Nous ne sommes pas programmés pour travailler sans lumière naturelle »

La lumière naturelle, appelée aussi lumière du jour, correspond à l'éclairage direct

ou indirect provenant du soleil. Cette lumière blanche possède un spectre complet et continu, c'est-à-dire qu'elle émet dans toutes les longueurs d'onde du spectre visible. La lumière du jour correspond à toutes les formes de lumières provenant du soleil, direct et indirect (ciel) .³⁰

IV.1 Stratégie de l'éclairage naturel :

La stratégie de l'éclairage naturel vise à mieux capter et faire pénétrer la lumière naturelle, puis à mieux répartir et la focaliser. On veillera également à contrôler la lumière pour éviter l'inconfort visuel. L'utilisation intelligente de la lumière naturelle permet de réduire la consommation électrique consacrée à l'éclairage.³¹

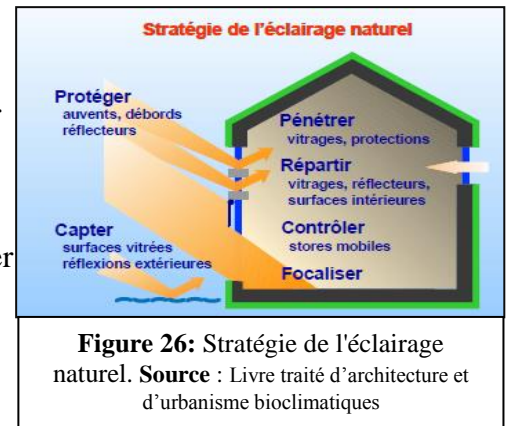


Figure 26: Stratégie de l'éclairage naturel. **Source :** Livre traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques

IV.2 Les types de l'éclairages naturels:

IV.2.1 L'éclairage latéral :

L'éclairage latéral est le plus courant, notamment car c'est le plus facile à mettre en place, et dans une construction à plusieurs étages pratiquement le seul possible. C'est le type le plus utilisé et le plus ancien et qui répond à trois besoins fondamentaux : la lumière, la vue et la ventilation.

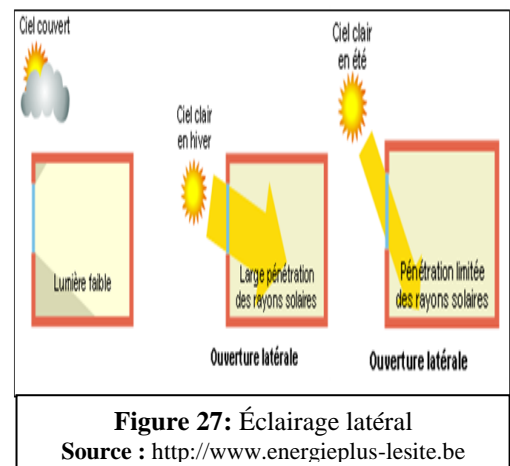


Figure 27: Éclairage latéral **Source :** <http://www.energieplus-lesite.be>

a. Type d'éclairage latéral:³²

- Eclairage unilatéral:

Il s'agit d'un éclairage fourni par une ou plusieurs ouvertures verticales disposées sur une même façade d'une orientation donnée. Le défaut majeur de ce type est que l'éclairage intérieur résultant est très peu uniforme, et cela est dû au rapport entre la profondeur du local et la hauteur de l'ouverture.

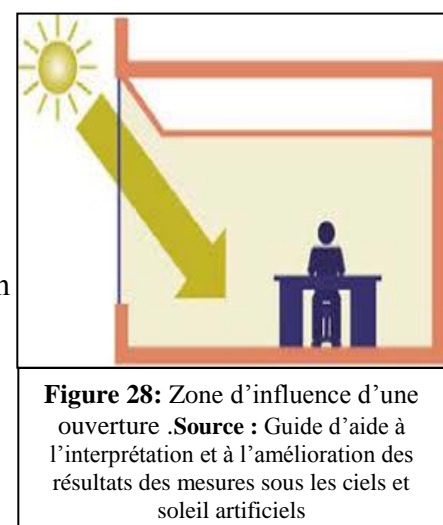


Figure 28: Zone d'influence d'une ouverture .**Source :** Guide d'aide à l'interprétation et à l'amélioration des résultats des mesures sous les ciels et soleil artificiels

³⁰ <https://www.natureetconfort.fr/blog/avantages-eclairage-naturel/> traité par l'auteur /vue 28/01/2020

³¹ Livre : Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques, Liébard Alain, De Herde André, 2005, Observ'ER, p49

³² BENHARKAT, S. Impact de l'éclairage naturel zénithal sur le confort visuel dans les salles de classe, cas d'étude : bloc des lettres. Thèse : architecture bioclimatique. Université Mentouri Constantine. 2012. p 165. Tiré à partir de : VANDENPLAS, A. Comité National Belge de l'Eclairage- Commission de l'Eclairage Naturel, l'éclairage naturel et ses applications. Bruxelles. 1964. p123.

- **Eclairage Bilatéral:**

L'éclairage bilatéral consiste à avoir des ouvertures verticales sur deux murs, soit parallèles, soit perpendiculaires, mais qui se trouvent dans la même pièce. Ce type d'éclairage est plus connu dans les établissements scolaires spécialement dans les salles de classe où il est nécessaire de fournir au niveau du plan de travail un bon niveau d'éclairage avec une bonne uniformité et moins de contraste et donc moins d'éblouissement.

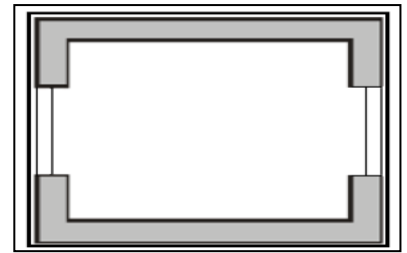


Figure 29: Éclairage bilatéral
Éclairage
Source : I,PASINI, 2002

- **Eclairage multilatéral:**

Consiste à avoir des ouvertures verticales sur plus de deux murs, mais qui se trouvent dans la même pièce.

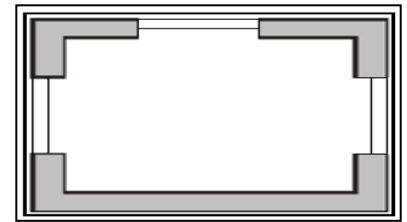


Figure 30: Éclairage Multilatéral
Source : I,PASINI, 2002

b. Les caractéristiques de la fenêtre:

L'ouverture en façade est le composant le plus employé pour transmettre la lumière naturelle dans les édifices. Les caractéristiques de la fenêtre représentent des éléments essentiels pour la quantification et la qualification de la pénétration de la lumière dans le bâtiment. Ces caractéristiques sont: sa dimension, sa forme et sa position.

- **Fenêtre verticale**

- ✓ Système le moins performant en terme d'éclairage par la lumière du jour.
- ✓ Le plus utilisé car facile à mettre en œuvre (et permet une vue sur l'extérieur) .
- ✓ Bien orientée, présente beaucoup d'avantages thermiques.



Figure 31: Fenêtre verticale
Source : <https://www.bricoetloisirs.ch>

- **Orientation :**³³

- ✓ **Les pièces orientées au nord** bénéficient toute l'année d'une lumière égale et du rayonnement solaire diffus. Il est judicieux de placer des ouvertures vers le nord lorsque le local nécessite une lumière homogène, peu variable ou diffuse, et lorsque les apports internes sont élevés.

³³ <https://energieplus-lesite.be/concevoir/fenestres2/position-et-la-dimension-fenetre/choisir-la-fenetre-comme-capteur-de-lumiere-naturelle-d1/> traité par l'auteur /vue 28/01/2020

- ✓ **Les pièces orientées à l'est** profitent du soleil le matin, mais le rayonnement solaire est alors difficile à maîtriser, car les rayons sont bas sur l'horizon. 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.
- ✓ **Une orientation ouest** présente un risque réel d'éblouissement et les gains solaires ont tendance à induire des surchauffes. En effet, les vitrages tournés vers l'ouest apportent des gains solaires l'après-midi, au moment où le bâtiment est depuis longtemps en régime.
- ✓ **Une orientation sud** entraîne un éclairage important. De plus, les pièces orientées au sud bénéficient d'une lumière plus facile à contrôler. En effet, en hiver, le soleil bas (environ 17°) pénètre profondément dans le bâtiment, tandis qu'en été, la hauteur solaire est plus élevée (60°) et la pénétration du soleil est donc moins profonde. En été, les apports solaires sur une surface verticale sont également nettement inférieurs au sud qu'à l'est ou à l'ouest, car ils sont diminués par un facteur égal au cosinus de l'angle d'incidence.

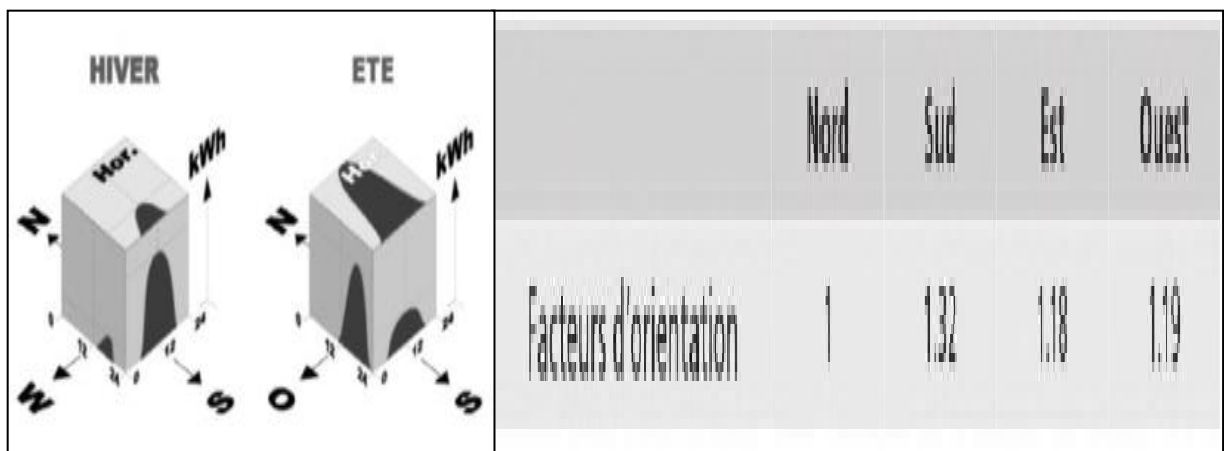


Figure 32: Facteur d'orientation pour la France métropolitaine (normalisés à 1 pour le Nord).
 Source :D'après D . Dumortier , École nationales des travaux publics de l'état

• **Dimensionnement des ouvertures latérales:**

Pour le cas d'un éclairage latéral, la surface du vitrage nécessaire pour procurer un facteur de lumière de jour ciblé dépend principalement de :

- ✓ La transmittance lumineuse du vitrage.
- ✓ L'étendue des obstacles extérieurs.
- ✓ La taille et la forme de l'intérieur du local.

✓ La réflectance des surfaces internes. La formule suivante, permet une évaluation approximative de la surface vitrée nécessaire pour procurer un facteur de lumière du jour moyen désiré : $W = DF \cdot A \cdot (1 - R_2) / T$.³⁴ Où :

W: surface nette du vitrage des ouvertures (la menuiserie en métal représente 20% de la surface totale et la menuiserie en bois ou en plastic représente 30% de la surface totale)

DF: facteur de lumière du jour moyen désiré.

A: aire totale de toutes les surfaces intérieures du local, y compris celle des ouvertures.

R :facteur de réflexion moyen des surfaces intérieures du local (plafond, plancher et murs avec les ouvertures).

T:facteur de transmission lumineuse du vitrage, dont on déduit 10 % pour saleté. angle du ciel visible depuis l'ouverture, exprimé en degrés.³⁵

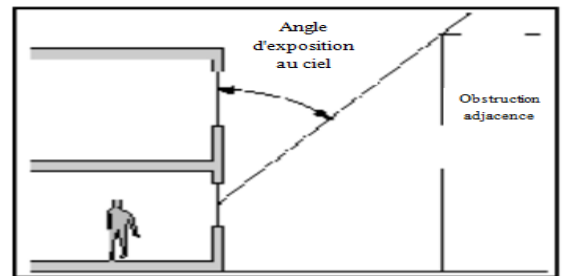


Figure 33: Angle d'exposition au ciel.
Source : K. ROBERTSON, 2003.

• **La forme de la fenêtre :**³⁶

Une forme d'ouverture optimisée peut augmenter la qualité de l'éclairage naturel en limitant les effets de contrastes et les zones d'ombres.

1- Analysons l'influence de la forme de la fenêtre en comparant la répartition lumineuse fournie par trois fenêtres de proportions différentes, pour une surface vitrée identique et une hauteur de l'allège constante.

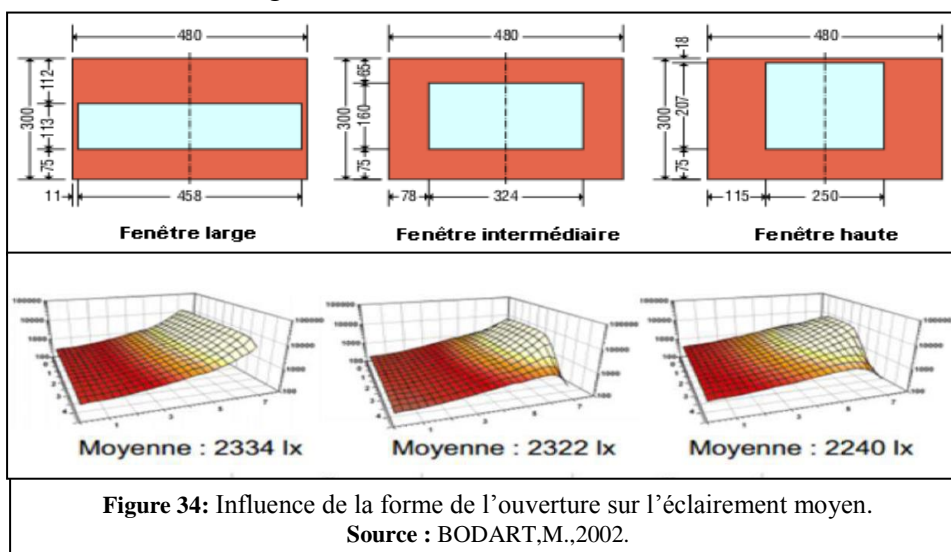


Figure 34: Influence de la forme de l'ouverture sur l'éclairage moyen.
Source : BODART, M., 2002.

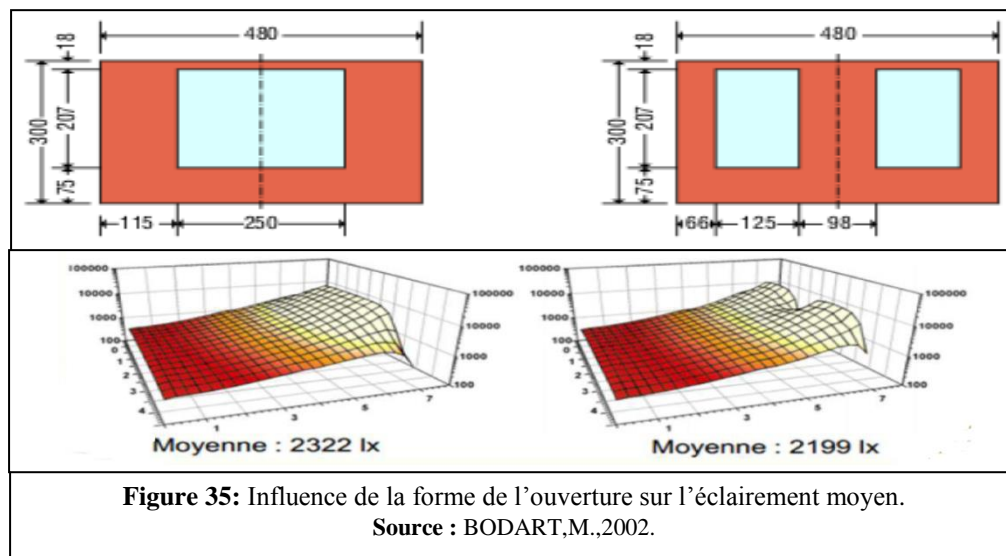
³⁴ The Chartered Institution of Building Services Engineers. Applications manual: Window design, London: CIBSE, 1987, p25

³⁵ ROBERTSON, Keith. Guide sur l'éclairage naturel des bâtiments, Ontario: SCHL-CMHC, 2003, p 22.

³⁶ <https://energieplus-lesite.be/concevoir/fenetres2/position-et-la-dimension-fenetre/choisir-la-fenetre-comme-capteur-de-lumiere-naturelle-d1/> traité par l'auteur /vue 28/01/2020

Lorsque la largeur de la fenêtre diminue, la répartition devient moins uniforme, bien que l'éclairement moyen soit pratiquement le même dans les trois cas étudiés. Par contre, l'éclairement du fond du local augmente avec la hauteur de la fenêtre. Pour une même surface vitrée, une fenêtre haute éclaire davantage en profondeur. L'idéal réside donc dans une fenêtre horizontale, mais dont le linteau est élevé. En première approximation, une pièce est convenablement éclairée jusqu'à une profondeur de 2 à 2,5 fois la hauteur du linteau de la fenêtre par rapport au plancher.

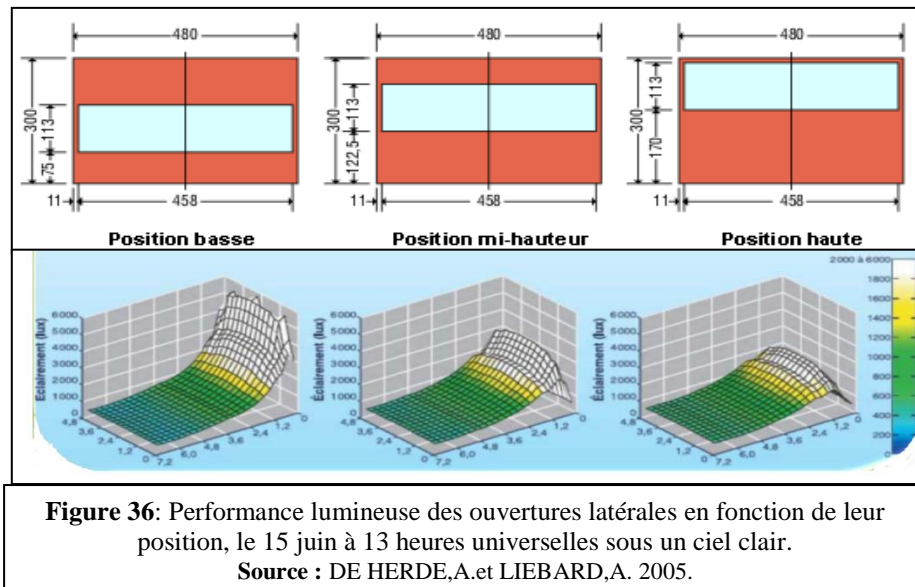
2- Analysons l'influence de la répartition des ouvertures dans une façade : comparons la grande fenêtre centrée et deux fenêtres plus petites, placées symétriquement.



Dans les deux cas, les fenêtres ont une superficie vitrée totale identique et la même hauteur; leur allège est située au même niveau par rapport au sol. La moyenne des éclairagements varie peu, mais la répartition de la lumière dans la partie du local avoisinant les fenêtres est différente. Dans le cas de deux fenêtres séparées, une zone d'ombre apparaît entre celles-ci, ce qui peut créer des problèmes de confort visuel pour les occupants.

• Position des ouvertures

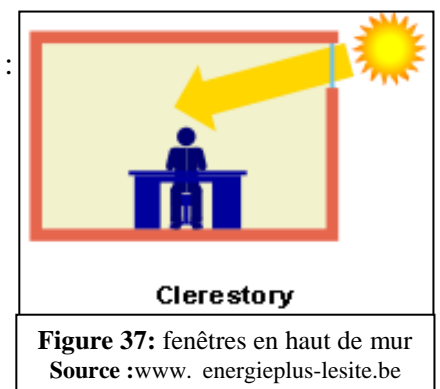
Bien sûr, plus la surface est importante, plus l'éclairage naturel est élevé. Mais on sait que les apports solaires augmenteront eux aussi et donc le risque de surchauffe du local. Il nous faut donc optimiser l'efficacité lumineuse de la fenêtre. Pour évaluer l'influence de l'emplacement de la fenêtre sur la répartition de la lumière dans un local, nous comparons trois fenêtres identiques, situées à 3 hauteurs différentes.



Plus la fenêtre est élevée, mieux le fond du local est éclairé et plus la zone éclairée naturellement est profonde. Si le fond du local (situé à 7 m de la façade dans notre test) reçoit une valeur de référence 100 pour la fenêtre basse, il recevra 128 pour la fenêtre à mi-hauteur et 143 pour la fenêtre haute..

Une telle fenêtre en hauteur procure les avantages suivants :

- Une répartition très uniforme de la lumière dans l'espace ainsi qu'un bon éclairage du fond du local.
- Une source de lumière au-dessus de la ligne de vision ce qui réduit les risques d'éblouissement direct.



Cependant, le seuil se trouve au-dessus du niveau de l'œil, la vue sur l'extérieur est impossible. La fenêtre ne peut jouer son rôle de lien entre un local et son environnement. De plus, une zone d'ombre est formée à proximité du mur de fenêtre. En général, il est préférable de coupler une telle fenêtre avec une fenêtre classique, équipée de protections solaires.

- Pour maximiser les apports de lumière naturelle, on peut également interrompre un faux plafond à proximité de la fenêtre pour favoriser la pénétration de la lumière naturelle par cette ouverture. Ce procédé est connu sous le nom de « plafond biaisé ».³⁷

De cette étude, on peut déduire une autre conclusion très intéressante : c'est la zone inférieure d'une fenêtre qui est la moins efficace en matière d'éclairage naturel. La

³⁷ <https://energieplus-lesite.be/concevoir/fenêtres2/position-et-la-dimension-fenetre/choisir-la-fenetre-comme-capteur-de-lumiere-naturelle-d1/> traité par l'auteur /vue 28/01/2020

présence d'une allège opaque est donc thermiquement préférable (présence d'une isolation pour diminuer les pertes en hiver et opacité vis-à-vis des apports solaires).

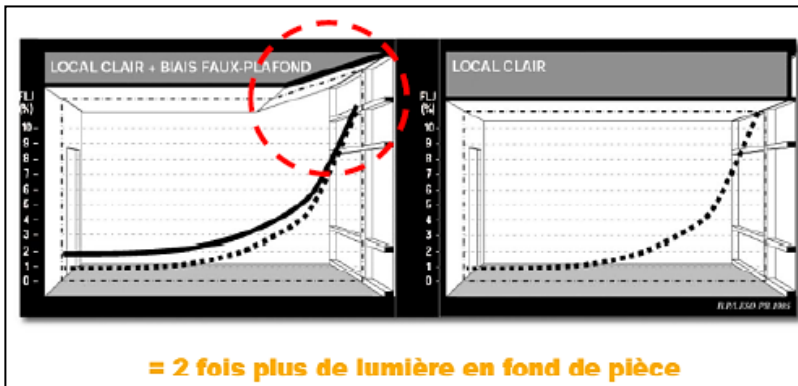
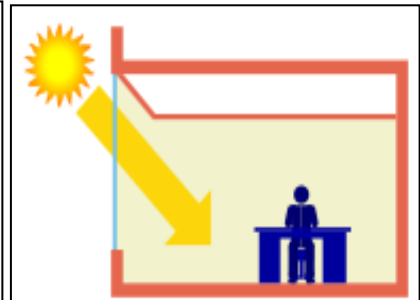


Figure 38: Forme faux- plafond
 Source : EPFL-ENAC 2007-UE-M : Espace et lumière: Le projet d'éclairage



Plafond biaisé
Figure 39:Plafond biaisé
 Source :www. energieplus-lesite.be

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

• **La zone d'influence de la lumière naturelle:**³⁸

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

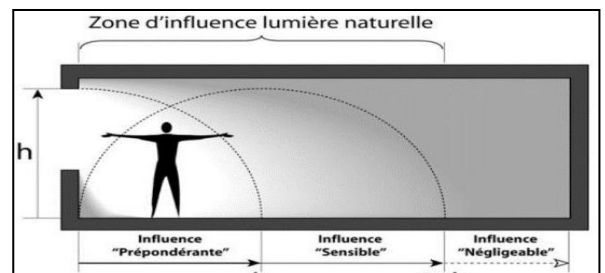


Figure 40: La zone d'influence de la lumière naturelle . source : EPFL-ENAC 2007-UE-M : Espace et lumière: Le projet d'éclairage

• **Embrasures:**³⁹

Dans le cas de parois épaisses (ou si les ouvertures sont de petites dimensions), le traitement des embrasures peut permettre d'augmenter sensiblement la captation de lumière naturelle.

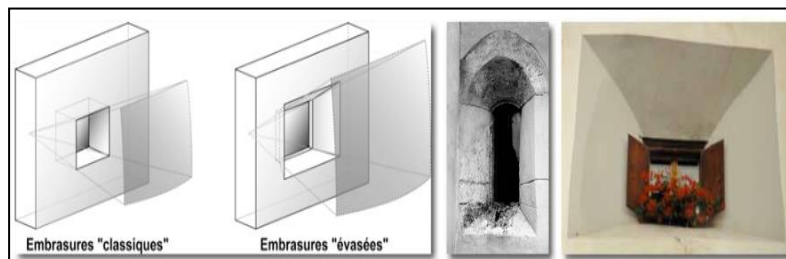


Figure 41: Type d'embrasures
 Source : EPFL-ENAC 2007-UE-M : Espace et lumière: Le projet d'éclairage

La découpe en biais des embrasures permet d'augmenter l'angle de vision vers l'extérieur et offre une transition lumineuse plus « douce ».

³⁸ <https://docplayer.fr/12259766-Dispositifs-d-eclairage-naturel.html/> traité par l'auteur /vue 29/01/2020

³⁹ IDEM/traité par l'auteur /vue 29/01/2020

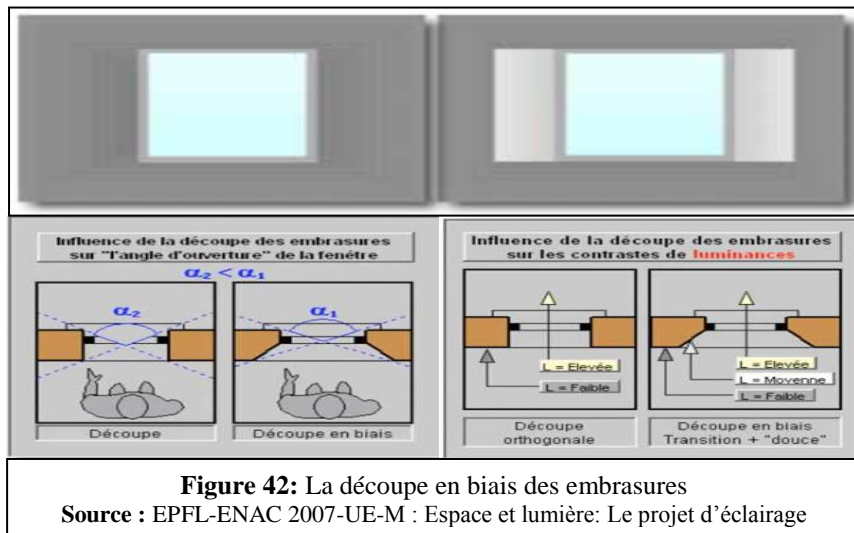


Figure 42: La découpe en biais des embrasures
 Source : EPFL-ENAC 2007-UE-M : Espace et lumière: Le projet d'éclairage

• **Menuiseries :**⁴⁰

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

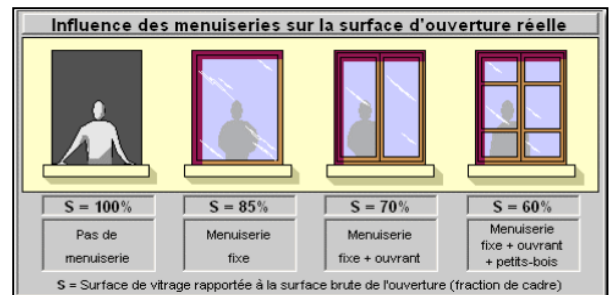


Figure 43: Influence des menuiseries sur la surface d'ouverture. Source : EPFL-ENAC 2007-UE-M : Espace et lumière: Le projet d'éclairage

- La simplification des systèmes d'ouverture permet d'augmenter de façon notable la quantité de lumière transmise .



Figure 44: Influence des menuiseries sur la surface d'ouverture (Vue l'intérieur). Source : EPFL-ENAC 2007-UE-M : Espace et lumière: Le projet d'éclairage

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

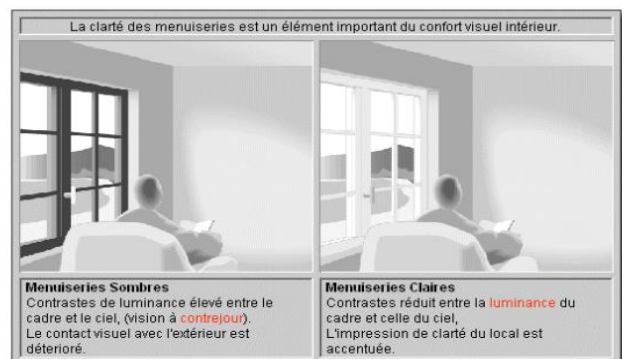


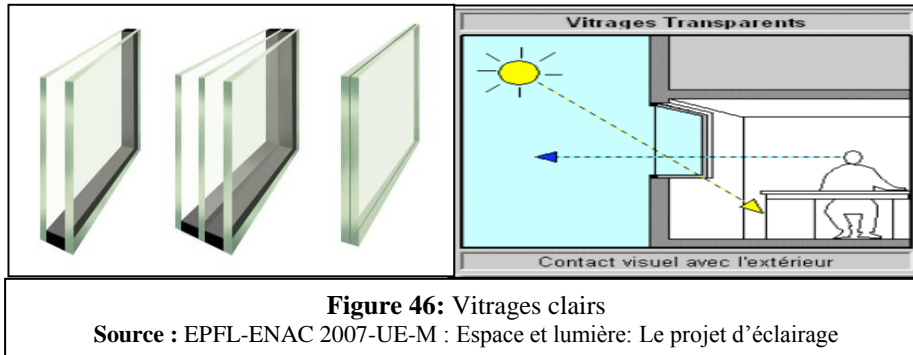
Figure 45: Influence des menuiseries sombres/claires sur la surface d'ouverture. Source : EPFL-ENAC 2007-UE-M : Espace et lumière: Le projet d'éclairage

⁴⁰ <https://docplayer.fr/12259766-Dispositifs-d-eclairage-naturel.html/> traité par l'auteur /vue 29/01/2020

• **Type de vitrages :**⁴¹

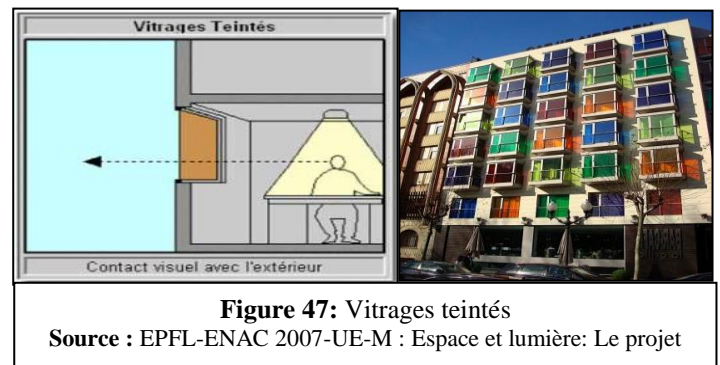
V.2.1.2.1 Vitrages clairs:

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



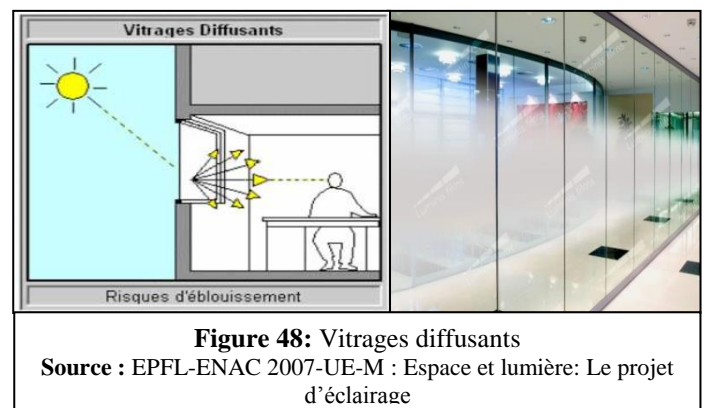
V.2.1.2.2 Vitrages teintés ou réfléchissants :

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



V.2.1.2.3 Vitrages diffusants:

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



c. **Les caractéristiques de local:**⁴²

• **Les dimensions du local:**

La profondeur du local ne devra pas dépasser le double de la hauteur du linteau de la fenêtre, puisque



⁴¹ <https://docplayer.fr/12259766-Dispositifs-d-eclairage-naturel.html/> traité par l'auteur /vue 29/01/2020

⁴² <https://docplayer.fr/12259766-Dispositifs-d-eclairage-naturel.html/> traité par l'auteur /vue 29/01/2020

l'intensité de la lumière naturelle décroît très rapidement en fonction de l'éloignement de la fenêtre.

- **Clarté des parois :**

La clarté des parois intérieures influence de manière prépondérante la quantité de lumière disponible en fond de pièce. De plus, un local sombre apparaît toujours plus exigü qu'un local clair



Figure 50: Clarté des parois
Source : EPFL-ENAC 2007-UE-M : Espace et lumière: Le projet d'éclairage

- **Clarté du plafond :**

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

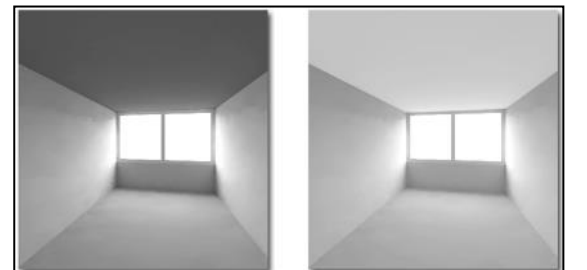


Figure 51: Clarté du plafond
Source : EPFL-ENAC 2007-UE-M : Espace et lumière: Le projet d'éclairage

- **Brillances**

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

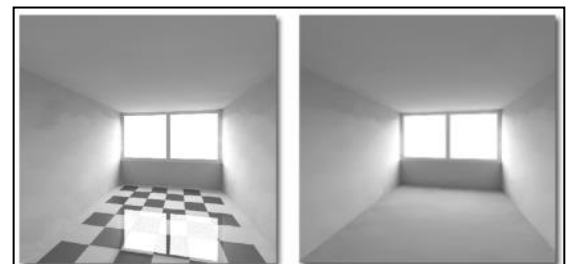


Figure 52: Brillances des matériaux
Source : EPFL-ENAC 2007-UE-M : Espace et lumière: Le projet d'éclairage

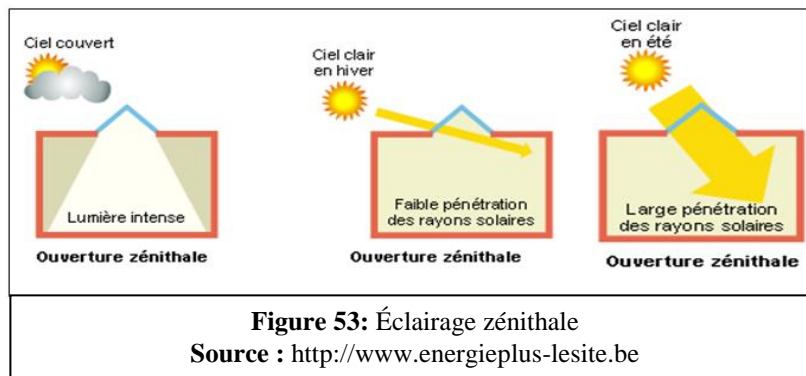
On préférera :

- une fenêtre large à la place de plusieurs petites fenêtres étroites afin de limiter une succession de contrastes forts,
- A surface vitrée égale, on choisira une forme de baie et une position sur le mur qui offre, dans la mesure du possible, une vue sur le sol extérieur, le paysage et le ciel.
- De plus, les baies de grande dimension auront une proportion de cadre moins importante, ce qui limite les déperditions thermiques et augmente l'apport de lumière naturelle, la menuiserie pouvant représenter jusqu'à 25 % de la surface de l'ouverture en cas de baies étroites.

IV.2.2 L'éclairage zénithal :

S'ouvrent sur la totalité de la voûte céleste, elles induisent donc une large pénétration de la lumière diffuse . La distribution lumineuse obtenue par une ouverture horizontale est beaucoup plus homogène que celle produite par une fenêtre verticale.

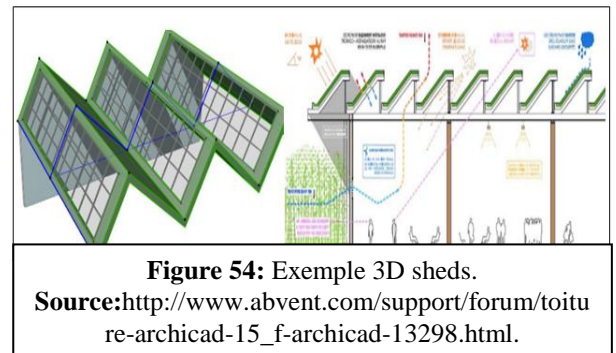
De plus, la lumière entre dans les locaux par le plafond, ce qui limite a priori les phénomènes d'éblouissement. Par contre, par ciel serein, les ouvertures zénithales captent mal les rayons solaires d'hiver alors qu'elles laissent largement pénétrer le soleil d'été, ce qui implique un mauvais comportement thermique.



a. Types d'éclairage zénithal:

• **Les toitures en dents de scie ou sheds:**⁴³

Les sheds sont composés d'une surface translucide qui collecte la lumière naturelle pour la transmettre à l'intérieur du local, et d'une surface opaque inclinée appelée « rampant » qui distribue la lumière du jour à l'intérieur de la pièce. Ce système



constitue la meilleure solution pour l'éclairage naturel en procurant de la lumière indirectement car il permet de concilier un éclairage suffisant, homogène et une limitation des apports solaires en jouant sur l'orientation et l'inclinaison du vitrage.

• **Les tabatières (skylights):**

C'est le système le plus performant car il donne un éclairage suffisant et plus uniforme. Cette surface horizontale et donc sera plus exposée au ciel à partir de



⁴³ <http://www.les-sheds.com/article-19-approche-architecturale/> traité par l'auteur /vue 29/01/2020

l'intérieur sans obstructions ce qui donne une forte luminance des baies. ⁴⁴ Donc les valeurs du facteur de lumière du jour (FLJ) seront élevées surtout sur la zone qui se situe directement sous la baie et qui diminue chaque fois que l'on s'éloigne de cette zone. ce type d'éclairage est le plus déconseillé surtout pendant l'été, car dans cette période, une paroi horizontale reçoit une quantité d'énergie double qu'une paroi verticale orientée vers le Sud. On cite même qu'il présente une difficulté de nettoyage, d'entretien, d'étanchéité qui pourrait réduire son efficacité, sans oublier bien-sûr le problème d'éblouissement. ⁴⁵

• **Lanterneaux :**

Les lanterneaux constituent le type d'éclairage zénithal où l'on trouve une partie de la toiture qui est surélevé sur un matériau translucide. Cette disposition supprime l'effet directionnel des rayons solaires qu'on trouve dans les sheds grâce à la pénétration de la lumière dans deux sens juxtaposés. Ceci rend les valeurs de FLJ symétriques par rapport à l'axe entre les deux baies. Afin d'éviter le problème d'éblouissement des occupants, il est recommandé autant que possible de ne pas ensoleiller les vitres ou les surfaces translucides en évitant de les orienter vers le Sud.

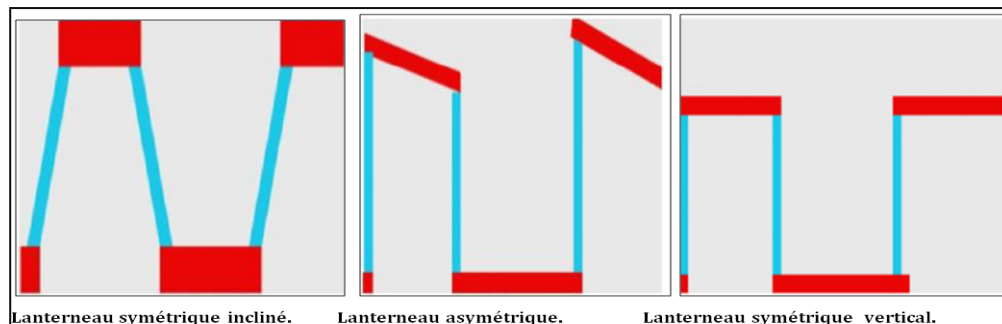


Figure 56: Types de lanterneaux

Source : <http://guidebatimentdurable.bruxellesenvironnement.be>

• **Les verrières :** ⁴⁶

L'architecture moderne utilise abondamment les verrières, notamment pour les halls d'accueil et les grandes surfaces. Elles peuvent être horizontales ou inclinées (pour éviter un apport solaire important) et sont économiques à la construction. Elles sont recommandées



Figure 57: La verrière de la bibliothèque de la faculté d'architecture de l'université de Porto

Source : <https://www.Google Image.com>

⁴⁴ DELETRE, J et Mémento, D. Prises de jour et protections solaires. Grenoble : Ecole d'Architecture de Grenoble, 2003.

⁴⁵ <https://www.pointp.fr/couverture/fenetre-de-toit-projection-panoramique-classique-confort-ghl-A1316222> traité par l'auteur /vue 29/01/2020

⁴⁶ TERRIER., C et VANDEVYVER., B, L'éclairage nature, fiche pratique de sécurité. Ed 82 tiré à partir de l'article publié dans la revue mensuelle : Travail et Sécurité. mai 1999. Réimpression aout 2012. p03

particulièrement dans le cas de présence d'obstacles extérieurs élevés qui gêneraient éventuellement l'éclairage naturel intérieur.

- **LES DOMES:**⁴⁷

Les dômes ne nécessitent pas de structure lourde et 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. Cependant, ils n'évitent pas la pénétration solaire et, en conséquence, l'éblouissement.



Figure 58: Exemple dôme
Source: https://www.lecrieurpublic.fr/communes-presses/batimat-2013_71.html

- **Les puits de lumière:**

Une ouverture située sur le plafond d'une pièce, ressemblant à une fenêtre. Aussi appelé puits de jour, cet aménagement est originaire d'Australie et permet de faire entrer la lumière dans les pièces dites aveugles, autrement dit dénuées d'ouvertures vers l'extérieur. La lumière naturelle est amenée à travers un conduit de lumière dans la pièce et offre ainsi une ambiance plus confortable et baignée de clarté. L'inconvénient de ce type d'éclairage est que la quantité de lumière naturelle diminue chaque fois que l'on s'éloigne de l'ouverture.



Figure 59: Exemple puits de lumière
Source : <https://architectura.be/fr/dossiers/eclairage>

V STRATEGIES ET SOLUTIONS POUR UN BON ECLAIRAGE

NATUREL:

V.1 Les atriums :

Le patio, la cour, l'atrium sont quelques types de lumière du jour qui sont considérées comme la meilleure solution d'éclairage et de ventilation des espaces. Ces espaces généralement n'ont pas une liaison directe avec l'extérieur ou qui sont profonds ce qui nécessite une optimisation ou une amélioration du niveau d'éclairement ce qui permet d'apporter une meilleure distribution homogène de la lumière naturelle.⁴⁸

⁴⁷ TERRIER., C et VANDEVYVER.,B.L'éclairage naturel, fiche pratique de sécurité. Tiré à part de l'article publié dans la revue mensuelle « Travail et Sécurité » de mai 1999, réimpression aout 2012, p01

⁴⁸ <https://bu.umc.edu.dz/theses/architecture/BEN4473>

V.1.1 Définition de l'atrium : ⁴⁹

Certaine étymologie antique attribuait d'ailleurs aux Étrusques la conception première de l'atrium. Elle faisait venir le mot du nom d'Atria ou Adria, ville étrusque située aux bouches du Pô. Dans la maison romaine, l'atrium est une pièce principale à l'origine cette pièce était unique et constituait toute l'habitation. L'atrium en architecture : Intégré entre deux corps de bâtiments ou au centre d'une construction de grande taille, l'atrium contribue de manière significative à l'éclairage naturel des locaux adjacents.



Figure 60: Un atrium à l'époque romaine
 Source : <http://gorlinarchitects.com/essays/the-new-american-townhouse/>

V.1.2 La conception de l'atrium: ⁵⁰

Suit deux stratégies différentes:

a- Un atrium est créé "en recouvrant d'une verrière l'espace séparant deux bâtiments".
 C'est donc un espace protégé, tampon thermique par rapport à l'extérieur.

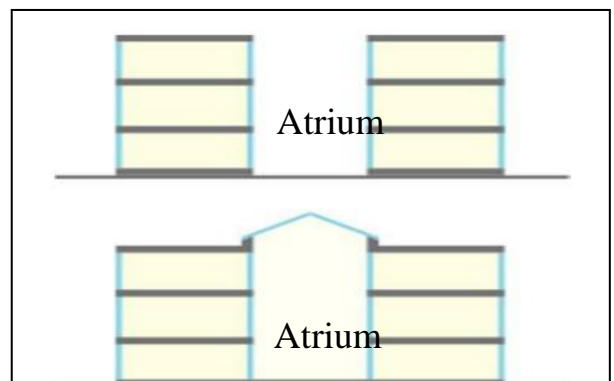


Figure 61: Un atrium recouvrant deux bâtiments
 Source : la conception d'un atrium, PH-Online,

b- Un atrium est créé "en ouvrant le cœur d'un large bâtiment". Sous ce regard, c'est un puits de lumière qui est recherché.

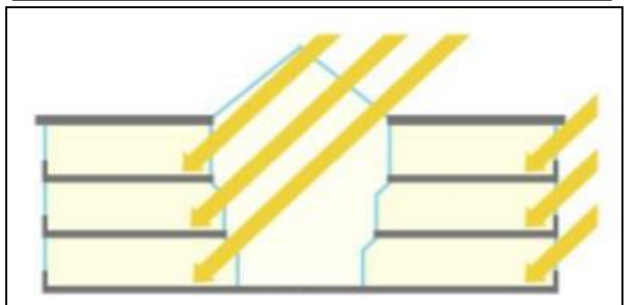


Figure 62: Un atrium recouvrant le cœur d'un bâtiment. Source : la conception d'un atrium, PH-Online, energiepluslesite. be, 2015

⁴⁹ <http://www.cosmovisions.com/monuAtrium.htm/> traité par l'auteur /vue 29/01/2020

⁵⁰ Pauline Belliot-Niget, Mémoire du Travail Personnel de Fin d'Études, Associer des logements autour d'un atrium

V.1.3 Contraintes et exigences :

En addition à la variété d'avantages que présente un atrium, il peut présenter aussi un nombre de contraintes qui impliquent quelques exigences :

a. Acoustique :

Le grand volume de l'atrium et la présence de nombreuses parois réverbérant (béton, verre) peuvent induire des réflexions gênantes vers l'atrium lui-même ou vers les locaux adjacents on veillera dans la géométrie de l'atrium, dans le dessin des ouvrages (coursives...) comme dans le choix des matériaux, à trouver les solutions adaptées aux usages.

b. Hygrothermique :

Un grand vitrage en toiture peut entraîner des surchauffes thermiques en période Estivale. Des systèmes d'occultation solaire et de ventilation doivent être prévus.

c. Incendie :

En cas d'incendie, l'atrium peut jouer un rôle de cheminé facilitant la Propagation des flammes et des fumées. Des solutions de compartimentage des locaux, de déploiement d'un réseau de sprinklers et de mise en œuvre d'extracteurs de fumée peuvent apporter des solutions .

V.1.4 Concepts de l'atrium :

a. Refroidissement :

L'atrium peut surtout en été, amorcer le déplacement naturel de l'air suite à la différence de température et éliminer ainsi les gains solaires non souhaitable .l'exploitation des couches de température et une bonne disposition des ouvertures peuvent permettre un renouvellement important d'air (de 50 à 80 fois le volume) surtout en début de nuit quand l'atrium est plus chaud que l'air extérieur . Les atriums ont souvent des ouvertures inaccessibles de l'extérieur qui permettent de laisser refroidir le bâtiment pendant la nuit sans risque d'intrusion .

b. Aération :⁵¹

L'atrium peut être utilisé comme répartiteur d'air frais ou comme canal d'évacuation de l'air vicié. Des surfaces d'eau ouvertes et en mouvement font office

⁵¹ livre ^^construire en verre^^ Christian Schittich

d'humidificateurs naturels ou contribuent par évaporation, mais dans une moindre mesure, au refroidissement de l'air.

c. Éclairage :

L'atrium peut dispenser de la lumière dans les pièces mitoyennes . L'effet de tampon thermique de l'atrium permet d'agrandir les fenêtres sans que la consommation d'énergie de chauffage n'augmente de façon spectaculaire .de cette manière, l'atrium peut être une source de lumière naturelle plus importante qu'une façade donnant sur une cour intérieure. L'alimentation en lumière naturelle des pièces mitoyennes est avant tout déterminée par les paramètres suivants:

- forme de l'atrium
- rapport géométrique entre la hauteur et la largeur
- couleurs des surfaces
- proportion de fenêtres dans les murs de séparation
- qualité du vitrage de l'atrium et des murs de séparations

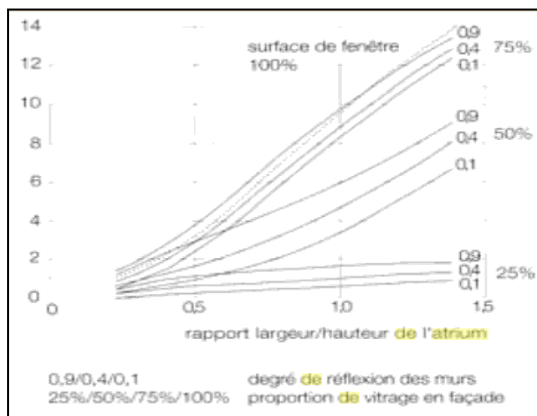


Figure 64: Courbe : Coefficient de lumière naturelle d'un atrium linéaire En fonction de la construction **Source :** PDF /livre : construire en verre

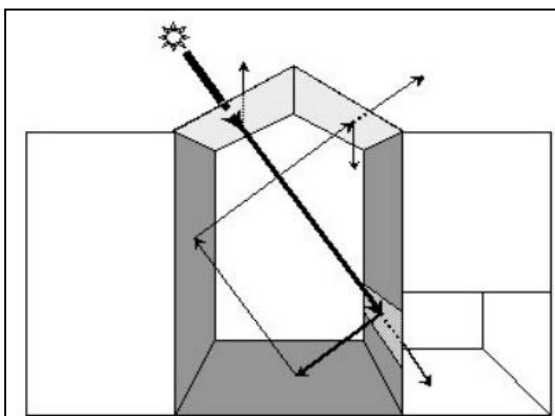


Figure 63: Distribution des flux solaires sur les parois internes de l'atrium **Source :** PDF [Belmaaziz, 2003]

V.1.5 Construction d'atrium:

a. Vitrages:

- choisir un vitrage isolant double
- pour les parties inclinées utiliser du verre trempé ou feuilleté

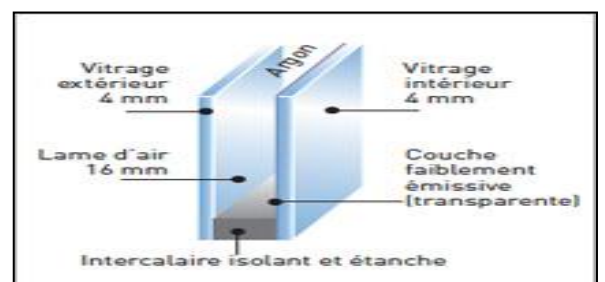


Figure 65:Un vitrage isolant double **Source :** <https://www.travaux.com/>



Figure 66: Verre trempé (VST)
Source : <https://www.travaux.com/>

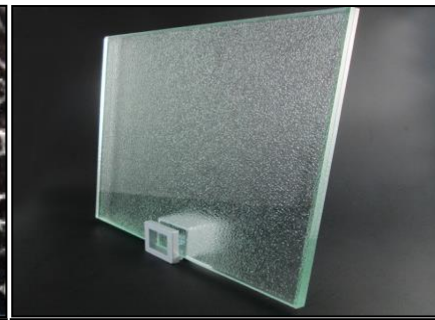


Figure 67: Verre feuilleté
Source : <https://www.monvitrage.fr/>

• **Le verre feuilleté de sécurité (VFS):**⁵²

Se compose de deux ou plusieurs plaques de verre, assemblées par des couches intermédiaires de PVB à la fois élastiques et extrêmement résistantes à la rupture. En cas de dommages, ce verre feuilleté de sécurité assure l'effet de protection prévu et souhaité. Il se brise en cas de surcharge mécanique due à un choc ou un coup, mais les fragments de verre restent intacts, accrochés à la couche de PVB. Ceci permet de réduire les risques de blessures et les éventuels fragments de vitrage affichent ainsi une stabilité certaine.

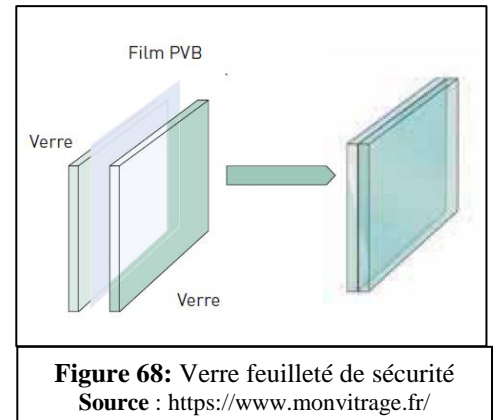


Figure 68: Verre feuilleté de sécurité
Source : <https://www.monvitrage.fr/>

b. Dimensions De La Toiture:⁵³

→ Dimensions maximales des vitrages de toiture (exemples):

- verre feuilleté 2 x 3 mm + un verre sécurisé 4 mm

Dimensions: 80 cm x 250 cm = 2,0 m²

Poids: 50 kg

- verre feuilleté 2 x 5 mm + un verre sécurisé 8 mm

Dimensions: 130 cm x 150 cm = 2,0 m²

Poids: 90 kg.

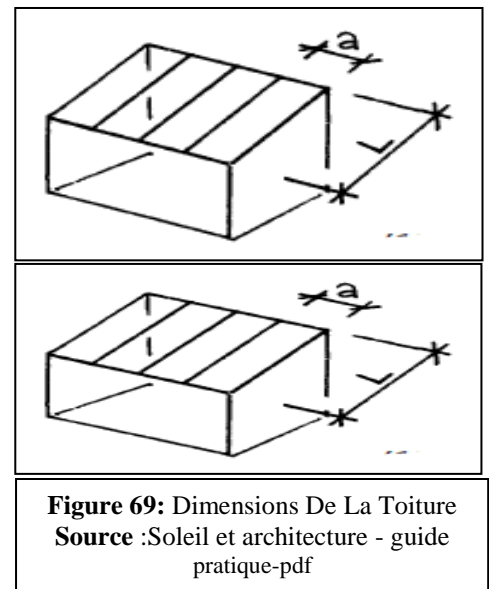


Figure 69: Dimensions De La Toiture
Source : Soleil et architecture - guide pratique-pdf

⁵² <http://www.grandcour.ch/files/BXMediaPlusDocument4433file.p/> traité par l'auteur /vue 31/01/2020

⁵³ Soleil et architecture –Guide pratique pour le projet/ office fédéral des questions conjoncturelles / page13

- Les dimensions maximales des vitrages isolants obliques sont en premier lieu limitées par leur poids et donc par leur montage et la difficulté liée à la manutention.
- Distance maximale entre deux chevrons: (a) 60 cm -130 cm
- Pente de la toiture: min. 15°

V.1.6 Quelques règles:

- Dimensionner largement les parties vitrées de l’atrium.
- Ne pas utiliser de vitrage absorbant (prévoir des protections solaires mobiles).
- Adapter une forme évasée vers le haut dès que la hauteur de l’atrium dépasse 2 fois sa largeur.
- Pour les parties intérieures de l’atrium favoriser des teintes claires afin d’absorber le moins possible la lumière visible: durant l’hiver
- on cherchera à tirer le meilleur parti du rayonnement solaire en profitant d’abord de la lumière, puis de la chaleur.

V.2 Façades double peaux :

V.2.1 Définition du façade double peaux :

La façade double-peau est une façade traditionnelle complétée par une enveloppe extérieure, généralement en verre. Les deux façades, souvent appelées « peaux », sont séparées par un espace vide – appelé espace tampon - dont la largeur peut varier de quelques centimètres à plusieurs mètres.⁵⁴ Les fenêtres de la façade primaire sont en contact avec la zone climatique intermédiaire. Lorsque les fenêtres sont ouvertes, une circulation d’air a lieu entre l’espace intérieur et la zone climatique intermédiaire.⁵⁵

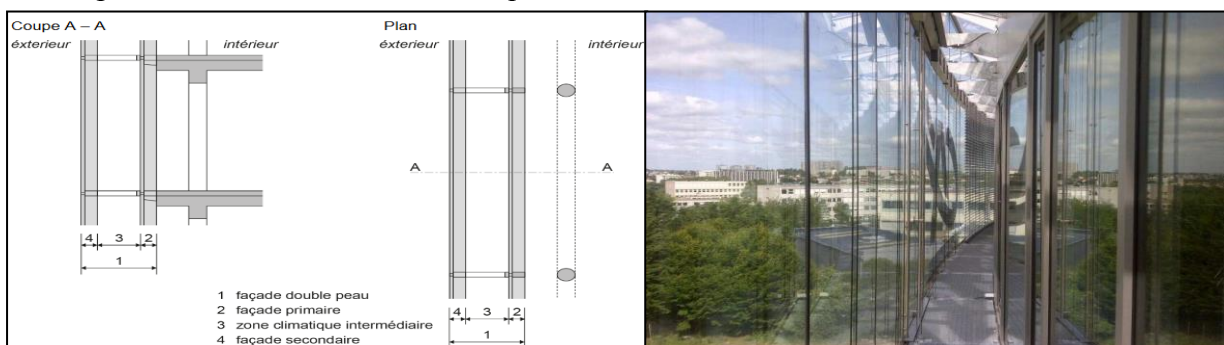


Figure 70: Façade double peaux (plan /coupe)
 Source : <https://services.vkg.ch/rest/public/georg/bs/publikation/documents/BSPUB-1394520214-147.pdf/content>

⁵⁴ <https://architectura.be/fr/dossiers/verre/37639/facades-double-peau-choisir-la-bonne-combinaison-de-verre-pour-optimiser-leurs-avantages>

⁵⁵ <https://services.vkg.ch/rest/public/georg/bs/publikation/documents/BSPUB-1394520214-147.pdf/content>

V.2.2 Systèmes de ventilation du FDP:

Une façade double-peau peut être ventilée mécaniquement ou naturellement, en fonction du type de système de ventilation utilisé dans l'espace tampon. Celles-ci sont appelées façades ventilées actives ou passives (interactives).

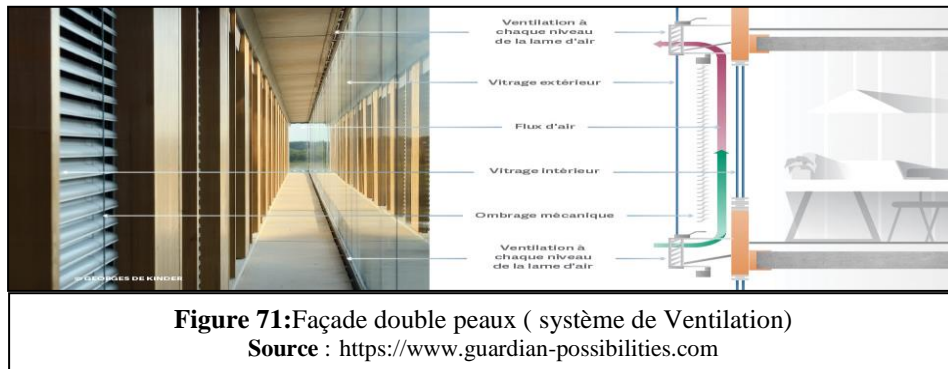


Figure 71: Façade double peau (système de Ventilation)
Source : <https://www.guardian-possibilities.com>

➤ Les systèmes actifs ont un revêtement extérieur en verre isolant hermétique devant la cavité intermédiaire ventilée. Les échanges d'air sont artificiellement induits et ont lieu à l'intérieur du bâtiment via des échangeurs de chaleur. En hiver, cette configuration présente l'avantage d'économiser l'énergie nécessaire au chauffage grâce à la récupération de chaleur. Les systèmes actifs ont tendance à utiliser des types de verre plus traditionnels pour l'enveloppe en verre isolante extérieure.

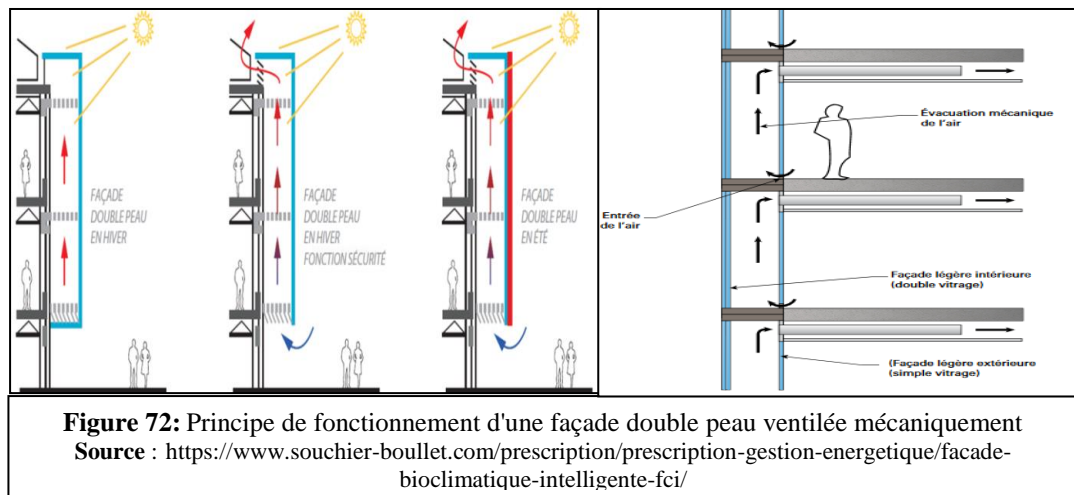


Figure 72: Principe de fonctionnement d'une façade double peau ventilée mécaniquement
Source : <https://www.souchier-boulet.com/prescription/prescription-gestion-energetique/facade-bioclimatique-intelligente-fci/>

➤ Les façades ventilées passives sont les plus répandues en Europe, en particulier dans les bâtiments commerciaux. Ici, l'échange d'air a lieu entre la cavité intermédiaire et l'environnement. Une convection naturelle est créée via des ouvertures définies, qui sont normalement situées au-dessus et au-dessous du verre extérieur. Le plus souvent, les façades ventilées passives sont composées de murs rideaux placés devant une construction conventionnelle.

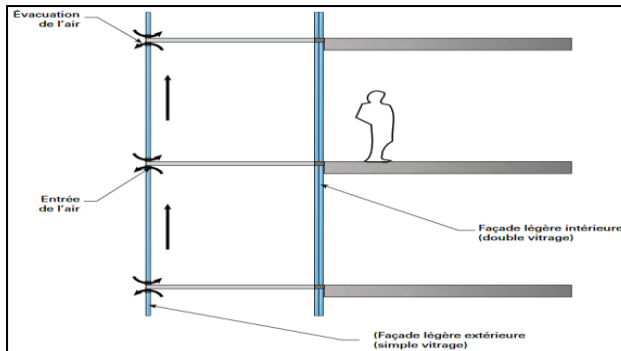


Figure 74: Principe de fonctionnement d'une façade double peau ventilée naturellement sur un niveau
Source: https://www.programmepacte.fr/sites/default/files/pdf/guide-rage-facade-multiple-double-peau-2014-02_0.pdf

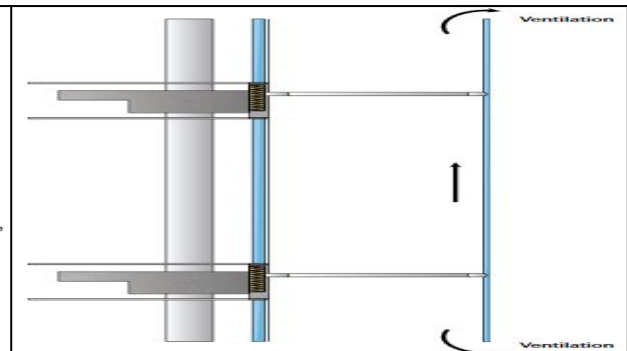


Figure 73: Principe de fonctionnement d'une façade double peau ventilée naturellement sur plusieurs niveaux.
Source: https://www.programmepacte.fr/sites/default/files/pdf/guide-rage-facade-multiple-double-peau-2014-02_0.pdf

V.2.3 Type de vitrage de FDB:

Dans les façades ventilées passives, l'objectif est normalement de refléter une partie de l'énergie solaire à ondes courtes directement sur le verre extérieur, de manière à réduire l'accumulation de chaleur dans l'espace intérieur et, par conséquent, la charge thermique. L'utilisation de couches sur le verre est considérablement renforcée lorsqu'elle est associée à une protection solaire supplémentaire et à une protection anti-reflets dans l'espace intérieur.

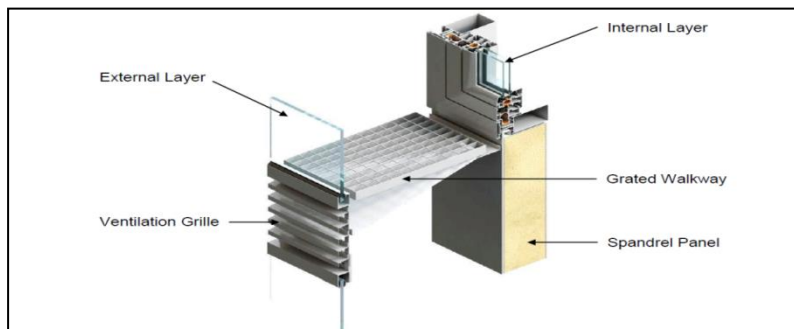


Figure 75:Détail de construction de la FDB
Source: <https://www.pinterest.com/pin/444871269422880760/>

✓ L'utilisation de couches pour le vitrage extérieur offre un autre avantage: la possibilité de jouer avec différents degrés de réflexion de la lumière. Cela permet à l'architecte de concevoir des constructions très transparentes et «légères» .

✓ Alors que le vitrage intérieur d'un système passif est un vitrage isolant classique double ou triple, un verre de sécurité feuilleté (souvent constitué de verre durci) est généralement utilisé pour le vitrage extérieur. Sa capacité de charge résiduelle assure une sécurité maximale en cas de casse.

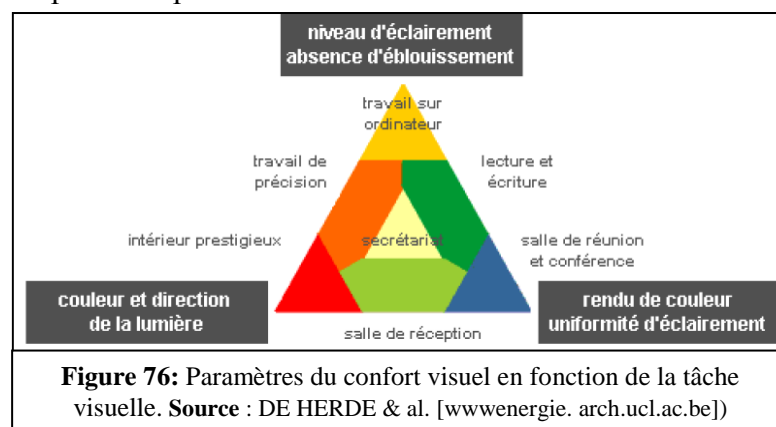
VI. Le confort visuel dans les ateliers de dessin :

Les tâches visuelles aux quelles sont confrontés les étudiants dans une ateliers sont multiples:

- Lecture ou écriture d'un document disposé sur le plan utile.
- Lecture de ce qui est écrit au tableau.
- Dessiner sur un plan.
- Regard prolongé vers le professeur ou vers un autre étudiant .
- Visualisation de films, de diapositives, d'émissions télévisées.
- Travail sur ordinateur.

A travers ces données, nous constatons que le caractère principal de la tâche visuelle dans les ateliers consiste à alterner entre une vision rapprochée et une vision éloignée. En effet, l'étudiant écrit et dessine sur une table (vision rapprochée), regarde le tableau (vision éloignée), revient à son cahier (vision de près), observe son professeur (vision de loin)...

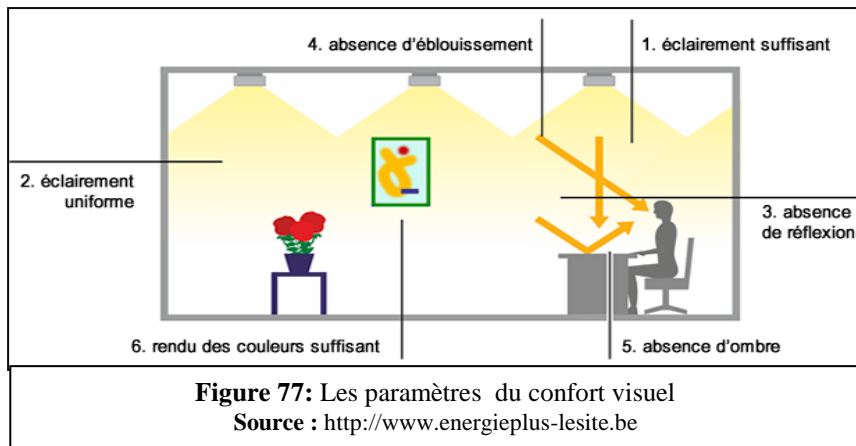
Ce qui implique des changements d'accommodation et de convergence mais aussi des changements d'adaptation rapides.



Pour la lecture et l'écriture (dessiner) , les deux tâches visuelles principales effectuées dans les ateliers , les paramètres nécessaires pour établir un confort visuel optimum sont:

1. un niveau d'éclairage suffisant.
2. une uniformité de l'éclairage.
3. l'absence d'éblouissement.
4. un rendu de couleur correct.

Par contre, la couleur de la lumière n'a pas beaucoup d'importance. Elle peut agrémente l'ambiance lumineuse dans ces locaux, mais n'a pas d'effet direct ou préjudiciable sur l'exécution des tâches visuelles des étudiants et des enseignants.



VII CONCLUSION:

Dans ce chapitre, il existe plusieurs types d'éclairage de la lumière naturelle en architecture, cette diversité existe grâce à la diversité des techniques de constructions due au progrès technique et technologique, l'architecte a le libre choix de choisir le type d'éclairage qu'il veut accorder à son projet en fonction du sens qu'il veut donner à cette lumière naturelle qui pénètre, de la vocation de l'espace éclairé, de l'intention de l'architecte, de l'expression qu'il veut donner à cet espace.

Pour éviter la gêne visuelle (éblouissement, fatigue) dans un espace architectural comme l'atelier de dessin il faut le renforcer par des systèmes de gestion de la lumière naturelle (light shelves, les conduite de lumière, les vitrages spécieux, débords de toiture, etc.) qui fonctionnent de manière adéquat ce qui permet une gestion intelligente de l'éclairage dans le bâtiment.



CHAPITRE 02

ETUDE ANALYTIQUE

«Nos yeux sont fait pour voir des
fores sous lumière»

Le Corbusier

I. INTRODUCTION:

Dans ce chapitre nous allons présenter deux volets , le premier volet, analyse des exemples des écoles d'architecture afin de comprendre leurs natures, leurs fonctionnements, et surtout pour découvrir et étudier les solutions et les techniques durables utilisées qui vont par la suite nous aider à trouver et choisir des solutions climatiques pour assurer le confort visuel au niveau des ateliers d'architecture, dans le deuxième volet présente notre projet et les solutions bioclimatiques adaptées au projet ainsi que la situation de ce projet et une analyse climatique de la wilaya de Laghouat .

II. VOLET 01 : ANALYSE DES EXEMPLES :

II.1 Présentation:

Pour améliorer la qualité architecturale d'atelier de dessin dans l'école d'architecture , l'architecte doit prendre en considération lors de la conception de cette dernière tous les paramètres de bien être (confort , le contenu , morphologie) . Environnement sains et confortable produisent des états émotionnels positifs , facilitent l'apprentissage et le développement des sentiments d'attachements envers l'atelier de dessin

II.2 Choix des exemples :

Les exemples sont choisis par rapport aux techniques liées a la durabilité utilisées comme principes de base dans la conception architecturale.

II.3 Exemple 01: École d'architecture de l'Université de Miami / Arquitectonica

II.3.1 Fiche de présentation de projet :

Lieu : Coral Gables, États-Unis

Architectes: Arquitectonica

Surface: 113,27 m²

Année: 2018

certifié : LEED

Fabricants: Versteel



Figure 1:École d'architecture de l'Université de Miami
Source : <https://www.archdaily.com>

Chapitre II

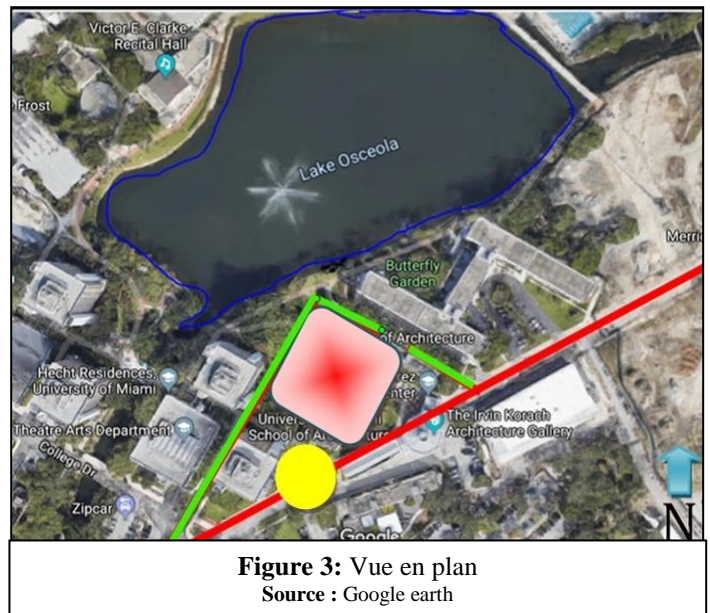
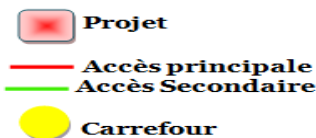
II.3.2 Situation du projet :

- Le projet est situé dans un milieu urbain universitaire en parallèle avec la voie principale.
- L'espace vert occupe une grande partie du projet.
- présence d'une Lake de Osceola ou Nord du projet .



II.3.3 Accessibilité du projet:

- Le projet était implanté au bord d'une voie mécanique principale qui dispose une circulation très élevée ce qui facilite l'accès de projet.
- L'accès principale orienté vers Nord Est.



II.3.4 Nature formelle du projet (volumétrie):

- Volume simple de forme parallélépipède.
- Il s'agit en réalité d'un forme compacte unique hangar surdimensionné, doté d'un toit voûté suspendu .



Chapitre II

- Un toit voûté suspendu à une hauteur de **5,50 m** au sol, de colonnes en acier étroites et de quelques murs fixes.
- Un seul mur de béton incurvé fait face à l'entrée principale du transport en commun et au centre d'architecture c'est le cœur de l'école.
- Gabarit : Un R.D.C seulement .
- Geste symbolique d'accueil la courbe invite les étudiants à se rendre au bâtiment tout en adoucissant le plan rectiligne du bâtiment.
- La structure exposée de verre et de béton sert d'outil pédagogique en illustrant certains des principes de base de l'architecture moderne, de la construction et de la durabilité.
- Le toit lui-même une structure en béton à coque mince, est un moment de grande intensité visuelle. La dalle se déforme légèrement, apparemment en train de fondre sous la chaleur de Miami, pour former un léger arc qui ajoute à la complexité de la silhouette de la structure.



Figure 7:Sortie vers la cour et le foyer
Source : <https://www.archdaily.com>



Figure 8:Entrée principale
Source : <https://www.archdaily.com>



Figure 9:Vue sur la façade
Source : <https://www.archdaily.com>



Figure 10:Façade postérieure
Source : <https://www.archdaily.com>

Chapitre II

→ **La courbe du toit** interagit avec la courbe à l'entrée pour démontrer la plasticité du béton. Ces deux gestes transforment une simple boîte en une expression architecturale dynamique, incorporant les principes fondamentaux du modernisme dans un design progressif qui influencera la prochaine génération d'architectes.



Figure 11: Toiture courbée
Source : <https://www.archdaily.com>

II.3.5 Étude environnementale :

→ Stratégie d'éclairage naturel :

Le toit fournir un ombrage efficace sur les façades Est et Ouest vitrées, le toit cintré constitue également le premier virage formel de la conception.

→ Le toit en béton chevauche l'extrémité sud du bâtiment pour protéger du soleil de l'intérieur.

→ Le bâtiment peut fonctionner pendant la journée sans utiliser de lumière artificielle, tout en proposant la toute première utilisation de panneaux de verre résistant aux ouragans de 5,50m de haut.

→ Une façade légère transparente pour la lumière naturelle.

→ Les fenêtres ouvrantes permettent une meilleure isolation et éliminent la dépendance vis-à-vis de la climatisation en été.



Figure 12: La toiture courbée
Source : <https://www.archdaily.com>



Figure 13: Entrée principale
Source : <https://www.archdaily.com>

→ **L'orientation :**

La conception, l'orientation et les éléments stratégiques du bâtiment tiennent compte des mouvements du soleil et garantissent un environnement de travail durable, même pendant les mois les plus chauds.

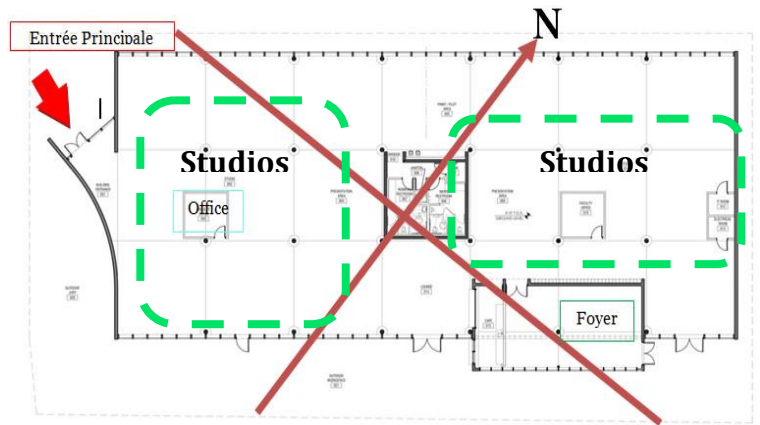


Figure 14: Plan de R.D.C
Source : <https://www.archdaily.com>

→ Les studios (Ateliers) situés du côté Sud du passage de circulation sont destinés à des cours de conception-construction et ont un accès direct à la zone de travail extérieure.

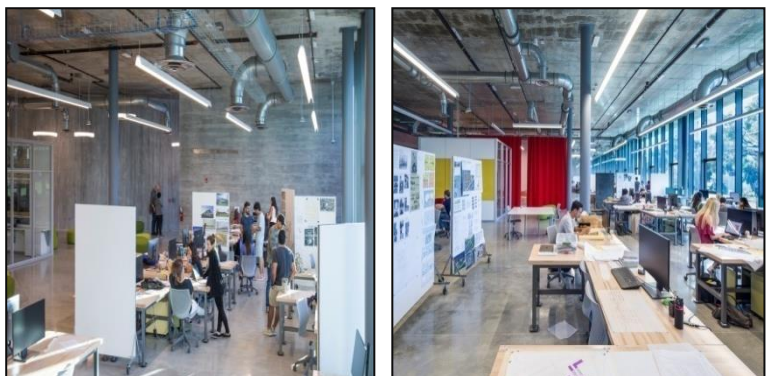


Figure 15: Vues intérieure
Source : <https://www.archdaily.com>

→ Les murs Est et Ouest du volume central sont recouverts de feutre pour que les étudiants puissent épingler leur travail

et la nef dispose de planches amovibles pour les critiques informelles et les expositions.

→ **Matériaux utilisés** c'est le béton le verre

l'acier .Des cubes épars de différents matériaux signifient différentes utilisations dans l'espace de studio ouvert: rideaux pour les zones de jury, verre et panneaux pour les espaces de séminaire et de réunion, béton pour le laboratoire de fabrication.



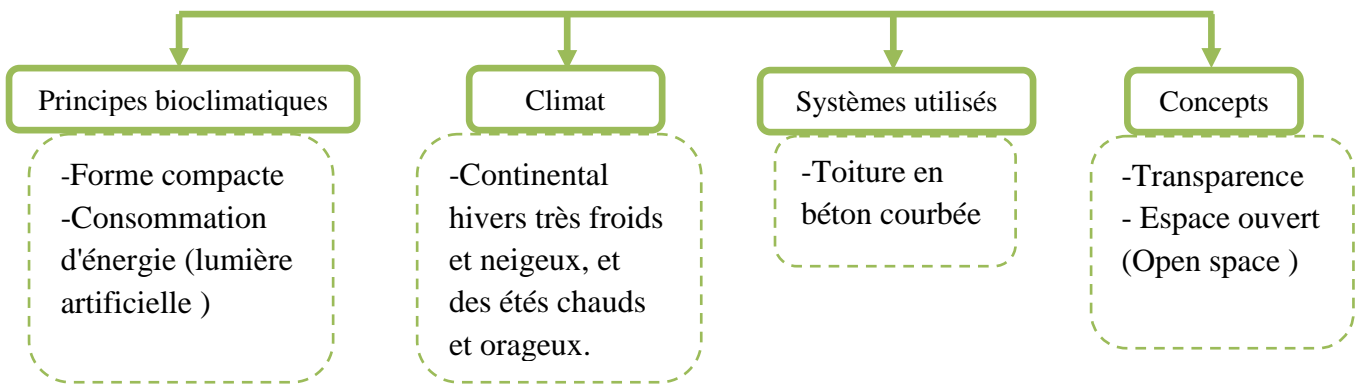
Figure 16: Vue intérieure
Source : <https://www.archdaily.com>

→ Deux pavillons autoportants vitrés servent de bureaux aux professeurs et aux professeurs invités.



Figure 17: Vue intérieure
Source : <https://www.archdaily.com>

II.4 Synthèse d'exemple 01:



II.5 Exemple 02: Extension de l'École d'Architecture de Marseille

II.5.1 Fiche de présentation du projet :

Lieu : MARSEILLE/FRANCE

Architecte: PAN Architecture

Surface : 450,00m²

Date: 2015



Figure 18:L'extension de l'École d'architecture de Marseille
Source : <https://www.archdaily.com>

II.5.2 Situation du projet :

→ Situé dans un cadre exceptionnel aux qualités de mouvement remarquables.

Construite dans les années 60 par

l'architecte René Egger,

→ Installée sur un versant nord, son architecture se caractérise par différents bâtiments répartis sur le site.

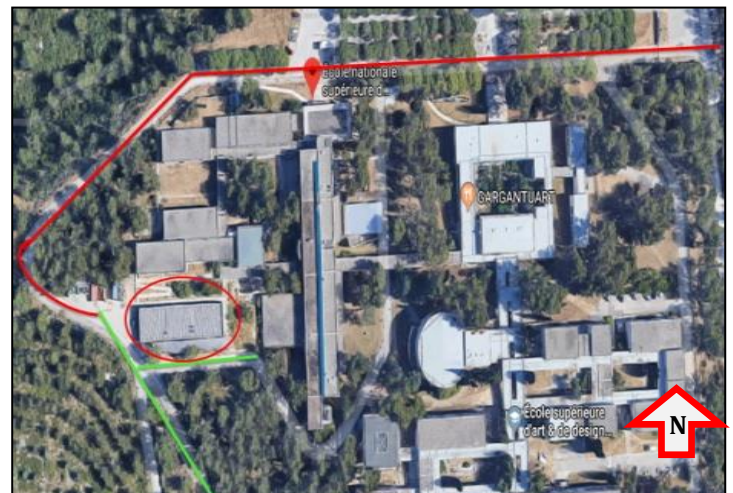
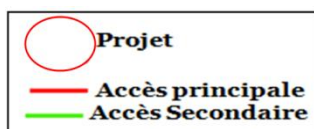


Figure 19:Situation de l'École d'architecture de Marseille
Source : <https://www.Google earth.com>



II.5.3 Accessibilité du projet:

→ Le projet se situe à proximité d'une voie mécanique principale qui facilite l'accès de projet.

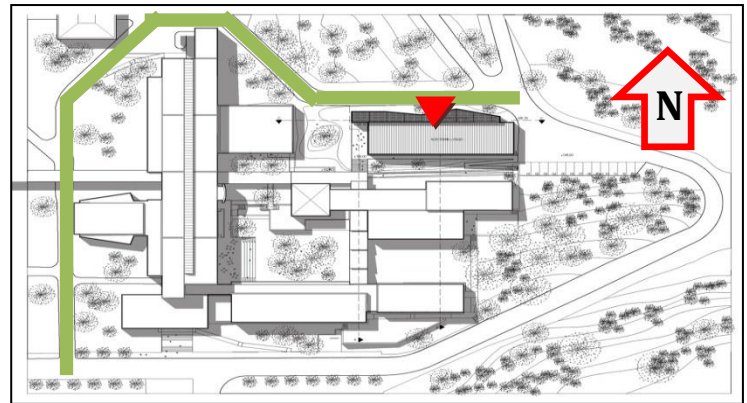


Figure 20: Plan de masse
Source : <https://www.archdaily.com>



Figure 22: Vue de l'extérieure
Source : <https://www.archdaily.com>



Figure 21: Vue intérieure
Source : <https://www.archdaily.com>

II.5.4 Nature formelle du projet (volumétrie):

→ Le projet rassemble les trois ateliers de plain-pied des volumes simples et autonomes reliés par un espace galerie qui longe la façade sud.

→ Les trois ateliers sont traversant, autonomes et identiques (même surface, orientation, accès et lumière). Ils sont placés côte à côte sans aucun accès intérieur mais sont accessibles par les façades sud et nord.

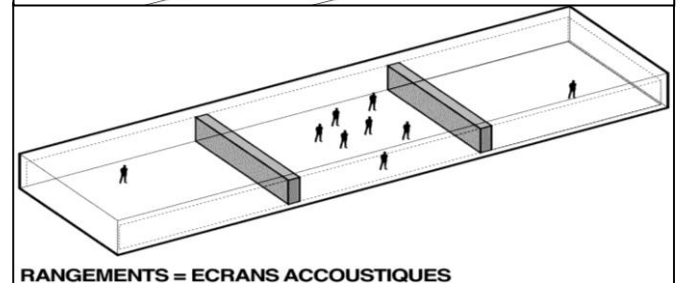
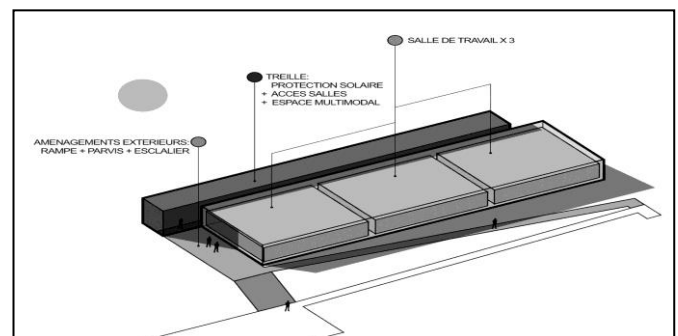


Figure 23: Composition volumétrique
Source : <https://www.archdaily.com>

II.5.5 Traitement des facades:

→ Couleur sombre, la façade donnant sur le côté du bâtiment ENSA-M est revêtue de bandes métalliques verticales inspirées des tons sombres de l'emplacement naturel.

Chapitre II

→ Les façades sont ensuite livrées sous forme de panneaux sandwich bois / métal de différentes longueurs et 1,25 m de large et sont posées par rainurage.

→ Côté tonnelle, la façade est plus rugueuse avec un revêtement en tôle ondulée pour mieux confirmer son appartenance à cet espace aride et stérile ouvert sur le paysage.

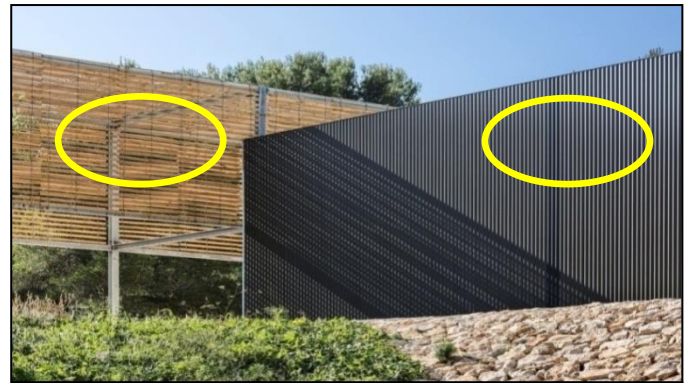


Figure 24: Traitement de façades
Source : <https://www.archdaily.com>

II.5.6 Étude environnementale:

→ **Stratégie d'éclairage naturel :**

Utilisation du verre type triple vitrage pour assurer un éclairage naturel directe vers les ateliers .

Un espace intermédiaire protégé du soleil par une clôture en jonc de châtaignier naturel (appareil emprunté à l'agriculture) encastrée dans le cadre en acier galvanisé. La structure globale en acier galvanisé est conçue et dimensionnée pour former

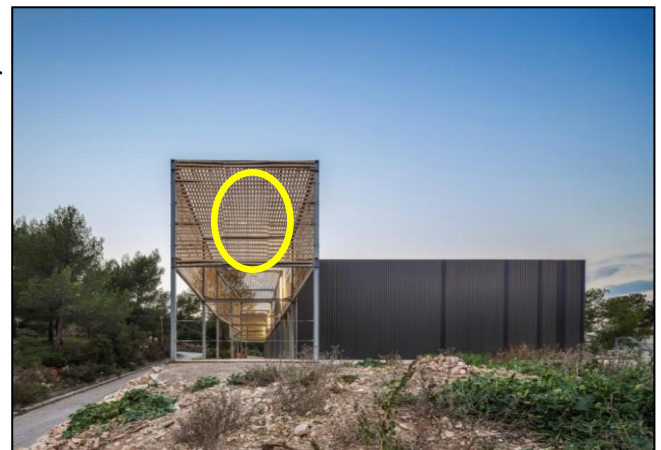


Figure 25: L'espace intermédiaire protégé
Source : <https://www.archdaily.com>

un cadre libre comme support d'expériences spatiales.

→ **L'orientation**

Les trois ateliers placés côte à côte sans aucun accès intérieur mais sont accessibles par les façades sud et nord Cette disposition permet d'obtenir une quantité d'éclairage naturel

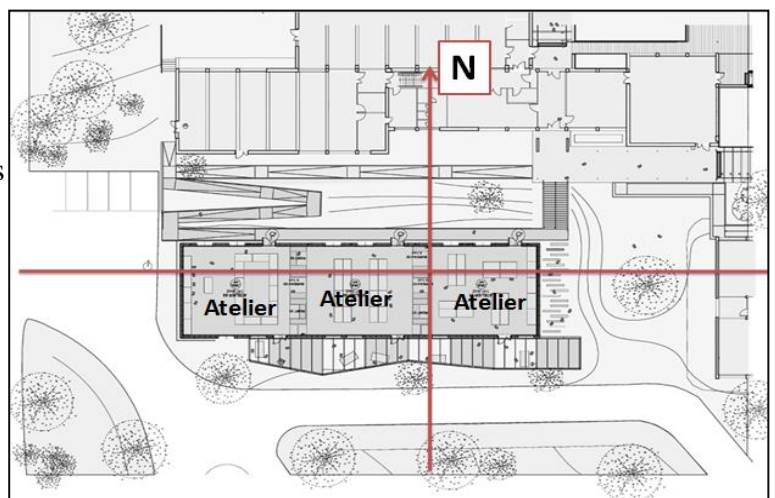


Figure 26: Plan de R.D.C
Source : <https://www.archdaily.com>

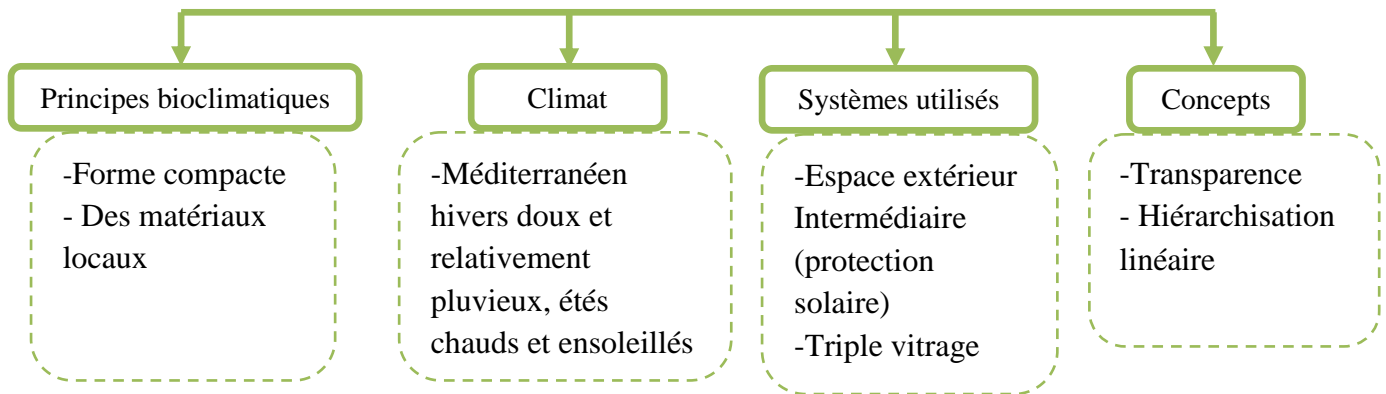
II.5.7 Les matériaux et les couleurs :

→ les façades sud et nord ponctuées de larges fenêtres à triple vitrage. Les façades sont sous forme de panneaux sandwich bois / métal .



Figure 27: Matériaux et couleurs
Source : <https://www.archdaily.com>

II.6 Synthèse d'exemple 02:



II.7 Exemple 03: Massachusetts College d' Art et Design

II.7.1 Fiche de présentation du projet :

Lieu : Coral Gables, État –Unis

Architecte: Ennead Architects

Date: 2016

Certifié : Conçu pour recevoir la certification LEED argent .



Figure 28: École supérieur d'architecture et de paysage de Bordeaux
Source : <https://www.archdaily.com>

II.7.2 Situation et Accessibilité du projet :

→ L'école située à une intersection critique du campus et de la ville

→ Se prolonge en une nouvelle place publique qui brouille la distinction entre l'espace intérieur et extérieur .

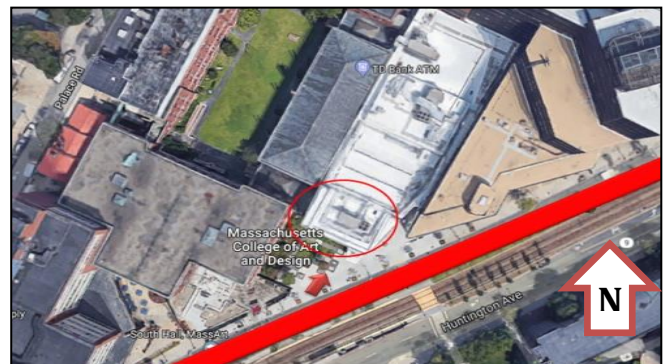


Figure 29: Vue en plan
Source : Google Maps



II.7.3 Nature formelle du projet (volumétrie):

- Un volume monumental refermé et vitré.
- Nouveau visage transparent à la ville est un changement dramatique.

II.7.4 Traitement des façades:

- Mur rideau et un gabarit de R+1 .



Figure 30: Coupe du projet
Source : <https://www.archdaily.com>

II.7.5 Étude environnementale:

→ Stratégie d'éclairage naturel :

un plafond crénelé avec Les toitures en dents la lumière du jour tout au long de la journée.
Studio recouvert d'un écran diaphane en métal perforé (filtre la lumière du sud).
Cet environnement nouvellement éclairé par le jour, ainsi que des systèmes éco énergétiques.

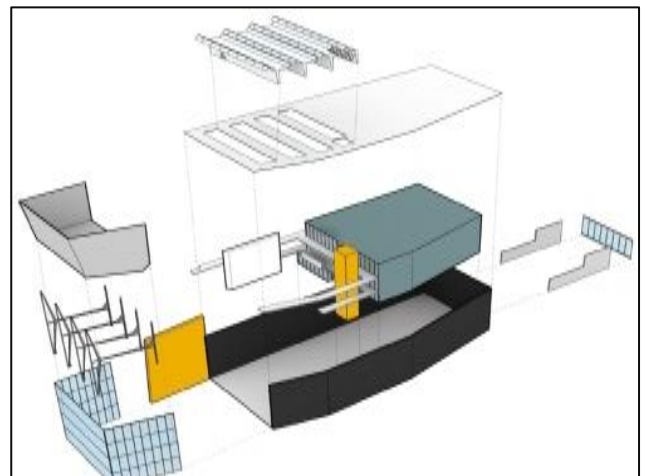


Figure 31: Détail constructif du projet
Source : <https://www.archdaily.com>

II.7.6 Les matériaux et les couleurs :

- Des matériaux locaux et recyclés et des performances d'enveloppe améliorées contribueront également à rendre plus en plus durable.

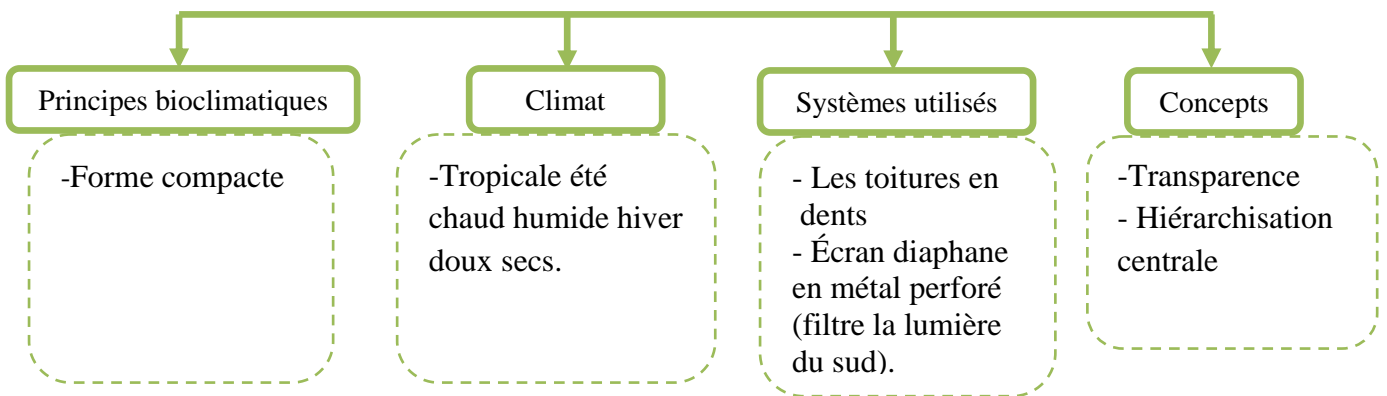


Figure 32: Détail constructif du projet
Source : <https://www.archdaily.com>



Figure 33: Vues intérieures du projet
Source : <https://www.archdaily.com>

II.8 Synthèse d'exemple 03:



II.9 Exemple 04: Melbourne École de Design Université de Melbourne

II.9.1 Fiche de présentation du projet :

Lieu : MELBOURNE, AUSTRALIE

Architecte: John Wardle Architects , NADAAA

Date: 2014

Surface : 15772,00 m²



Figure 34 :Melbourne École de Design
Source : <https://www.archdaily.com>

II.9.2 Situation et Accessibilité du projet :

→ Le projet était implanté à côté d'une voie mécanique principale une circulation très élevée ce qui facilite l'accès de projet .

→ Le projet a été intégré dans un tissu urbain .

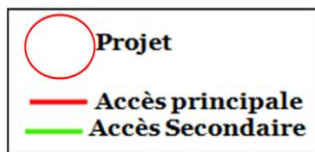


Figure 35: Vue en plan
Source : <https://www.Google earth.com>

II.9.3 Nature formelle du projet (volumétrie):

→ Un bloc de béton et du verre pour exprimer la notion de plein et vide .

II.9.4 Traitement des façades:

→ Des ouvertures avec des tailles différentes (coté sud) pour chaque espace .

II.9.5 Étude environnementale :

→ **Stratégie d'éclairage naturel :**

la lumière naturelle inonde à travers un énorme puits de lumière qui est soutenu par une installation à caissons de verre et de bois , par un réseau de poutres obliques .

Protection solaire: utilisation du verres triple vitrages dans les façades du projet avec un



Figure 36: Melbourne École de Design
Source : <https://www.archdaily.com>



Figure 37: Vue sur la façade sud
Source : <https://www.archdaily.com>



Figure 38: Panneaux de protection solaire
Source : <https://www.archdaily.com>

Chapitre II

système de protection solaire avec des panneaux du zinc très performant dans les coté Est Sud , Ouest .
 La nature transparente du bâtiment met également en évidence les activités des étudiants et du personnel auprès de la communauté au sens large ,
 encouragement par les pairs ainsi parmi les pairs universitaires et le grand public à témoigner des activités de recherche et d'enseignement menées dans le demain du design .

→ **L'orientation:**

Au centre de la conception se trouve le Studio Hall, un grand espace flexible qui permet une occupation informelle à tout moment de la journée. Le Studio Hall est fermé du côté ouest par l'ancienne façade de la Bank of New South Wales, et du côté est le Studio Hall donne sur la nouvelle cour. Il est spatialement clos de livres du côté est par la façade patrimoniale du bâtiment Elisabeth Murdoch.

II.9.6 Matériaux et couleurs:

→ un toit à caissons en bois qui assure la lumière naturelle du jour et aide à la ventilation naturelle.

→ Matières premières (bois naturellement durable labellisé) pour le atrium et l'accueil .

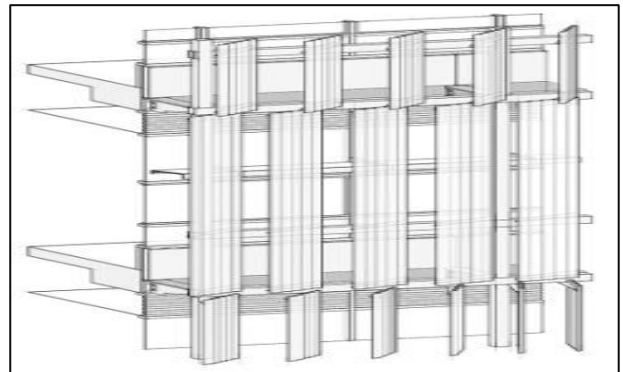


Figure 39: Détail de protection solaire
 Source : <https://www.archdaily.com>

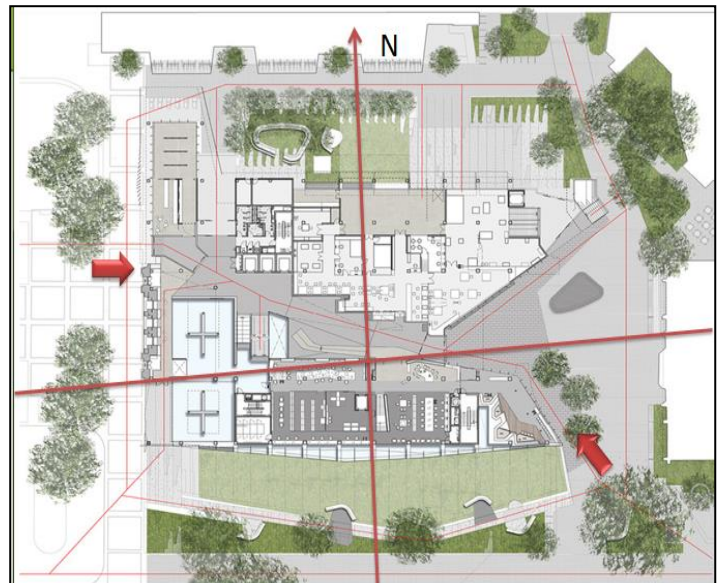


Figure 40: Plan d'assemblage du projet
 Source : <https://www.archdaily.com>

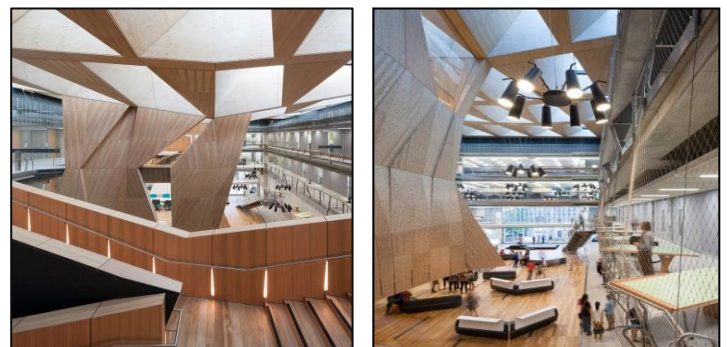


Figure 41: Vues intérieurs d'atrium et hall studio
 Source : <https://www.archdaily.com>

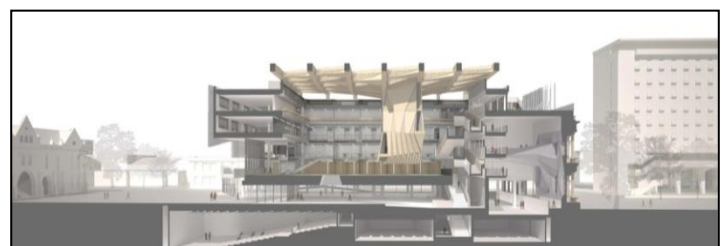
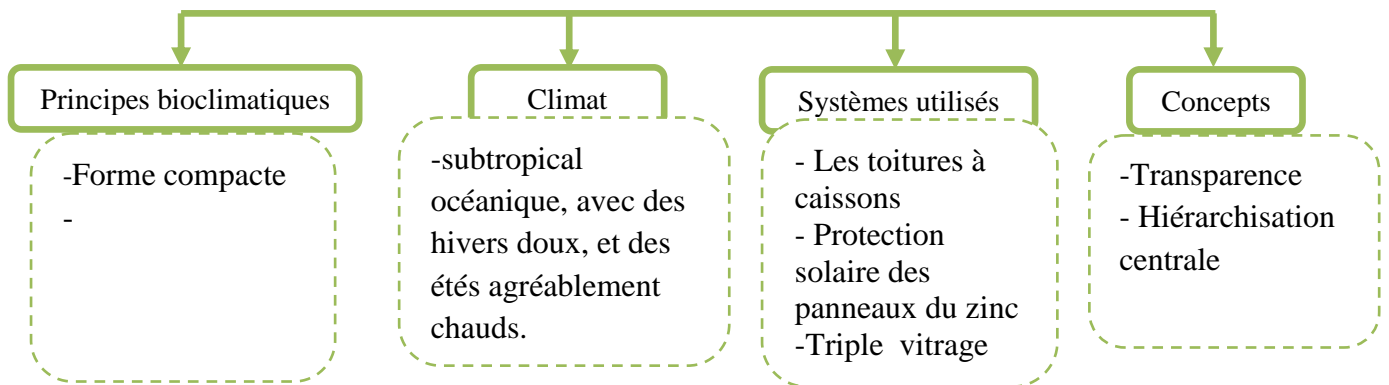


Figure 42: Coupe du projet
 Source : <https://www.archdaily.com>

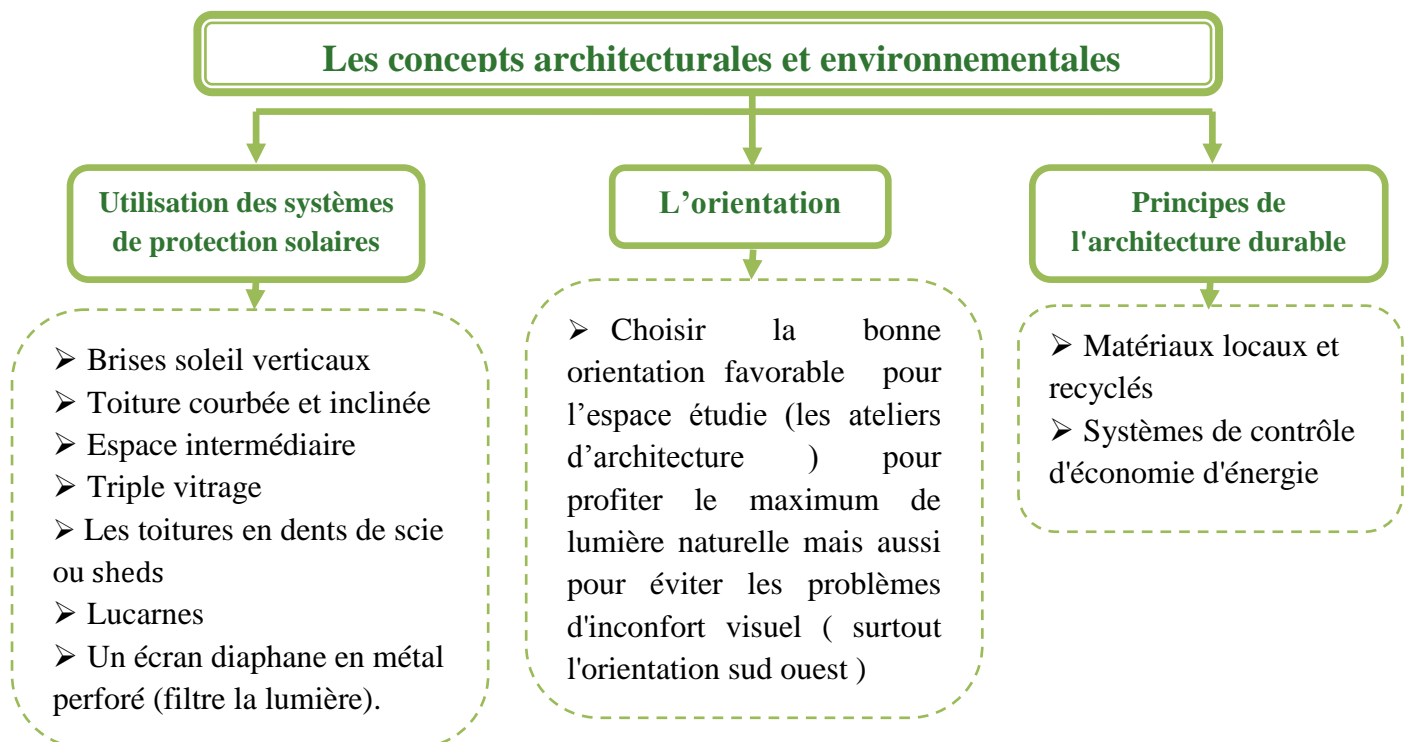
II.10 Synthèse d'exemple 04:



III. Synthèse :

Après l’analyse des exemples, on peut dire que lors de la conception des ateliers d'une école d'architecture à plusieurs critères doivent être pris en considération :

- ✓ La bonne orientation aider nous à ne pas utiliser beaucoup de solutions soit techniques ou constructives
- ✓ Assurer le confort visuel avec des solutions techniques et constructives pour un éclairage adéquat et uniforme .
- ✓ L’intégration des systèmes des énergies renouvelables (tel que les panneaux photovoltaïque).
- ✓ Utilisation des systèmes passifs et actifs pour atteindre un confort adéquat à l’intérieur du bâtiment et pour diminuer les consommations d’énergie, et utilisation des matériaux durable.



IV. VOLET 02 : PRÉSENTATION DU PROJET

IV.1 Présentation:

A travers ce volet on va récolter et analyse les informations sur la ville de Laghouat qui inscrit notre site du projet , et par la suite on va présenter notre projet la phase de conception et l'idée formelle après les solutions bioclimatiques adaptées

IV.2 Présentation générale du site:

Le projet s’inscrit dans un site qui se trouve au nord-ouest de la ville de LAGHOUAT, avec une superficie totale d’environ 75198.00 m². Le site d’intervention se situe dans le nouveau pôle universitaire pédagogiques.

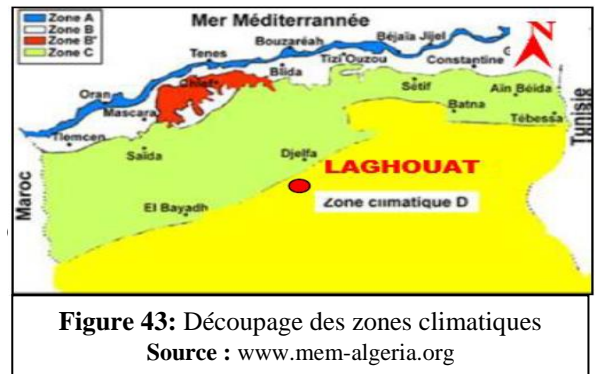


Figure 43: Découpage des zones climatiques
Source : www.mem-algeria.org

IV.3 Analyse climatique de la ville de Laghouat :

Laghouat est une agglomération de nature mixte entre les hautes et les basses terres, elle constitue une liaison et une zone tampon entre le nord et le sud du pays. Le territoire algérien est divisé en 4 zones climatiques (A.B.C.D), Laghouat se situe dans la zone D, le climat de Laghouat est distingué par la diversité des régions géographiques ce qui lui donne une diversité de climat avec des hivers froid et des étés chaud (climat chaud et aride).¹

Zone D : Pré de Sahara et Sahara	
Variations saisonnières	Deux saisons (chaude et froide)
Température	T° Moy .Max : 45° et entre 20-30° en hiver variation saisonnière de 20° . L'effet de la l'altitude les hivers deviennent de plu en plus froids
Précipitation	Pluies rares , torrentielles par moments
Humidité	Humidité réduite entre moins de 20 % après midi à plus de 40% la nuit
Conditions célestes et rayonnements	Ciel claire pour une grande partie de l’année , rayonnement solaire intense augmenté par les rayons réfléchis par le sol
Vents	Généralement locaux les vents de sable et les tempêtes sont fréquentes
Végétations	Extrêmement clairsemées

Figure 44: Extrait des caractéristiques de la zone D
Source : Livre les éléments de la conception architectural, page 77 , Mazouz.S OPU Alger 2001

¹ PDAU Laghouat. U.R.B.A. TIARET.DIRECTION DE LA WILAYA DE LAGHOUAT

IV.3.1 Température:²

Le climat de Laghouat se caractérise par une période chaude et une période froide.
 -Une longue saison chaude et sèche s'étalant du mois mai jusqu'au mois d'Octobre avec des températures maximales moyennes comprises entre 27°C et 39 °C et des températures minimale moyennes entre 13 et 21.

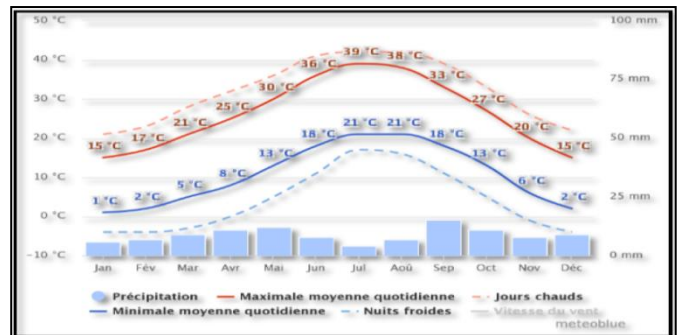


Figure 45: Température de la ville de Laghouat
 Source: météo Blue Mazouz.S OPU Alger 2001

-Une saison froide s'étalant Novembre jusqu'au mois d'avril avec des températures maximales moyennes comprises entre 25°C et 15 °C et des températures minimale moyennes entre 1 et 8.

IV.3.2 Vents :

Selon la rose des vents on remarque que les vents dominant sont de direction ouest et aussi importante du sud-ouest. il y a très peu de vent d'orientation nord-ouest et presque nul au sud-est.

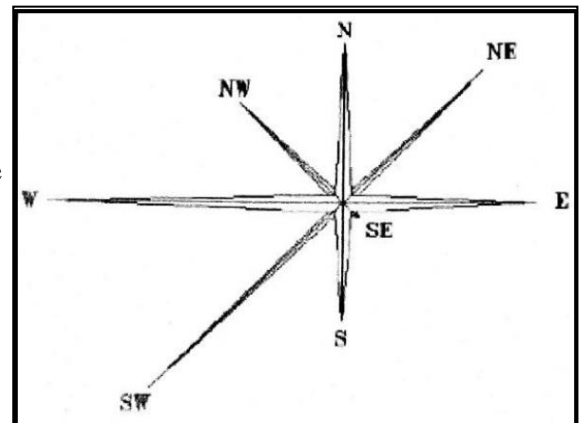


Figure 46: Les vents dominant de la ville de Laghouat
 Source: station météo. Laghouat

-Le sirocco souffle 65-70 jours par an à partir de mois de mai, il est fréquent du côté nord et ouest généralement en juillet sur les hautes terres du Nord et de Ouest
 -Le CHEHILI venant du sud, ces vents sont souvent violents et leur vitesse varie de 15 à 30m/s et de direction sud-ouest fréquence 687 heures/mois.³

IV.3.3 Précipitations :⁴

-Peu de pluie (inférieure à 25 mm en moyenne).
 -On remarque une irrégularité des précipitations selon les saisons.
 -Notamment concernent la saison hivernale alors qu'elles sont réduites ou pénurie dès les saisons de croissance végétale.

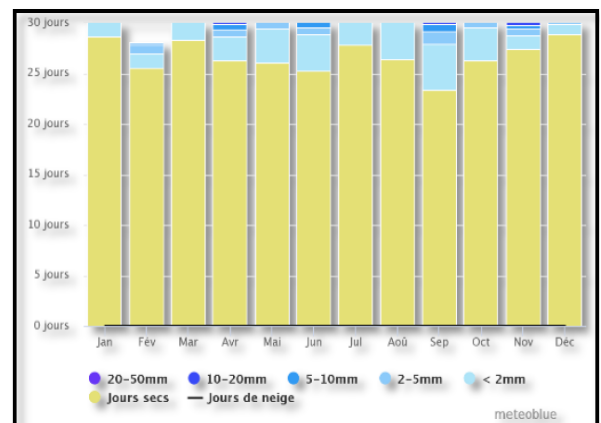


Figure 47: Les précipitations dans la ville de Laghouat
 Source : météo Blue

² https://www.meteoblue.com/fr/meteo/historyclimate/climatemodelled/laghouat_alg%c3%a9rie_2491191

³ PDAU Laghouat. U.R.B.A. TIARET.DIRECTION DE LA WILAYA DE LAGHOuat

⁴ https://www.meteoblue.com/fr/meteo/historyclimate/climatemodelled/laghouat_alg%c3%a9rie_2491191

IV.3.4 Climat lumineux et type du ciel de la ville de Laghouat :

La ville de Laghouat se caractérise par un éclairage lumineux horizontal moyen égal à 42kilo lux, et la dominance du ciel clair (la troisième zone).⁵

- La troisième zone, située au nord du Sahara entre la latitude 27°-31°, est caractérisée par un éclairage lumineux horizontal moyen égal à 42 Kilo lux et la dominance du ciel clair.

- Donc le ciel de la ville de Laghouat peut être considéré comme étant clair vu la dominance de celui-ci.

- Niveau d'éclairage : 35 klx Type de ciel : semi couvert.
- Niveau d'éclairage : 25 klx Type de ciel : semi couvert.
- Niveau d'éclairage : 42 klx Type de ciel : clair.
- Niveau d'éclairage : 47 klx Type de ciel : Clair.

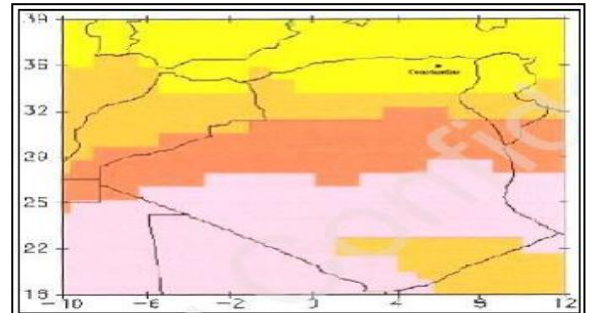


Figure 48: Zoning de la disponibilité de la lumière naturelle en Algérie
Source: (Zemmouri , N ;1987)

IV.3.5 Type de ciel :⁶

La zone se caractérise par un ciel clair régnant pendant presque toute l'année. Le graphique montre le nombre mensuel de jours ensoleillés de 75% et de ciel partiellement nuageux moins de 20% et 5% de ciel nuageux.

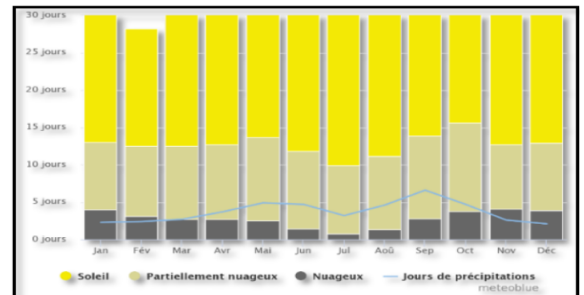


Figure 49: Type de ciel de la ville de Laghouat
Source: météo Blue

IV.4 Situation du site d'intervention :

Le site d'intervention se situe dans le nouveau pôle universitaire de 10000 places pédagogiques. D'une forme rectangulaire.

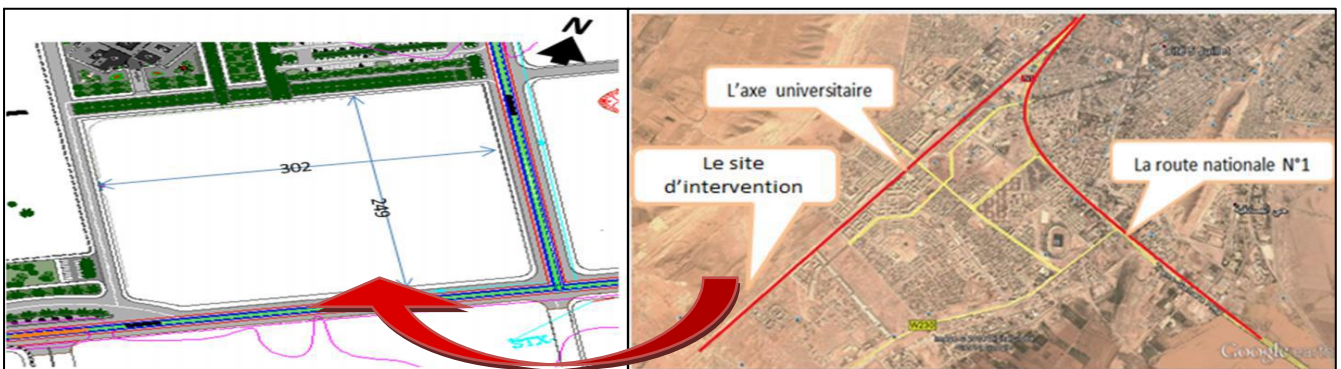


Figure 50: Plan de situation
Source: Google Earth

⁵ Daylight optimisation for energy conservation in building: with reference to Algeria N. Zemmouri.1987

⁶https://www.meteoblue.com/fr/meteo/historyclimate/climatemodelled/laghouat_alg%3%a9rie_2491191

IV.5 Les données climatiques du site :

Le terrain est exposé aux conditions climatiques (l'ensoleillement, les vents)

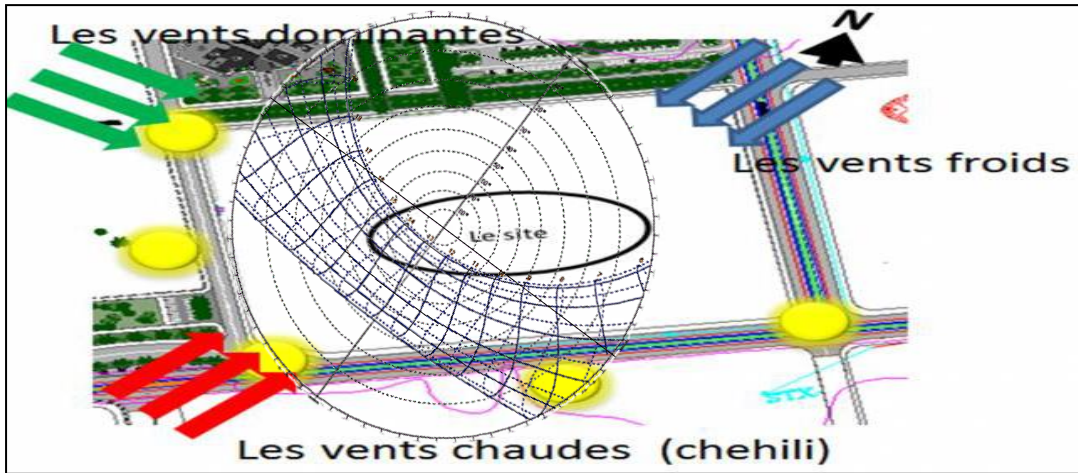


Figure 51: Données climatiques de site
Source: Auteur

IV.6 Idée et forme de projet :

On a choisit l'œil comme source d'inspiration parce que

la vision constitue la tâche principale pour l'apprentissage en générale et pour apprendre l'architecture en particulier



Figure 52: Source d'inspiration
Source: Auteur

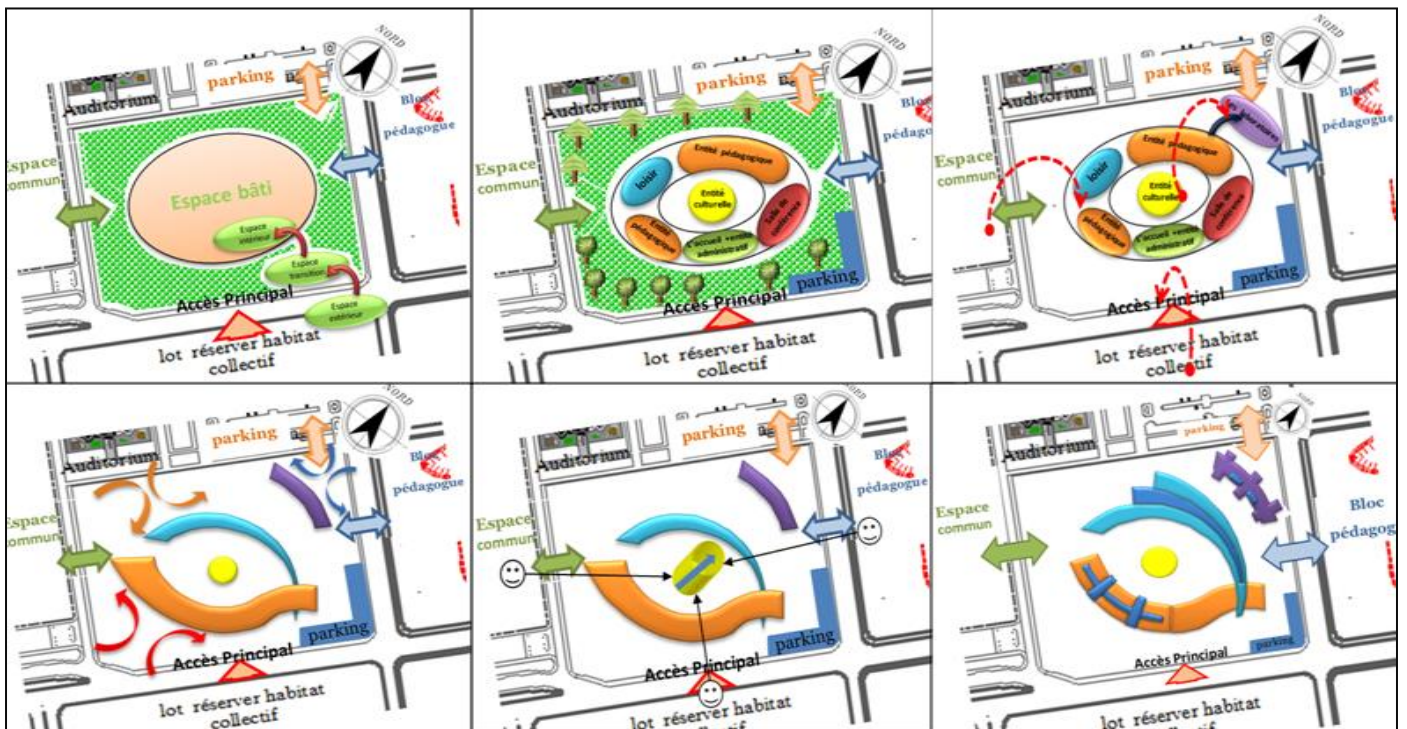


Figure 53: Étapes de la genèse du projet
Source: Auteur

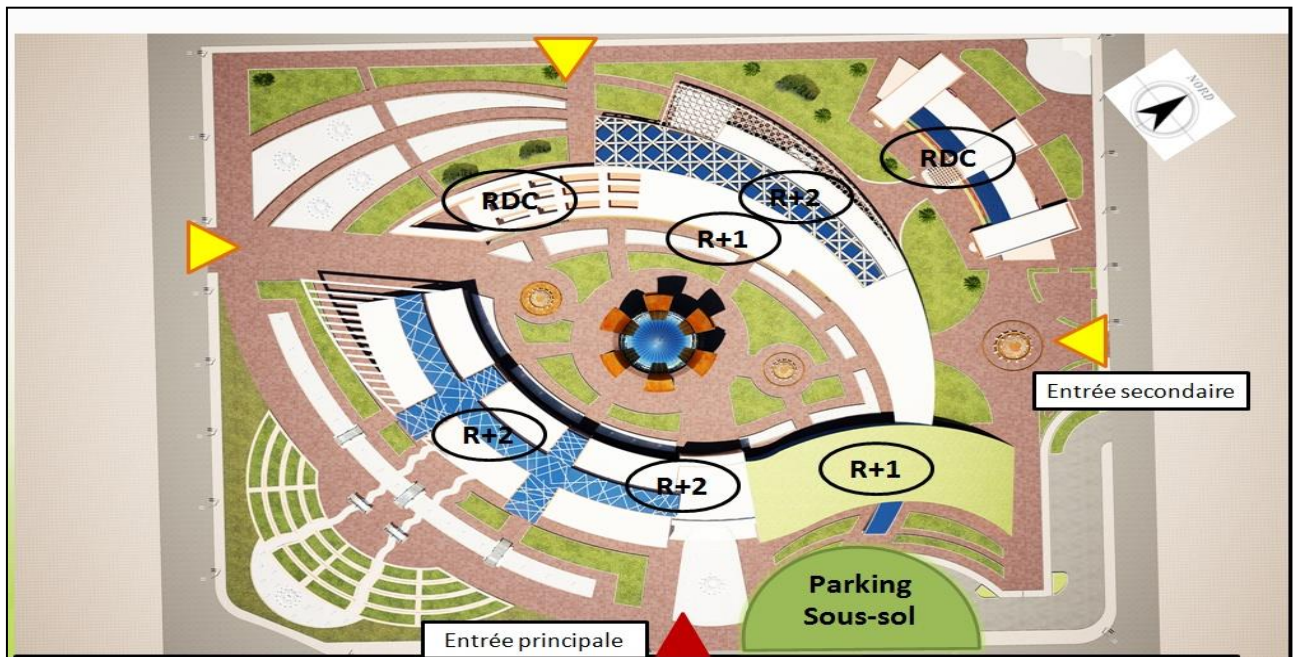


Figure 54: Plan de masse du projet

Source: Auteur

IV.7 Les solutions bioclimatiques adaptées au projet :

IV.7.1 Au niveau du plan de masse :

- Protection contre les vents froids d'hiver avec des arbres à feuilles persistantes.
- Planter les arbres pour créer de l'ombre et apporter ainsi
- Protection contre les vents froids d'hiver avec des arbres à feuilles persistantes.

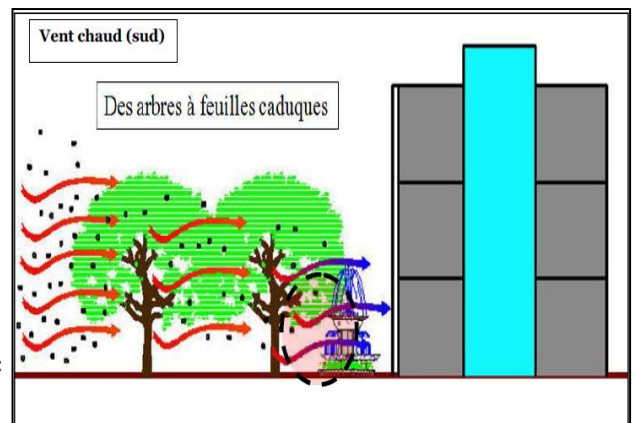


Figure 55: Schéma représente la protection des blocs contre les vents de sable.

Source: Auteur

IV.7.2 Au niveau des ateliers:

IV.7.2.1 L'orientation :

- Pour les ateliers une double orientation est très recommandée pour fournir un éclairage bilatéral.

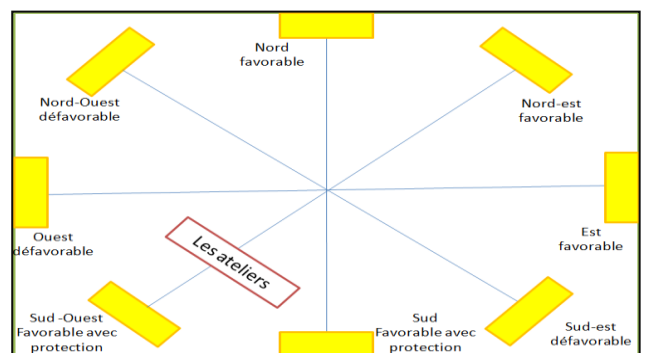


Figure 56: Schéma représente l'orientation et l'emplacements des ateliers de dessin

Source: Auteur

IV.7.2.2 L'éclairage naturel

L'éclairage zénithal est un éclairage naturel du à des rayons lumineux qui chutent verticalement, l'atrium dans la pédagogie assure un éclairage naturel bilatéral uniforme et avoir aussi une continuité visuelle avec l'intérieur.

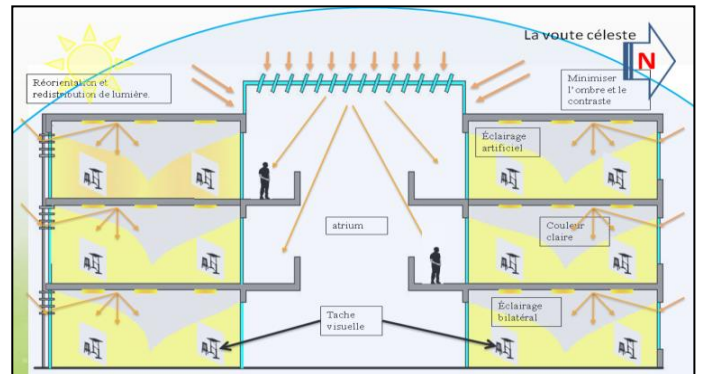


Figure 57: Schéma représente l'éclairage naturel au niveau des ateliers de dessin
Source: Auteur

IV.7.2.3 L'utilisation de l'effet de serre:

Au niveau des atriums et des espaces de circulation, et l'effet de cheminé en été. Atrium :Source de lumière indirecte pour Équilibrer l'éclairage intérieur (éclairage bilatérale) minimiser le contraste entre les surfaces intérieures. Les sources de lumière naturelle et l'éclairage bilatéral.

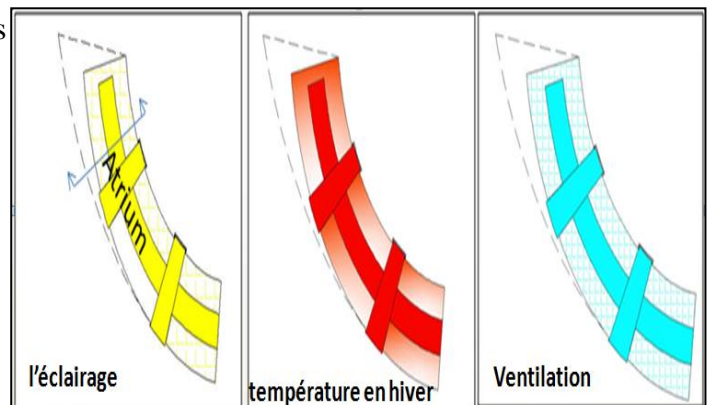


Figure 58: Schéma représente l'éclairage naturel/Température/Ventilation au niveau des ateliers
Source: Auteur

IV.7.2.4 Les protection solaire

Utilisation de vitrage directionnel et prismatique, Les lamelles en verre, brise-soleil des arcades, inclinaison des murs.

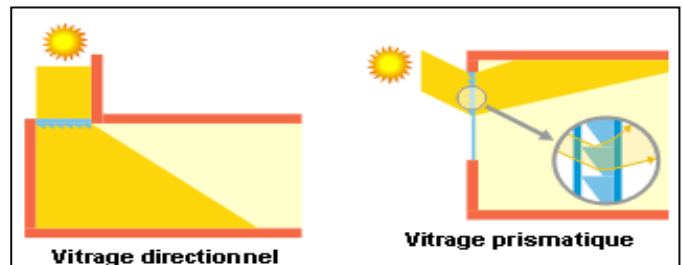


Figure 59: Types de vitrages utilisés
Source: Auteur

IV.7.2.5 La toiture végétale:

La toiture végétale consiste en un système d'étanchéité recouvert d'un complexe drainant, composé de matière organique et volcanique, qui accueille un tapis de plante pré cultivées (sédum, vivaces, graminées ...). S'installant ainsi bien sur une structure en béton, en acier ou en bois, elle offre une surface vivante qui change d'aspect en fonction des saisons et de la des végétaux.

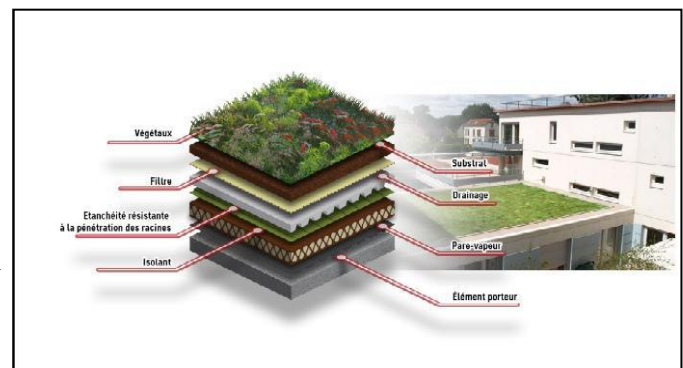


Figure 60: Toiture végétale
Source: Auteur

IV.8 Synthèse :

Après cette lecture générale sur le projet on distingue que les solutions bioclimatiques adaptés sur notre conception architecturale du projet va nous aider à améliorer et assurer toutes types du confort tel que le confort visuel dans les espaces intérieurs comme les ateliers d'architecture et les salles de classes , et pour produire un projet réussit mais avec tous ces solutions on ne peut pas juger que le projet offre le confort sauf, après les résultats de la simulation qui est prés de la réalité .

V. Conclusion :

Ce chapitre englobe l'essentiel d'information qui peuvent servir l'évaluation du cas d'étude dans son contexte climatique . On a commencé par l'analyse des exemples pour illustrés les principes et les stratégies d'éclairage naturel qui va nous adaptées dans notre projet , et on a remarquer que dans les écoles d'architecture ont des différentes types et stratégies pour la pénétration de la lumière naturelle , les ouvertures latérales et bilatérales avec l'éclairages zénithales , ce dernier eu une forte performances lumineuses nettement que les ouvertures verticales qui sont faible .

Ensuite on a présenté globalement le site d'intervention avec les données et les conditions climatiques de la wilaya qui inscris le projet car cette phase nous aider a connaitre bien le climat de notre cas d'étude .

Après ces informations qu'on a opter, c'est pour la partie suivant qui contient la simulation numérique avec des logiciels qui nécessite tous ces informations alors ces ca le but de ce chapitre .



CHAPITRE 03
SIMULATION
NUMERIQUE

I INTRODUCTION :

Après l'apparition des outils informatiques spécialisés en éclairage, l'étude de la lumière naturelle et même artificielle en architecture est devenue un phénomène facile à étudier. Le domaine de l'éclairage naturel des bâtiments a connu la création de plusieurs logiciels; citons " ECOTECT ", "ENERGIE+", "RADIANCE ", "DIALUX ", "VILUX",...etc. Ces outils informatiques permettent d'étudier le comportement de la lumière dans l'espace architectural, de faire une étude quantitative, qui permet de connaître le niveau d'éclairement et de luminance dans chaque point du local comme ils permettent aussi de faire une étude qualitative. Ces logiciels sont faciles à manipuler et donnent des résultats qui sont proches de la réalité. ¹

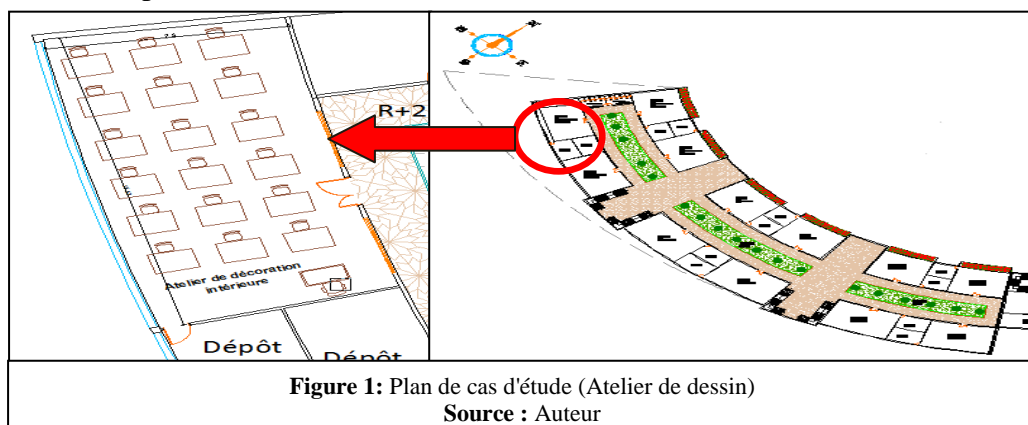
II ÉVALUATION NUMÉRIQUE DU CONFORT VISUEL:

II.1 Motivation du choix de cas d'étude :

En raison de l'importance du confort visuel et de son rôle dans la conception des bâtiments en général et des écoles d'architecture en particulier, les concepteurs ont cherché des solutions et des techniques architecturales pour créer un confort visuel approprié dans les ateliers d'architecture en les améliorant parce que l'atelier de dessin est l'espace le plus important pour un étudiant architecte .

II.2 Position dans le plan :

L'atelier de dessin choisie pour l'évaluation est située en R+2 dans le bloc des ateliers , orienté en plein sud .



¹ <http://thesis.univ-biskra.dz/1126/7/CAHPITRE%20V.pdf>

II.3 Présentation de cas d'étude :

Surface	116,25 m ²
Hauteur	4,05 m
Hauteur des fenêtres	1,40 *3,00 m
Surface cumulée des ouvertures	65,76 m ²
Type d'éclairage	Bilatéral
Forme	Trapézoïdale
Orientation	Plein sud

Tableau 1:Caractéristiques formelles et géométriques d'atelier de dessin
Source : Auteur

II.4 Outils de simulation :

II.4.1 ECOTECT 2011:

Logiciel de simulation complet qui associe un modéleur 3D avec des analyses solaires, thermiques, acoustiques et de coût.

ECOTECT est un outil d'analyse simple et qui donne des résultats très visuels. Le logiciel répond à ceci en fournissant la rétroaction visuelle et analytique, guidant



Figure 2:ECOTECT 2011
Source : Ecotect 2011

progressivement le processus de conception en attendant que les informations plus détaillées soient disponibles. Ses sorties étendus rendent également la validation finale de conception beaucoup plus simple en se connectant par interface à Radiance. ECOTECT est bon pour enseigner au débutant les concepts importants nécessaires pour la conception efficace de bâtiment .

II.4.2 RADIANCE:

Radiance est une suite d'outils pour effectuer une simulation d'éclairage. Il permet une définition très détaillée des propriétés des matériaux et des sources



Figure 3:Radiance
Source : Desktop Radiance

lumineuses grâce à l'utilisation de techniques avancées telles que les fichiers BRDF(Extension;acronyme anglais pour Bidirectional Réflectance Distribution Function) et IES (Extension ;Illuminating Engineering Society), ainsi qu'un puissant langage de script mathématique, résultant en des rendus précis de scènes qui sont généralement importées de modélisateurs CAO(la conception assistée par ordinateur et 3D).

II.5 Paramètres simulés:

➤ **Paramètres fixes :**

- ✓ La forme
- ✓ L'orientation
- ✓ La hauteur
- ✓ Les dimensions de l'espace

➤ **Paramètres variables :**

- ✓ Protections solaire
- ✓ Dimensions des ouvertures
- ✓ La forme du toit d'atrium (éclairage zénithal)
- ✓ Types de verres .

➤ **Paramètre mesuré :**

- ✓ Lumière naturelle suffisante et uniforme (confort visuel).

II.6 Norme de confort visuel :

Éclairage naturel bilatéral à privilégier orientation Nord-Sud afin d'éviter les ombres portées (droitiers-gauchers) et pour obtenir une lumière uniforme.

Espace	Éclairage (lux)	Indice d'uniformité U	FLJ(%)
Atelier de dessin	300 à 500	0,6	5

Tableau 2:caractéristique de lumière des Ateliers.
Source : feilo Sylvania, Solutions d'éclairage pour éducation.

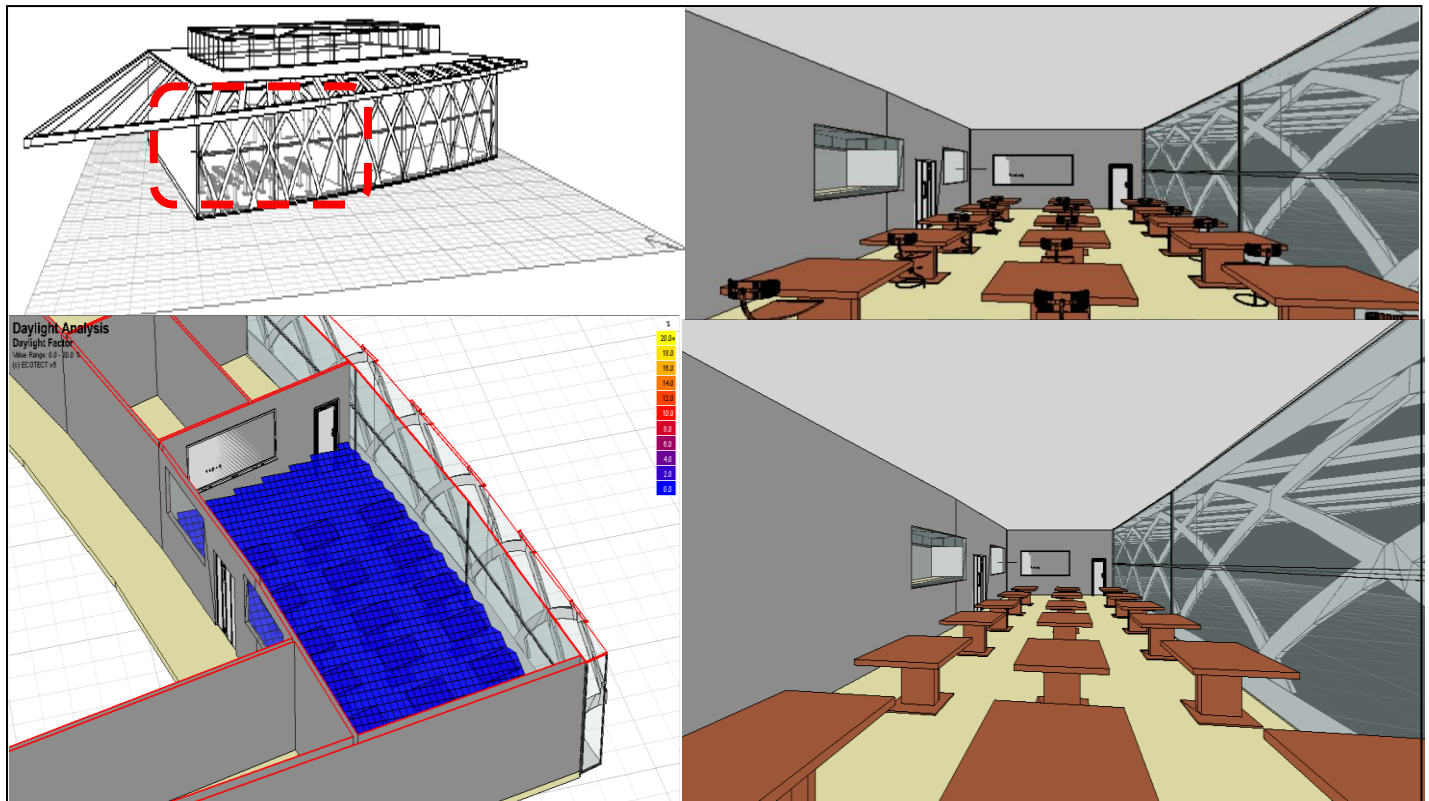


Figure 4: Modèles simplifiés avec ECOTECT2011
Source : Auteur

II.7 Périodes de simulation :

- Période hivernale : le 21 Décembre à 9h , 13h , 17h .
- Période estivales : le 21 Juin à 9h , 13h , 17h .

II.8 Évaluation numérique avec logiciel ECOTECT (cas initial) :

Toiture/ toit d'atrium plate / des fenêtres avec simple vitrage

II.8.1 Période hivernale :

➤ Cas de 21 décembre à 09:00 h:

Espace	Éclairément Min (Lux)	Éclairément Moy (Lux)	Éclairément Max (Lux)	FLJ (%)	Indice d'uniformité
Atelier de dessin	237,6	485,9	1412,4	11,98	0,5

Tableau 3: Éclairément lumineux intérieur , cas initial 21 Décembre à 9h Source : Auteur

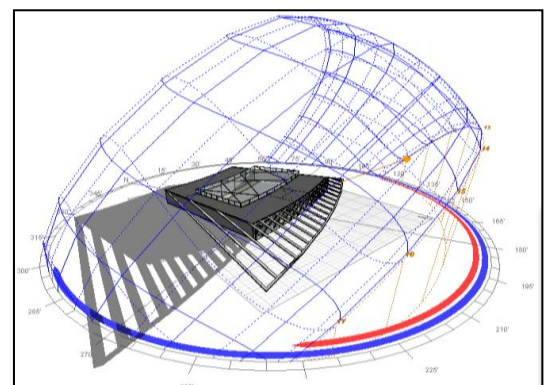


Figure 5: L'ombre en 21 décembre à 9h
Source : Auteur

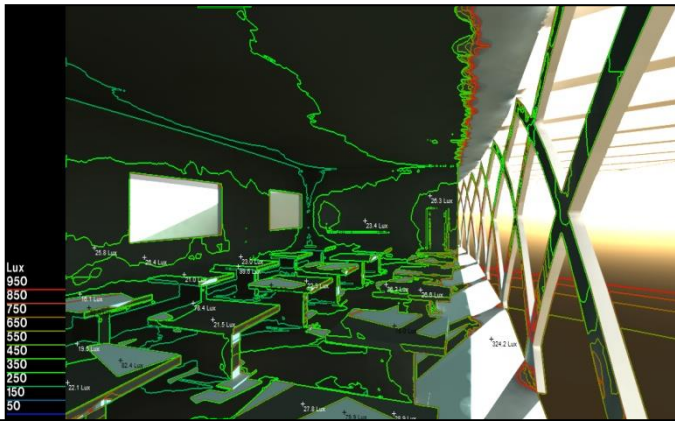


Figure 6: Rendu lignes de contour a ciel dégagé le 21/12 à 9h
Source : Auteur

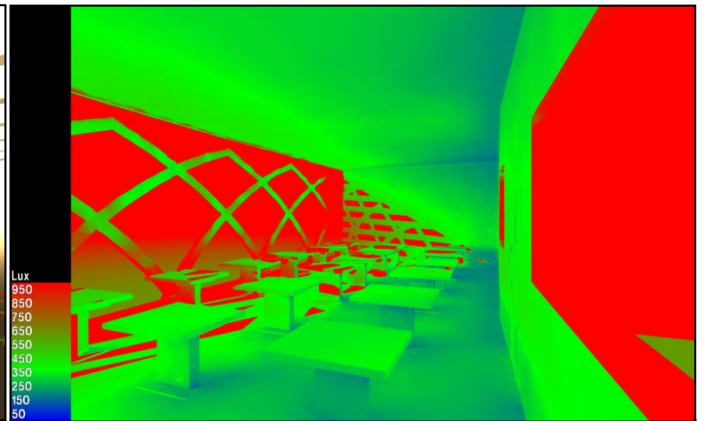


Figure 7: Rendu fausse couleur a ciel dégagé le 21/12 à 9h
Source : Auteur

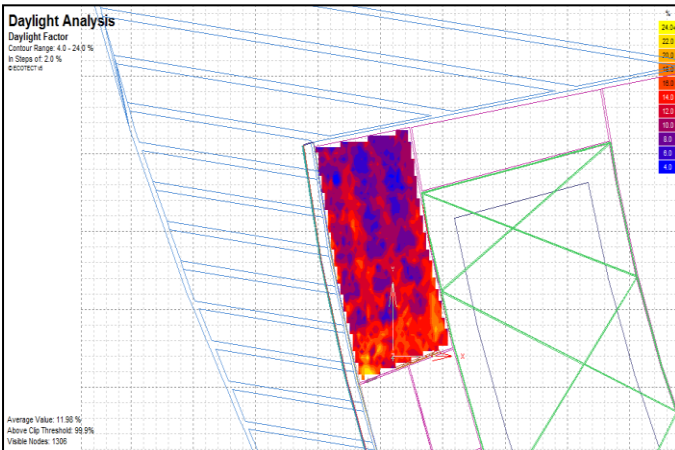


Figure 9: L'éclairément a ciel couvert le 21/12 à 9h
Source : Auteur

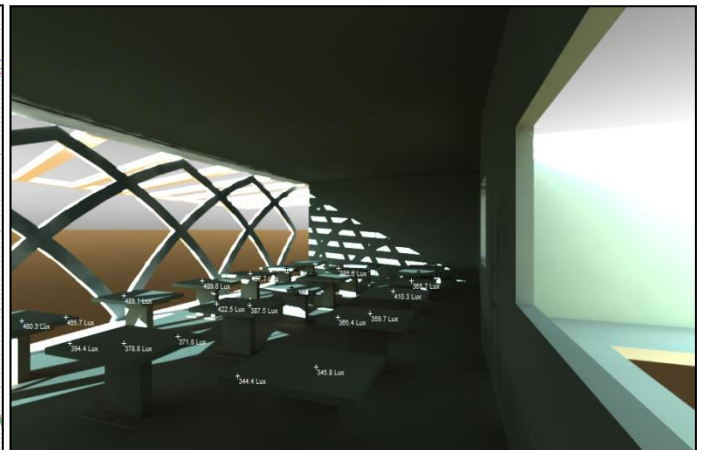


Figure 8: Vue intérieure d'atelier le 21/12 à 9h
Source : Auteur

• **Commentaire :**

D'après les résultats de la simulation on constate que le niveau d'éclairément le 21 Décembre à 09 h varie de 237,6 à 1412,4 Lux avec une moyenne de 485,9 Lux , un indice d'uniformité moyen 0,5 et le facteur du jour 11,98 % , ces niveaux sont supérieurs aux normes recommandées .

➤ **Cas de 21 décembre à 13:00 h:**

Espace	Éclairément Min (Lux)	Éclairément Moy (Lux)	Éclairément Max (Lux)	FLJ (%)	Indice d'uniformité
Atelier de dessin	1588,3	2208,9	11681,7	14,65	0,7

Tableau 4: Éclairément lumineux intérieur , cas initial 21 Décembre à 13h
Source : Auteur

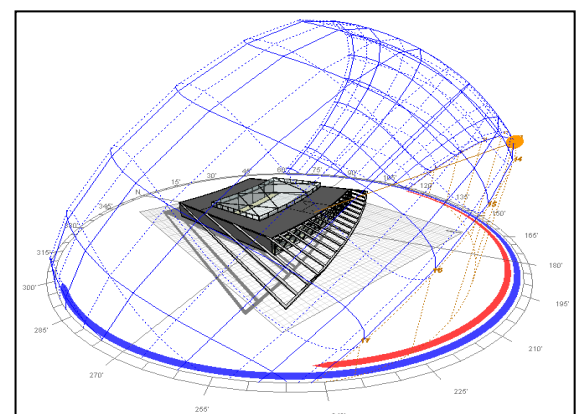


Figure 10: L'ombre en 21 décembre à 13 h
Source : Auteur

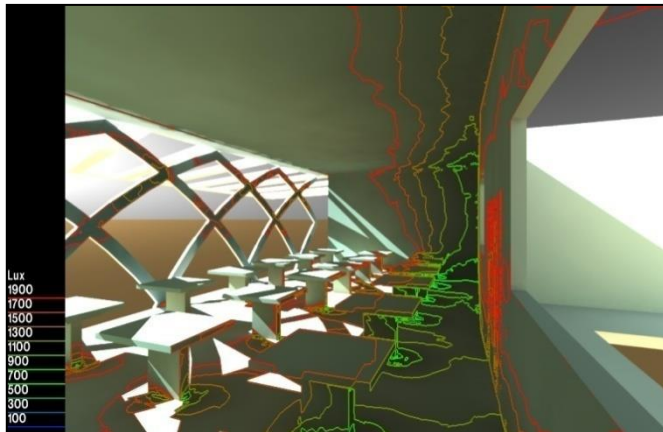


Figure 11: Rendu lignes de contour a ciel dégagé le 21/12 à 13h Source : Auteur

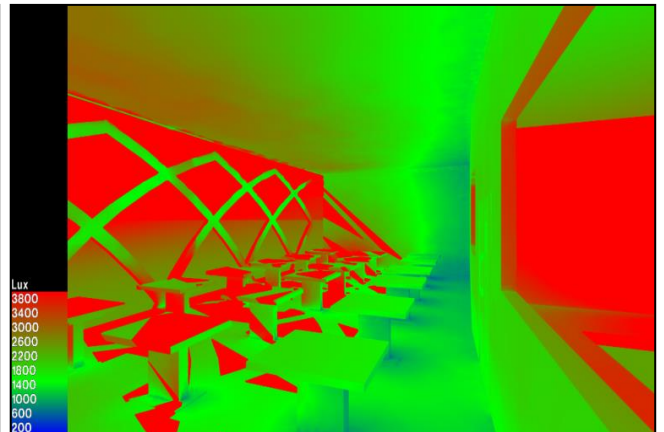


Figure 12: Rendu fausse couleur a ciel dégagé le 21/12 à 13h Source : Auteur

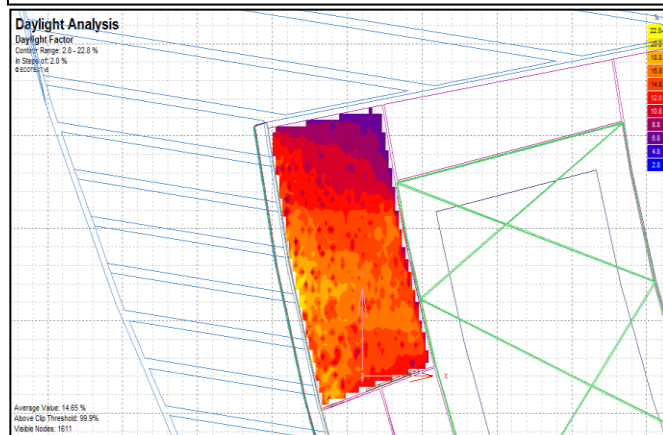


Figure 14: L'éclaircement a ciel couvert le 21/12 à 13h Source : Auteur

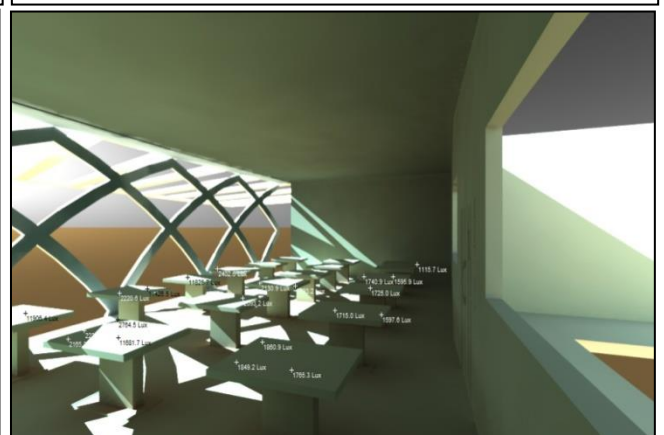


Figure 13: Vue intérieure d'atelier le 21/12 à 9h Source : Auteur

• **Commentaire :**

D'après les résultats de la simulation on constate que le niveau d'éclaircement le 21 Décembre à 13 h varie de 1588,3 à 11681,7Lux avec une moyenne de 2208,9 Lux un indice d'uniformité moyen 0,7 et le facteur du jour 14,65 % , ces niveaux sont supérieurs aux normes recommandées .

➤ **Cas de 21 décembre à 17:00 h:**

Espace	Éclaircement Min (Lux)	Éclaircement Moy (Lux)	Éclaircement Max (Lux)	FLJ (%)	Indice d'uniformité
Atelier de dessin	172,1	657,4	1020,7	7,15	0,3

Tableau 5: Éclaircement lumineux intérieur , cas initial 21 Décembre à 17h Source : Auteur

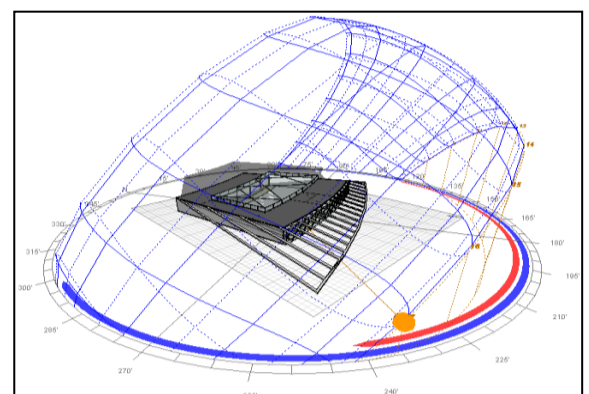


Figure 15: L'ombre en 21 décembre à 17h Source : Auteur

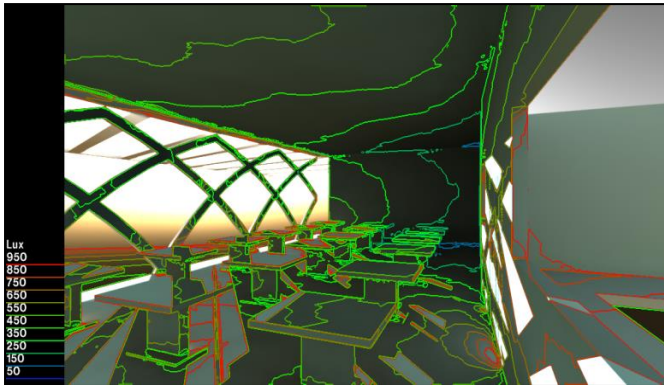


Figure 16: Rendu lignes de contour a ciel dégagé le 21/12 à 17h Source : Auteur

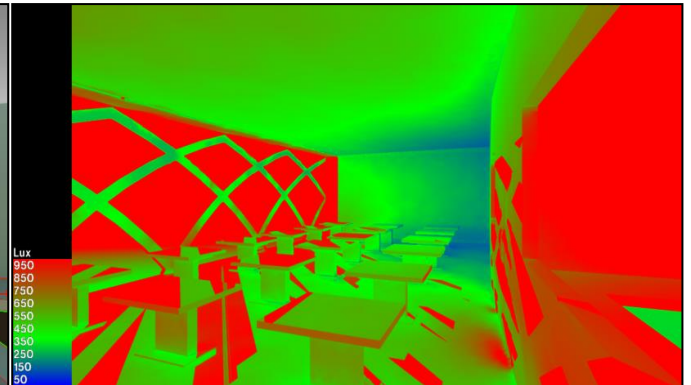


Figure 17: Rendu fausse couleur a ciel dégagé le 21/12 à 17h Source : Auteur

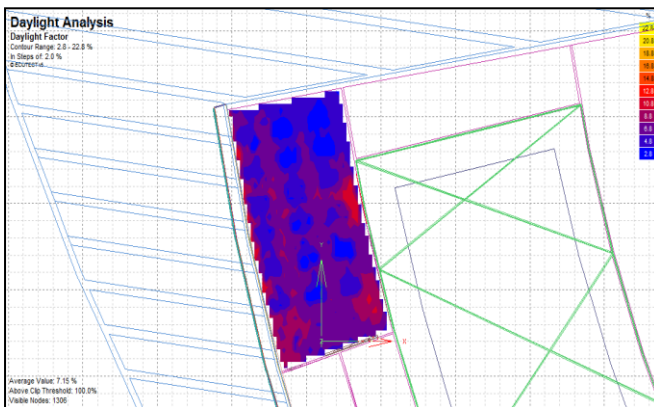


Figure 18: L'éclairciment a ciel couvert le 21/12 à 17h Source : Auteur

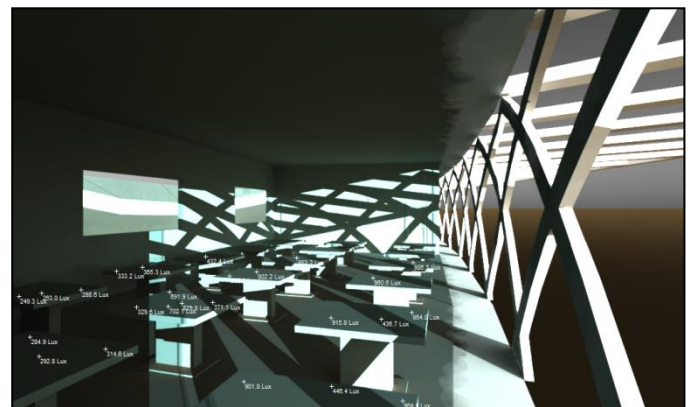


Figure 19: Vue intérieure d'atelier dégagé le 21/12 à 17h Source : Auteur

• **Commentaire :**

D'après les résultats de la simulation on constate que le niveau d'éclairciment le 21 Décembre à 17 h varie de 172,1 à 1020,7 Lux avec une moyenne de 657,4 Lux, un indice d'uniformité moyen 0,3 et le facteur du jour 7,1 % , ces niveaux sont aux normes recommandées .

II.8.2 Période estivale :

➤ **Cas de 21 Juin à 09:00 h:**

Espace	Éclairciment Min (Lux)	Éclairciment Moy (Lux)	Éclairciment Max (Lux)	FLJ (%)	Indice d'uniformité
Atelier de dessin	572,9	848,3	1536,3	12,08	0,7

Tableau 6: Éclairciment lumineux intérieur , cas initial 21 Juin à 09h Source : Auteur

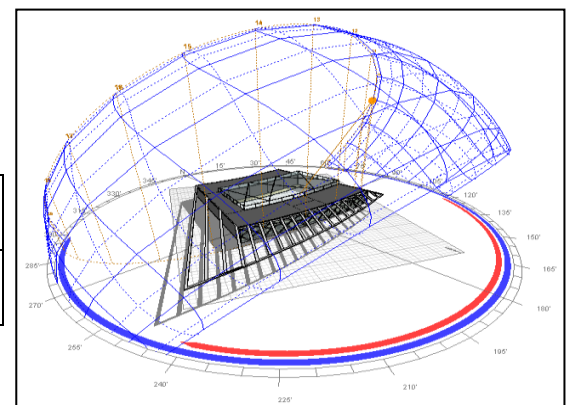


Figure 20: L'ombre en 21 Juin à 9h Source : Auteur

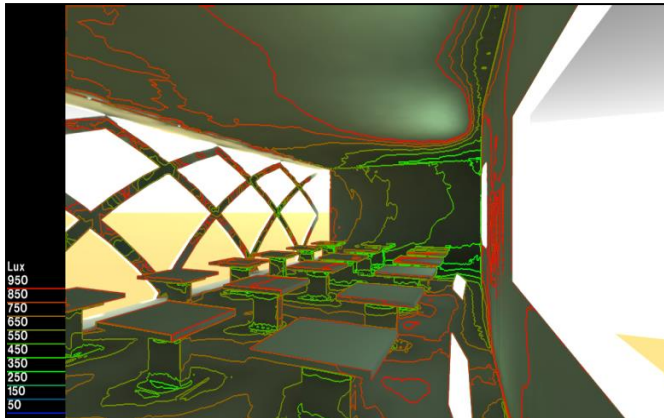


Figure 22: Rendu lignes de contour a ciel dégagé le 21/06 à 09h Source : Auteur

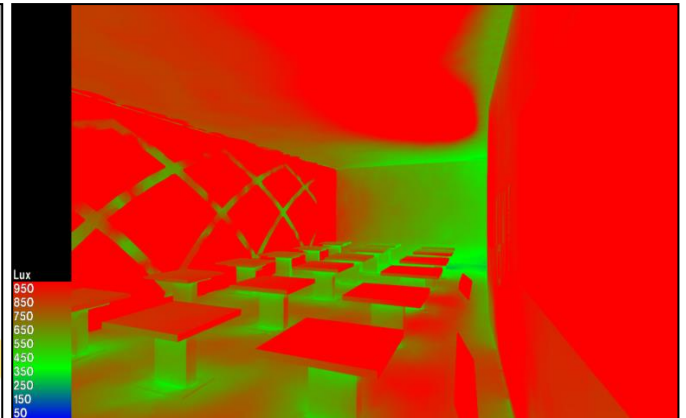


Figure 21: Rendu fausse couleur a ciel dégagé le 21/06 à 09h Source : Auteur

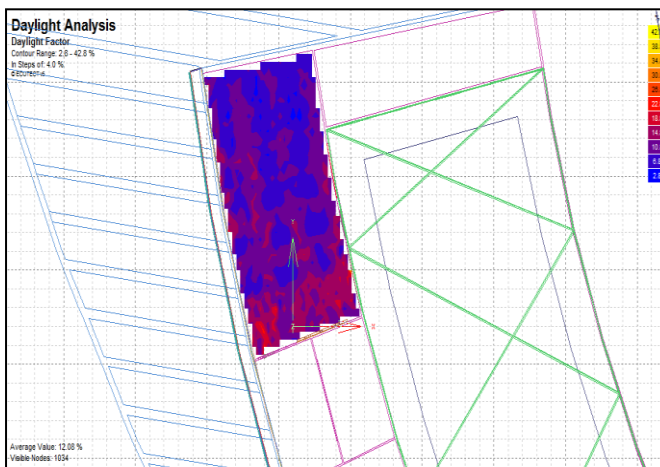


Figure 23: L'éclaircement a ciel couvert le 21/06 à 09h Source : Auteur

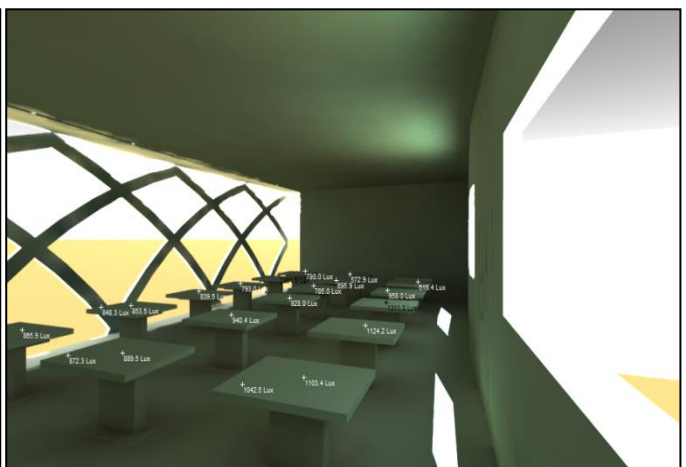


Figure 24: Vue intérieure d'atelier le 21/06 à 09h Source : Auteur

• **Commentaire :**

D'après les résultats de la simulation on constate que le niveau d'éclaircement le 21 Juin à 09 h varie de 572,9à 1536,3 Lux avec une moyenne de 848,3 Lux , un indice d'uniformité moyen 0,7 et le facteur du jour 12,08 % , ces niveaux sont supérieurs aux normes recommandées .

➤ **Cas de 21 Juin à 13:00 h:**

Espace	Éclaircement Min (Lux)	Éclaircement Moy (Lux)	Éclaircement Max (Lux)	FLJ (%)	Indice d'uniformité
Atelier de dessin	687,0	1104,4	1550,6	9,51	0,6

Tableau 7:Éclaircement lumineux intérieur , cas initial 21 Juin à 13h Source : Auteur

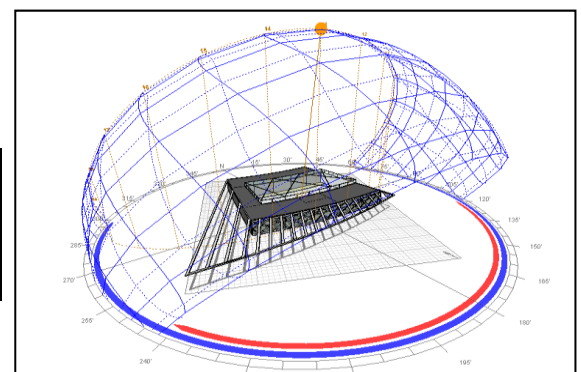


Figure 25: L'ombre en 21 Juin à 13 h Source : Auteur

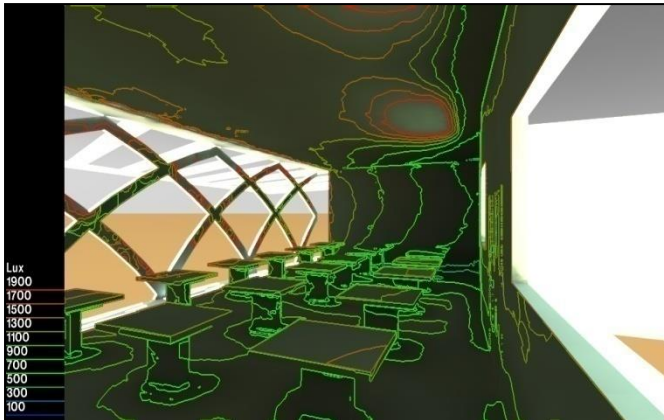


Figure 26: Rendu lignes de contour a ciel dégagé le 21/06 à 13h Source : Auteur

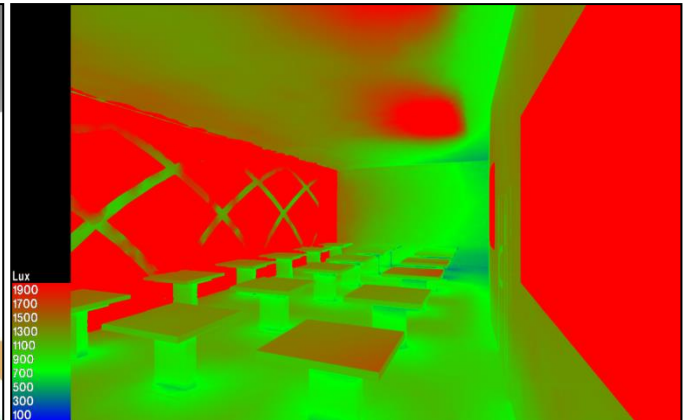


Figure 27: Rendu fausse couleur a ciel dégagé le 21/06 à 13h Source : Auteur

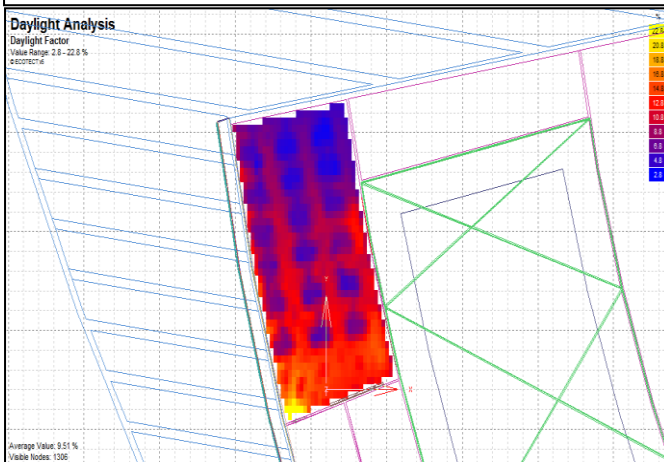


Figure 29: L'éclairément a ciel couvert le 21/06 à 13h Source : Auteur

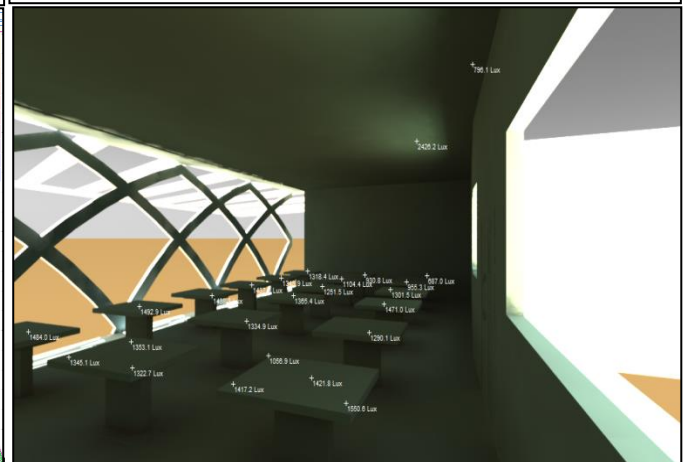


Figure 28: Vue intérieure d'atelier le 21/06 à 13h Source : Auteur

• **Commentaire :**

D'après les résultats de la simulation on constate que le niveau d'éclairément le 21 Juin à 13 h varie de 687,0 à 1550,6 Lux avec une moyenne de 1104,4 Lux, un indice d'uniformité moyen 0,6 et le facteur du jour 09,51 % , ces niveaux sont supérieurs aux normes recommandées .

➤ **Cas de 21 Juin à 17:00 h:**

Espace	Éclairément Min (Lux)	Éclairément Moy (Lux)	Éclairément Max (Lux)	FLJ (%)	Indice d'uniformité
Atelier de dessin	349,6	610,9	1266,6	13,34	0,6

Tableau 8:Éclairément lumineux intérieur , cas initial 21 Juin à 17h

Source : Auteur

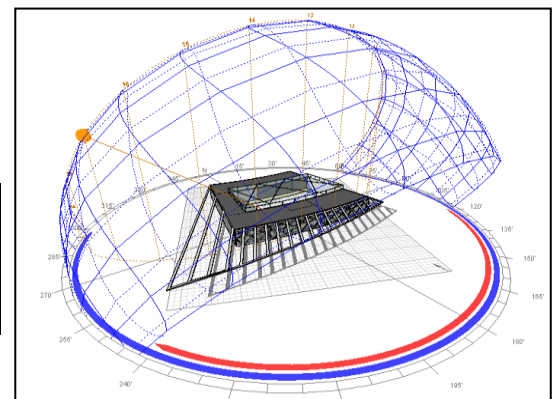


Figure 30: L'ombre en 21 Juin à 17 h Source : Auteur

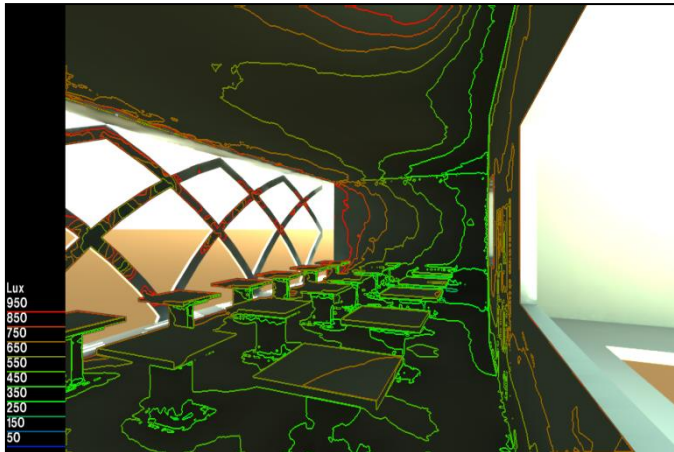


Figure 31: Rendu lignes de contour a ciel dégagé le 21/06 à 17h Source : Auteur

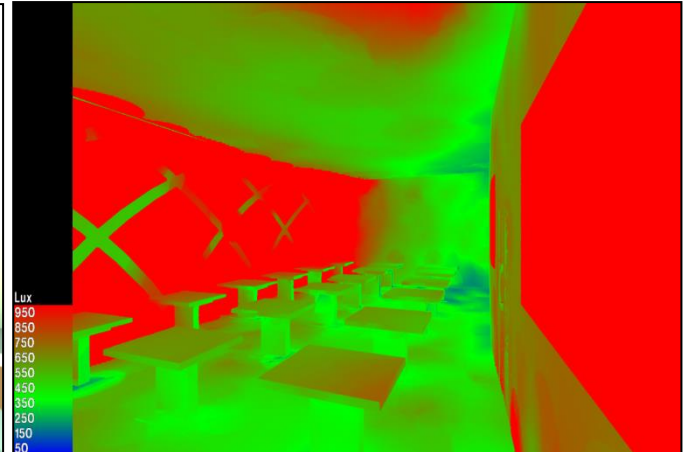


Figure 32: Rendu fausse couleur a ciel dégagé le 21/06 à 17h Source : Auteur

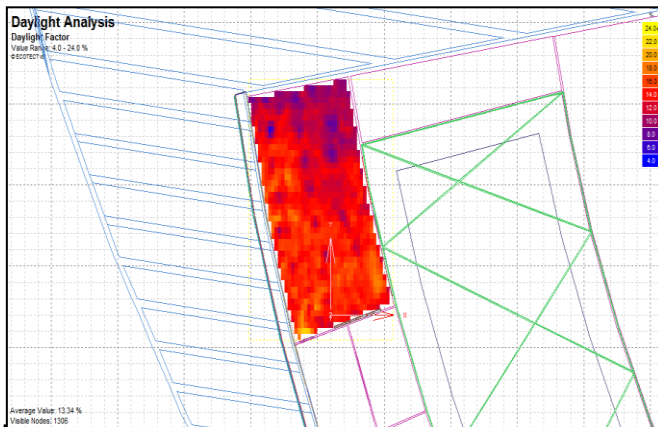


Figure 33: L'éclairciment a ciel couvert le 21/06 à 17h Source : Auteur

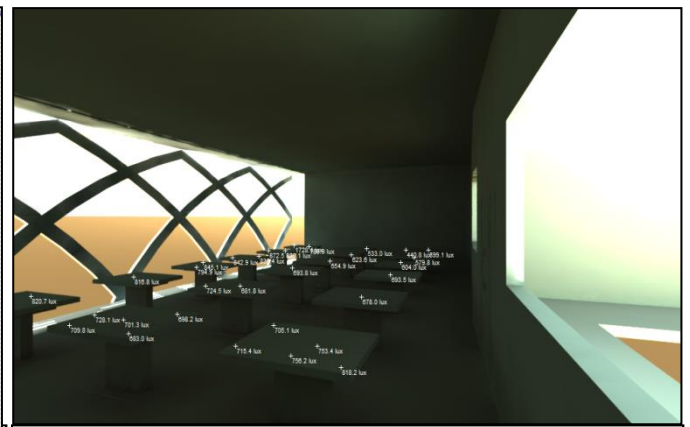


Figure 34: Vue intérieure d'atelier le 21/06 à 17h Source : Auteur

• **Commentaire :**

D'après les résultats de la simulation on constate que le niveau d'éclairciment le 21 Juin à 17 h varie de 349,6 à 1266,6 Lux avec une moyenne de 610,9 Lux , un indice d'uniformité moyen 0,6 et le facteur du jour 13,34 % , ces niveaux sont supérieurs aux normes recommandées .

✓ **Discussion :**

Les premiers résultats obtenus à travers l'évaluation numérique ont montrés que l'espace étudié n'est pas confronté aux normes recommandées pour tel un espace .On remarque la présence des gênes visuelles partout, et les taches solaires dans une surface importante de l'espace , ce qu'il engendre des parties trop éclairées et d'autre très sombres et dans ce cas- là le confort visuel n'est pas atteint.

Et pour la correction et l'amélioration du confort visuel dans l'atelier de dessin on a procédé à des solutions techniques et a des modifications comme suit :

- Redimensionnement les ouvertures (par l'ajout des impostes en haut de l'espace) pour faire une équivalence entre la lumière directe qui pénètre par le mur rideau et les fenêtres et pour éviter l'effet d'éblouissement .
- Changer la forme du toit d'atrium (par une forme inclinée) et la translucidité de verre (de 0,7 à 0,5) .
- Toiture opaque (coté sud).
- changer le type de verre de simple vitrage a double vitrage.

II.9 Évaluation numérique (cas amélioré 1):

Ajoute des impostes (simple vitrage) /forme d'atrium inclinée / Toiture opaque.

➤ **Cas de 21 décembre à 09:00 h:**

Espace	Éclairémin (Lux)	Éclairémoy (Lux)	Éclairémax (Lux)
Atelier de dessin	177,1	314	980,3

Tableau 9: Éclairémin lumineux intérieur , cas amélioré (1) 21 Décembre à 9h

Source : Auteur

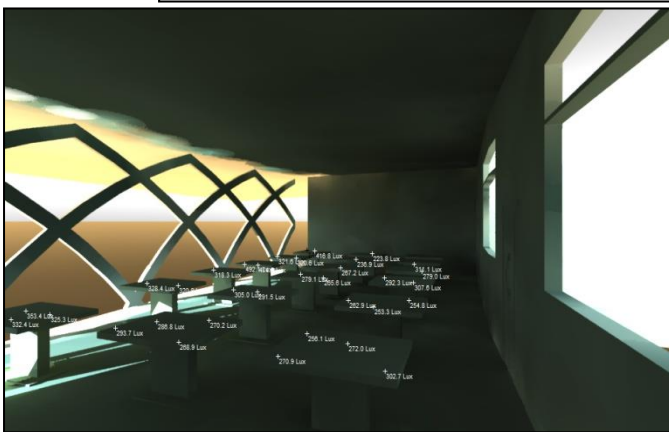


Figure 35: Vue intérieure d'atelier le 21/12 à 09h
Source : Auteur

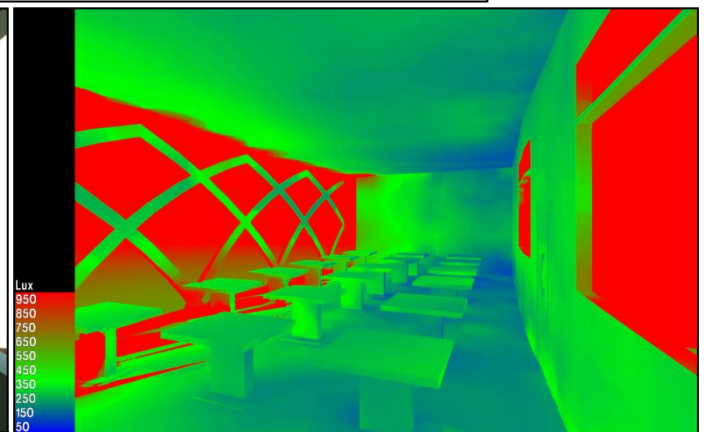


Figure 36: Rendu fausse couleur a ciel dégagé le 21/12à 09h
Source : Auteur

• **Commentaire :**

D'après les résultats de la simulation on constate que le niveau d'éclairémin le 21 décembre à 09 h varie de 177,1 à 980,3 Lux avec une moyenne de 314 Lux, ces niveaux sont inférieurs aux normes recommandées .

➤ **Cas de 21 décembre à 13:00 h:**

Espace	Éclairage Min (Lux)	Éclairage Moy (Lux)	Éclairage Max (Lux)
Atelier de dessin	427,7	655,5	1018,3

Tableau 10: Éclairage lumineux intérieur , cas amélioré (1) 21 Décembre à 13h
Source : Auteur

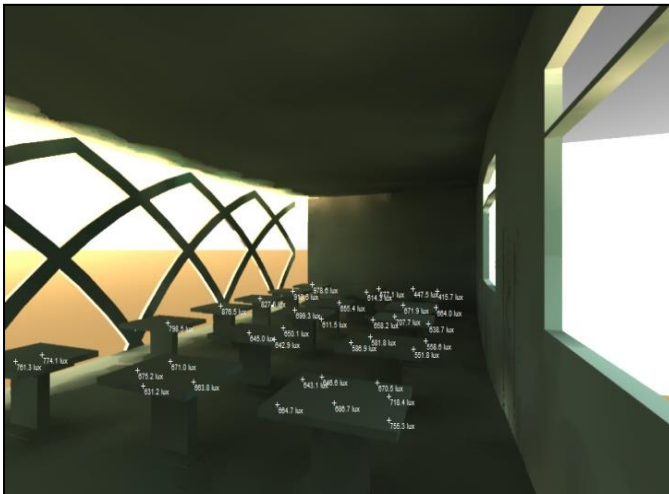


Figure 38: Vue intérieure d'atelier le 21/12 à 13h
Source : Auteur

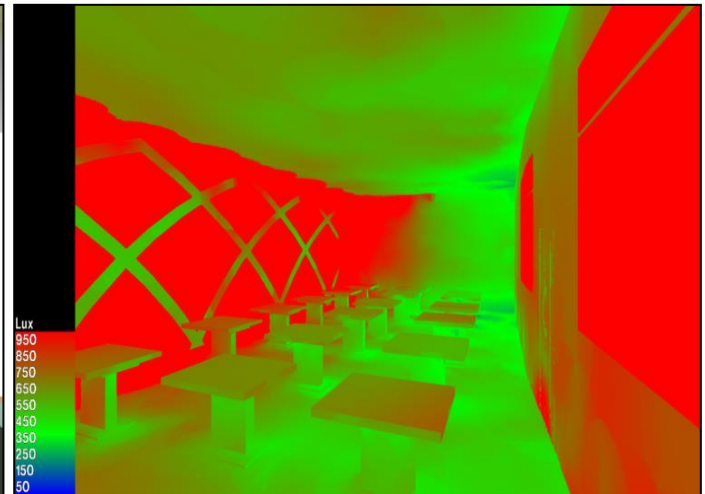


Figure 37: Rendu fausse couleur à ciel dégagé le 21/12 à 13h
Source : Auteur

• **Commentaire :**

D'après les résultats de la simulation on constate que le niveau d'éclairage le 21 décembre à 13 h varie de 427,7 à 1018,3 Lux avec une moyenne de 655,5 Lux, ces niveaux sont aux normes recommandées .

➤ **Cas de 21 décembre à 17:00 h:**

Espace	Éclairage Min (Lux)	Éclairage Moy (Lux)	Éclairage Max (Lux)
Atelier de dessin	151	618,8	1245,7

Tableau 11: Éclairage lumineux intérieur , cas amélioré (1) 21 Décembre à 17h
Source : Auteur

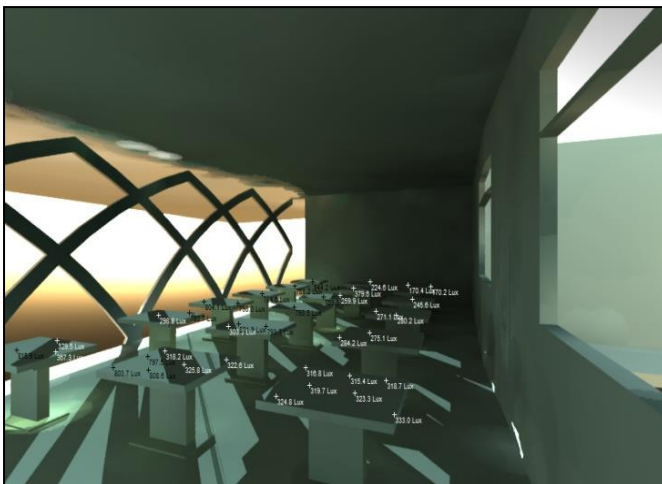


Figure 39: Vue intérieure d'atelier le 21/12 à 17h
Source : Auteur

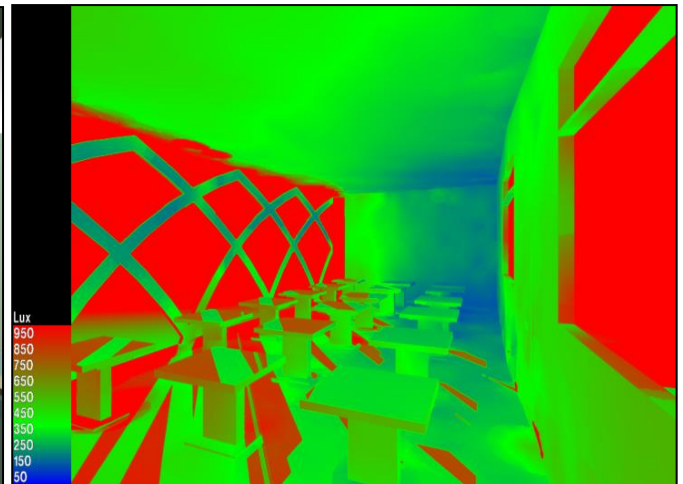


Figure 40: Rendu fausse couleur a ciel dégagé le 21/12à 17 h Source : Auteur

• **Commentaire :**

D'après les résultats de la simulation on constate que le niveau d'éclairément le 21 décembre à 17 h varie de 151 à 1245,7 Lux avec une moyenne de 618,8 Lux, ces niveaux sont supérieures aux normes recommandées .

➤ **Cas de 21 juin à 09:00 h:**

Espace	Éclairément Min (Lux)	Éclairément Moy (Lux)	Éclairément Max (Lux)
Atelier de dessin	472,6	694,9	1065

Tableau 12: Éclairément lumineux intérieur , cas amélioré (1) 21 Juin à 9h

Source : Auteur

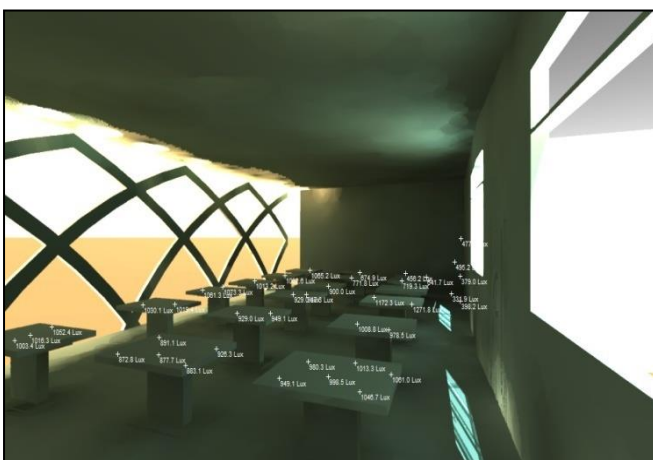


Figure 42: Vue intérieure d'atelier le 21/12 à 17h
Source : Auteur

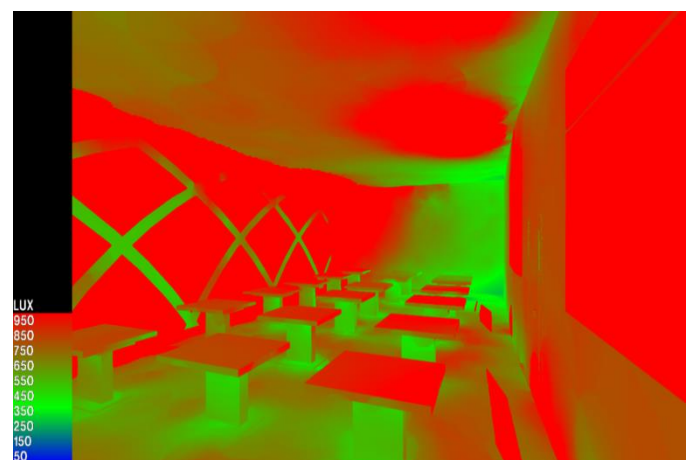


Figure 41: Rendu fausse couleur a ciel dégagé le 21/12à 17 h Source : Auteur

• **Commentaire :**

D'après les résultats de la simulation on constate que le niveau d'éclairéme nt le 21 Juin à 09 h varie de 472,6 à 1316 Lux avec une moyenne de 704,7 Lux, ces niveaux sont supérieurs aux normes recommandées.

➤ **Cas de 21 juin à 13:00 h:**

Es pace	Éclairéme nt Min (Lux)	Éclairéme nt Moy (Lux)	Éclairéme nt Max (Lux)
Atelier de dessin	617,3	865	1400

Tableau 13: Éclairéme nt lumineux intérieur, cas amélioré (1) 21 Juin à 13h

Source : Auteur



Figure 44: Vue intérieure d'atelier le 21/12 à 17h
Source : Auteur

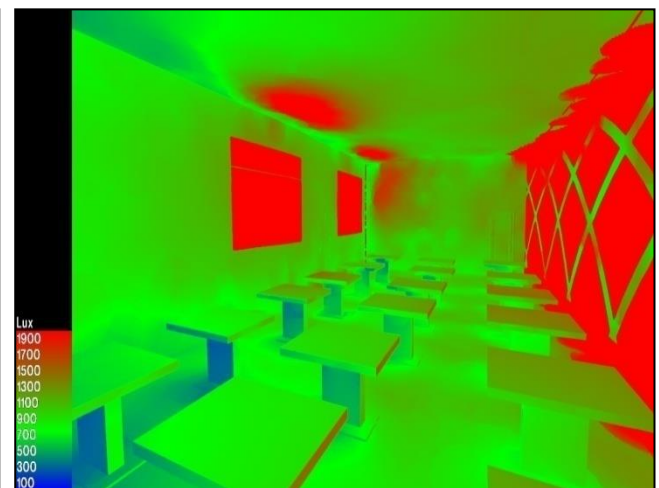


Figure 43: Rendu fausse couleur à ciel dégagé le 21/12 à 17h
Source : Auteur

• **Commentaire :**

D'après les résultats de la simulation on constate que le niveau d'éclairéme nt le 21 Juin à 13 h varie de 617,3 à 1400 Lux avec une moyenne de 865 Lux, ces niveaux sont supérieurs aux normes recommandées.

➤ **Cas de 21 juin à 17:00 h:**

Es pace	Éclairéme nt Min (Lux)	Éclairéme nt Moy (Lux)	Éclairéme nt Max (Lux)
Atelier de dessin	333,6	535	908,9

Tableau 14: Éclairéme nt lumineux intérieur , cas amélioré (1) 21 Juin à 17h

Source : Auteur



Figure 45: Vue intérieure d'atelier le 21/06 à 17h
Source : Auteur

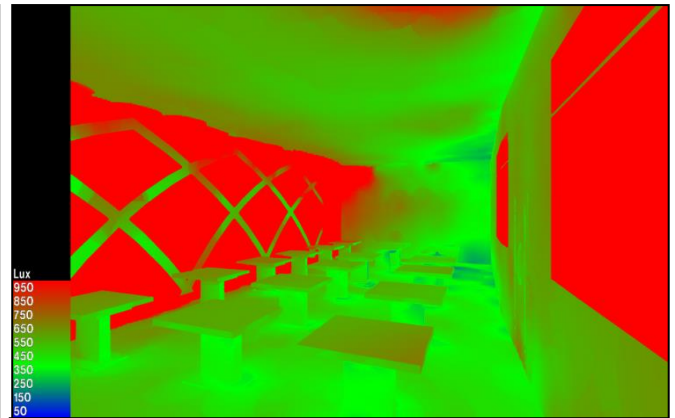


Figure 46: Rendu fausse couleur a ciel dégagé le 21/06à 17 h
Source : Auteur

• **Commentaire :**

D'après les résultats de la simulation on constate que le niveau d'éclairément le 21 Juin à 17 h varie de 333,6 à 908,9 Lux avec une moyenne de 535,1Lux, ces niveaux sont aux normes recommandées.

➤ **Discussion :**

21 Décembre	Éclairément (Lux)		
	Min	Moy	Max
09h	177,1	314	980,3
13h	427,7	655,5	1018,3
17h	151	618,8	1245,7

Tableau 15: Ambiances lumineuses , cas amélioré 1, 21 décembre 09h,13h, 17h

Source : Auteur

21 Juin	Éclairément (Lux)		
	Min	Moy	Max
09h	472,6	694,9	1065
13h	617,3	865	1400
17h	333,6	535	908,9

Tableau 16: Ambiances lumineuses , cas amélioré 1, 21 juin 09h,13h, 17h

Source : Auteur

D'après les simulations effectuées on remarque des diminutions sur l'éclairément dans l'atelier comparant par les résultats du cas initial, c'est grâce aux solutions appliques dans la 2^{ème} simulation (cas amélioré 1) , mais les valeurs restent supérieurs aux normes recommandées .

CAS AMÉLIORE 2: Ajout des impostes (Double vitrage) /forme d'atrium inclinée(translucidité du verre de 0,5) / Toiture opaque.

➤ **Cas de 21 décembre à 09:00 h:**

Espace	Éclairage Min (Lux)	Éclairage Moy (Lux)	Éclairage Max (Lux)
Atelier de dessin	141,4	319	374,1

Tableau 17: Éclairage lumineux intérieur , cas amélioré (2) 21 Décembre à 9h

Source : Auteur



Figure 47: Vue intérieure d'atelier le 21/12 à 17h
Source : Auteur

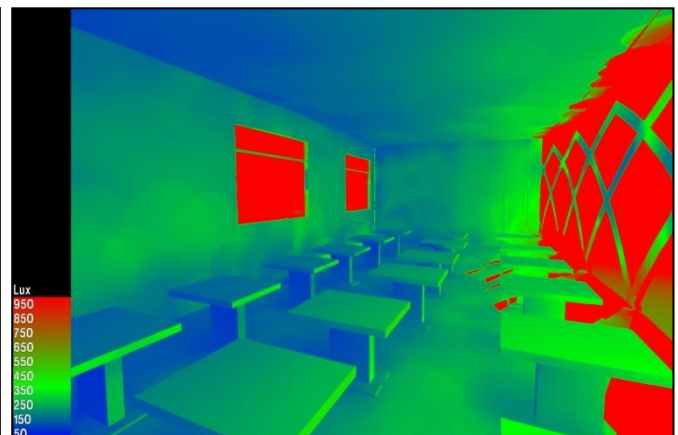


Figure 48: Rendu fausse couleur a ciel dégagé le 21/12 à 17 h
Source : Auteur

• **Commentaire :**

D'après les résultats de la simulation on constate que le niveau d'éclairage le 21 décembre à 09 h varie de 141,4 à 374,1Lux avec une moyenne de 319 Lux, ces niveaux sont inférieurs aux normes recommandées .

➤ **Cas de 21 décembre à 13:00 h:**

Espace	Éclairage Min (Lux)	Éclairage Moy (Lux)	Éclairage Max (Lux)
Atelier de dessin	284,5	500,1	741,4

Tableau 18: Éclairage lumineux intérieur , cas amélioré (2) 21 Décembre à 13h

Source : Auteur



Figure 49: Vue intérieure d'atelier le 21/12 à 13h
Source : Auteur

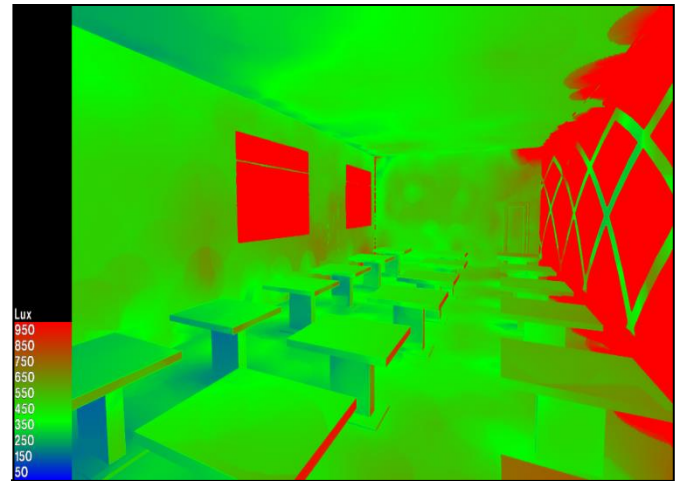


Figure 50: Rendu fausse couleur a ciel dégagé le 21/12à 13 h
Source : Auteur

• **Commentaire :**

D'après les résultats de la simulation on constate que le niveau d'éclairément le 21 Juin à 13 h varie de 284,5 à 741,4Lux avec une moyenne de 500,1Lux, ces niveaux sont aux normes recommandées .

➤ **Cas de 21 décembre à 17:00 h:**

Espace	Éclairément Min (Lux)	Éclairément Moy (Lux)	Éclairément Max (Lux)
Atelier de dessin	124,2	570	657,1

Tableau 19: Éclairément lumineux intérieur , cas amélioré (2) 21 Décembre à 17h

Source : Auteur

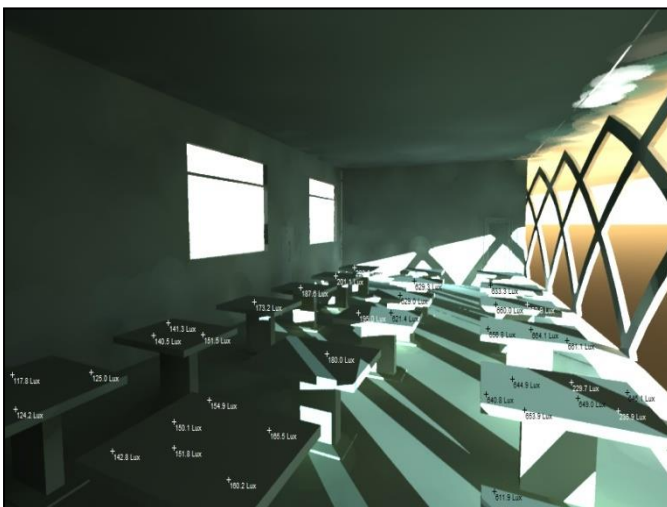


Figure 52: Vue intérieure d'atelier le 21/12 à 17h
Source : Auteur

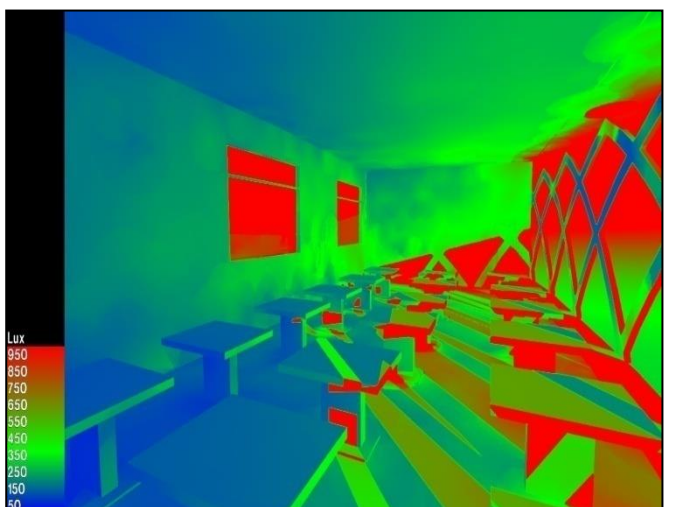


Figure 51: Rendu fausse couleur a ciel dégagé le 21/12à 17 h
Source : Auteur

• **Commentaire :**

D'après les résultats de la simulation on constate que le niveau d'éclairément le 21 Juin à 13 h varie de 124,2 à 657,1 Lux avec une moyenne de 570 Lux, ces niveaux sont inférieurs aux normes recommandées .

➤ **Cas de 21 juin à 09:00 h:**

Espace	Éclairément Min (Lux)	Éclairément Moy (Lux)	Éclairément Max (Lux)
Atelier de dessin	321,8	500,3	866,4

Tableau 20: Éclairément lumineux intérieur , cas amélioré (2) 21 Juin à 9h

Source : Auteur



Figure 54: Vue intérieure d'atelier le 21/06 à 17h
Source : Auteur

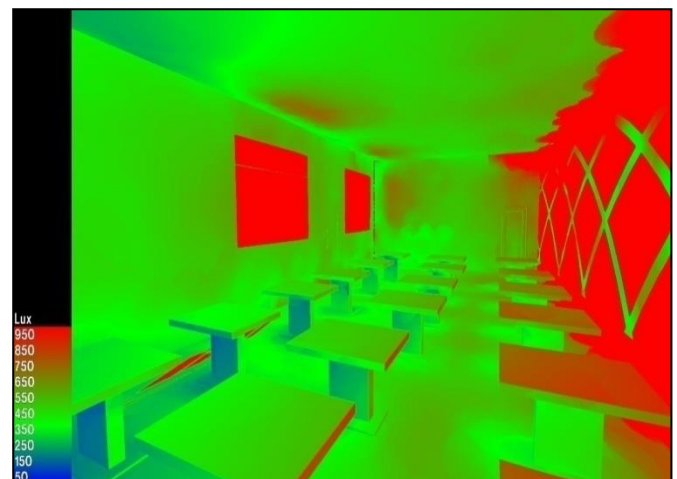


Figure 53: Rendu fausse couleur à ciel dégagé le 21/06 à 17 h
Source : Auteur

• **Commentaire :**

D'après les résultats de la simulation on constate que le niveau d'éclairément le 21 Juin à 09 h varie de 321,8 à 866,4 Lux avec une moyenne de 500,3 Lux, ces niveaux sont aux normes recommandées .

➤ **Cas de 21 juin à 13:00 h:**

Espace	Éclairément Min (Lux)	Éclairément Moy (Lux)	Éclairément Max (Lux)
Atelier de dessin	488,8	597	1193,6

Tableau 21: Éclairément lumineux intérieur , cas amélioré (2) 21 Juin à 13h

Source : Auteur



Figure 56: Vue intérieure d'atelier le 21/06 à 13h
Source : Auteur

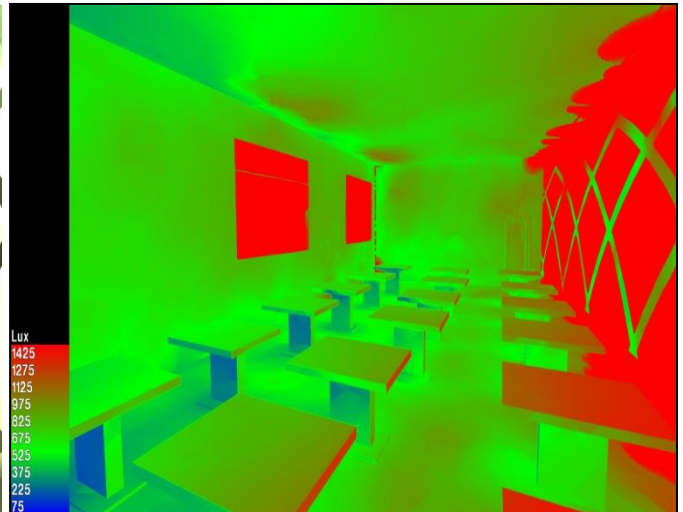


Figure 55: Rendu fausse couleur a ciel dégagé le 21/06à 13 h Source : Auteur

• **Commentaire :**

D'après les résultats de la simulation on constate que le niveau d'éclairément le 21 Juin à 13 h varie de 488,8 à 1193,6 Lux avec une moyenne de 597 Lux, ces niveaux sont supérieurs aux normes recommandées .

➤ **Cas de 21 juin à 17:00 h:**

Espace	Éclairément Min (Lux)	Éclairément Moy (Lux)	Éclairément Max (Lux)
Atelier de dessin	297,3	509,1	714,3

Tableau 22: Éclairément lumineux intérieur , cas amélioré (2) 21 Juin à 17h

Source : Auteur



Figure 58: Vue intérieure d'atelier le 21/06 à 17h
Source : Auteur

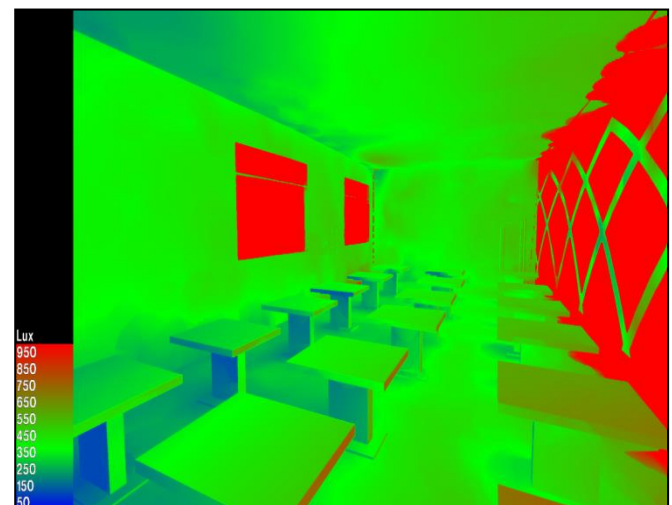


Figure 57: Rendu fausse couleur a ciel dégagé le 21/06à 17 h Source : Auteur

- **Commentaire :**

D'après les résultats de la simulation on constate que le niveau d'éclairage le 21 Juin à 13 h varie de 297,3 à 714,3 Lux avec une moyenne de 509,1 Lux, ces niveaux sont aux normes recommandées .

- **Discussion :**

21 Décembre	Éclairage (Lux)		
	Min	Moy	Max
09h	141,4	319	374,1
13h	284,5	500,1	741,4
17h	124,2	570	657,1

Tableau 23: Ambiances lumineuses , cas amélioré 2, 21 décembre 09h,13h, 17h

Source : Auteur

21 Juin	Éclairage (Lux)		
	Min	Moy	Max
09h	321,8	500,3	866,4
13h	488,8	597	1193,6
17h	297,3	509,1	714,3

Tableau 24: Ambiances lumineuses , cas amélioré 2, 21 juin 09h,13h, 17h

Source : Auteur

D'après les simulations effectuées on remarque des diminutions sur l'éclairage dans l'atelier en comparant par les résultats du cas initial et le cas amélioré 1 ,c'est grâce aux solutions appliquées dans la 3^{ème} simulation (cas amélioré 3) , mais les valeurs d'hiver (21Décembre) sont aux normes recommandées et on observe que les valeurs en été (21 Juin) sont supérieures par rapport à l'hiver .

III SYNTHÈSE:

L'évaluation numérique nous a permis de connaître les différents outils de simulations pour tester les indicateurs liés à l'éclairage naturel et la vue sur l'extérieur.

En ce qui concerne les performances en éclairage naturel on a utilisé le logiciel Radiance pour sa large utilisation dans le domaine de l'éclairage à cause de ses résultats proches à la réalité .

L'intégration d'atrium dans le projet permet de bénéficier plus d'éclairage naturel et concernant la forme du toit d'atrium la forme inclinée augmente la pénétration de la lumière naturelle mieux que la forme plate (cas initial) . Le choix du vitrage affecte la lumière naturelle, les gains solaires et les pertes de chaleur, mais peut aussi réduire l'éclairage et dans notre cas la translucidité de verre moyenne (50 %) a donner des résultats acceptables et suffisantes par rapport aux résultats d' utilisation du translucidité forte (70 %).



**CONCLUSION
GENERALE**

I CONCLUSION GENERALE :

Dans cette recherche on a présenté notre projet de fin d'étude de l'année 2014 , intitulé la conception d'une école d'architecture bioclimatique à la ville de Laghouat , qui est caractériser par un climat chaud et aride , dont on a adapté les principes bioclimatiques dans la conception de cette école (l'orientation , l'aération , l'éclairage naturel , végétation et la consommation d'énergie,..) et on a pris en considération les avantages et les contraintes environnementales du bâti pour que le projet soit le plus économique possible en matière d'éclairage de chauffage et la climatisation.

L'objectif pour cette recherche c'est d'améliorer le confort visuel à l'intérieur de l'école d'architecture et pour cela on a choisi l'espace le plus important qui nécessite un éclairage soigneusement étudié qui est l'atelier de dessin , dans ce dernier ,une lumière confortable non éblouissante , offre un confort pour l'œil et des conditions des perceptions optimales des étudiants , donc le but de cette recherche c'est d'atteindre le confort visuel par la diminution d'éblouissement et d'offrir un éclairage naturel uniforme à l'intérieur de cet espace . La partie théorique de ce travail présente l'architecture durable avec ces enjeux, l'étude du confort visuel et ces paramètres qui sont directement liés à la fenêtre et ces caractéristiques, les stratégies de la lumière naturelle et ces systèmes de gestion.

Dans le deuxième chapitre on a analysé quelques exemples pour rendre plus clair les techniques et les solutions utilisées dans des projets qui ont les mêmes objectifs, ensuite on a présenté globalement le projet et les principes bioclimatiques adaptés. Après, on a terminé par le dernier chapitre de simulation numérique avec les recommandations et les solutions d'améliorations de cas d'étude.

II Discussion des hypothèses et conclusion partielle :

D'après les résultats obtenus par la simulation numérique pour l'atelier de dessin on observe que l'éclairement moyen et les niveaux de luminance calculés ne sont pas conforme aux normes recommandées pendant les différentes périodes de l'année , donc on aura des problèmes sur la quantité d'éclairage , une répartition d'éclairage naturel non

uniforme avec la présence des taches sur les plans de travail dans le côté sud qui a engendré un obstacle d'éblouissement pour les étudiants. Alors avec ces résultats on confirme les hypothèses du départ:

- L'inconfort visuel dans les espaces d'enseignement d'architecture pourrait être le résultat d'une orientation des espaces non étudiée (tel que les ateliers de dessin) et/ou d'une pénétration non contrôlée de la lumière naturelle.
- Les protections solaires semblent utiles pour améliorer le confort visuel des étudiants tels que les toitures, les brises solaires, les écrans verticaux au niveau des façades, light shelves , les matériaux verriers .
- L'atrium et les ouvertures (coté d'atrium) sont des solutions fiables pour augmenter la pénétration d'éclairage naturel.

L'impact des dimensions des ouvertures et l'orientation sur l'efficacité d'éclairage naturel et le confort visuel sur les utilisateurs d'espace .d'après les résultats de la simulation on observe que la lumière reçue a travers le mur rideau orienté vers le sud est excessive par rapport aux ouvertures orientées vers le Nord qui reçoivent une quantité de lumière naturelle faible et insuffisante donc on aura un coté dans l'espace étudié (coté Nord) plus sombre que l'autre coté (coté Sud) qui pose un problème d'éblouissement et de fatigue visuel pour les étudiants .

Concernent les stratégies d'éclairage naturel , de confort visuel et leur intégrations dans les écoles d'architecture on constate que l'architecte a un rôle important dans le processus de la production d'un espace d'enseignements avec une conception soigneusement faite pour faciliter les activités dans cette établissement et aussi pour les utilisateurs . Par suite il faut d'améliore la qualité de la lumière naturelle qui pénètre dans les espaces intérieurs afin de réduire les impacts négatifs du projet sur l'environnement et pour offrir une vie intérieure saine et confortable, harmonieuse. Donc pour atteindre le confort visuel des étudiants dans les ateliers il faut utilisé les stratégies d'éclairage naturel et de confort visuel qui permette la pénétration de la lumière diffusés au sein des ateliers sans pour autant affecter les niveaux d'éclairements et luminosité durant toute l'année .

Les conceptions initiales devraient tenir compte des conditions climatiques chaudes afin d'éviter tout gain ou perte de chaleur indésirable. Un vitrage excessif n'est pas

adapté aux conditions climatiques chaudes car les ouvertures constituent une source majeure de gain de chaleur. Dans de tels cas, l'utilisation des ouvertures à double vitrage associée à des dispositifs d'ombrage permet d'obtenir un confort visuel et réduit l'énergie nécessaire au refroidissement. L'utilisation des solutions des techniques comme débords de toiture opaque qui protège le coté orienté vers le sud d'espace intérieur contre les rayonnements solaires projetés sur le plan de travail qui gêne la vision des étudiants.

Alors comme méthode de travail, pour évaluer la quantité et la qualité d'un éclairage naturel à l'intérieur d'atelier de dessin on a utilisé les logiciels ECOTECT et Radiance. D'après l'analyse des différents résultats de simulation et on comparant aux normes recommandées on constate que les performances d'éclairage existant dans l'espace étudié ne sont pas en coordination avec les réglementations, à cause des solutions techniques adoptées qui sont mal choisies et par manque de vérification; et après cette simulation qui nous a aidé à confirmer nos hypothèses de départ on a proposé des solutions pour améliorer l'éclairage à l'intérieur d'espace et vers la fin les résultats sont valables et proches aux normes recommandées.

III Conclusion d'ordre général :

Notre recherche exige d'améliorer la qualité d'éclairage naturel et le confort visuel à l'intérieur d'espace architectural qui nécessite essentiellement un niveau d'éclairage, une uniformité dans la distribution de la lumière et sans risques d'éblouissement, chaque espace à des réglementations et des normes spéciales liées avec l'activité qui se déroule.

L'éclairage naturel est considéré comme un élément nécessaire dans la conception architecturale et surtout pour le cas de notre projet car les espaces d'établissements universitaires ont besoin de bénéficier en plus de lumière naturelle pour que les usagers (étudiants et enseignants) soient en bonne forme et pour une meilleure concentration avec leurs activités sans gêne visuelle aussi pour leur santé, aussi la lumière naturelle stimule et accroît largement la capacité de rendement des étudiants.

Et pour affirmer ça il faut choisir que l'orientation favorable pour ce type d'espace qui permet la pénétration de lumière naturelle au maximum durant la journée (Est, Sud Est, Sud). Intégrer des protections solaires pour les ouvertures sud et sud ouest comme les débords

de toiture mais il faut prendre en compte les dimensions car elles ont une influence sur la quantité de lumière qui diffuse au sein d'espace. La maîtrise d'utilisations des ouvertures avec ses configurations aide aussi pour profiter de la lumière uniforme.

Enfin, l'orientation; la position, la forme, la taille, la dimension, type de verre et d'autre paramètres ont une influence sur la vue extérieure et les performances d'éclairage naturel et leur pénétration au sein d'espace intérieur.

IV Conclusion relatives au cas d'étude :

À travers cette étude on a évalué la qualité et la quantité des performances des systèmes d'éclairage naturel bilatéral dans l'atelier de dessin sur des différentes périodes et sous un climat chaud et aride tel que celui de la ville de LAGHOUAT. Dans le dernier chapitre qui contient les résultats de la simulation numérique avec logiciel Ecotect , Radiance, on a obtenu que :

- La toiture de débords (opaque) à minimiser les risques des taches solaires sur les plans de travail (coté mur rideau).

- La façade double peaux avec une peau intérieure de double vitrage et peau extérieure avec du verre de sécurité, elles permettent d'augmenter l'éclairage naturel et d'optimiser le confort des usagers et favorisant les apports naturels (lumière, chaleur, ventilation) , elle est conçue comme un dispositif de protection solaire

- une orientation d'espace soignée peut réduire les apports solaires.

- l'éclairage bilatérale et le plus efficace pour les ateliers de l'école car il fait un équilibre d'éclairement à l'intérieur ; avec une uniformité de lumière et démunie l'éblouissement. On ajoutant des ouvertures on haut qui donnent sur l'atrium pour augmenter la pénétration d'éclairage au fond de l'atelier.

- Les films de protection solaire aussi ont un rôle très grand pour obtenir un éclairage sain et confortable et protègent les utilisateurs d'espace contre les effets directs du rayonnement solaire et l'éblouissement.

-Le rôle d'atrium peut créer une contribution très significative aux économies d'énergie dans le projet qui le contient en procurant une source importante d'éclairage naturel, parfois profondément à l'intérieur du bâtiment, qui remplace l'éclairage artificiel. La quantité de lumière naturelle entrant dans l'atrium dépend de la construction du toit et la transmission du vitrage et des systèmes de protection et de control solaire aussi pour les parois d'atrium doit recouvertes d'un produit clair, hautement réfléchissant, auront pour effet de rediriger plus de lumière vers le bâtiment, mais le besoin de vitrage intérieur (fenêtres d'espace) pour éclairer les espaces adjacents va diminuer naturellement la quantité de lumière réfléchi.

- choisir et employer des couleurs claires pour bénéficier d'une bonne réflectivité à l'intérieur des ateliers de dessin , la couleur blanche a un avantage de refléter les rayons solaires qui sera autrement absorbées et réfléchié dans différentes point dans l'atelier de dessin

-L'aménagement intérieur d'atelier et les types des mobiliers et leurs disposition judicieuse en fonction de l'emplacement des ouvertures ont un impact sur la distribution de lumière naturelle d'espace et du confort visuel des usagers même pour atteindre le confort thermique.

V Axe de recherche

Cette recherche est spécialisée dans l'amélioration du confort visuel et le maitrisé dans les ateliers de dessin d'écoles d'architecture à la ville de Laghouat on s'est basé sur les niveaux d'éclairéments avec le facteur de lumière du jour FLJ parce que ils ont un effet important sur les performances les utilisateurs.

Donc cette étude ouvre les perspectivistes à traiter et étudier d'autre paramètres de confort visuel et de chercher d'autres solutions pour atteindre le confort visuel, tel que le choix de couleurs intérieures naturelles et aussi les matériaux qui ont un impact sur l'éclairage naturel intérieur d'espace. Dans le future on peut par une recherche de proposer l'intégration des couleurs avec les textures comme paramètres variables avec les paramètres du confort visuel utilisés dans cette recherche, afin d'améliorer l'éclairage naturel a l'intérieur des ateliers.

BIBLIGRAPHIE

Ouvrage :

- Ignacio Acosta, Applied Energy, Energy efficiency and lighting design in courtyards and atriums: A Universitario de Arquitectura y Ciencias de la Construcción predictive method for daylight factors, Universidad de Sevilla, Spain(2018) p 1216–1228.

- Jiangtao Du a., Steve Sharples b, Solar Energy, The variation of daylight levels across atrium walls: Reflectance distribution and well geometry effects under overcast sky conditions, Div. Energy and Building Design, Dept. of Architecture and Built Environment, Lund University, P.O. Box 118, Lund SE-221 00, Sweden b School of Architecture, University of Liverpool, Leverhulme Building, Abercromby Square L69 7ZN, UK Received 6 March 2011; received in revised form 22 May 2011; accepted 25 May 2011 Available online 24 June 2011 p2085–2100

- Mahsan Mohsenin, Solar Energy ,Assessing daylight performance in atrium buildings by using Climate Based Daylight Modeling, NC State University, Campus Box 7701, Raleigh, NC 27695, United States Received 2 January 2015; received in revised form 6 May 2015; accepted 7 May 2015 Available online 21 May 2015 p 553–560.

- Neufert 10^e édition Les éléments des projets de construction.

- ROBERTSON, K. Guide sur l'éclairage naturel des bâtiments. Ontario : SCHL-CMHC. 2003. p5.

- Soleil et architecture –Guide pratique pour le projet.

- Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques 2005, A.DE HERDE, A. LIEBARD.

Observatoire des énergies renouvelables, Paris, 2005.

-PAUL LITTLEFAIR, Solar Energy, DAYLIGHT PREDICTION IN ATRIUM BUILDINGS, Received 17 August 2001; revised version accepted 28 March 2002 Vol. 73, No. 2, pp. 105–109.

BIBLIOGRAPHIE

Articles :

- Association Française de l'Éclairage. Recommandations relatives a l'éclairage des locaux

- Fiche de déclaration Environnementale et sanitaire Conforme à la norme nf p 01010

- KHALED A. Al-Sallal (2010) Daylighting and visual performance: evaluation of classroom

- Partie 6 : guide général relatif à l'environnement de travail.

- PDF : le confort visuel dans les lieu des travail

-AHADI.A, KHANMOHAMMADI.M, MASOUDINEJAD.M, ALIREZAIE.B (2016)

Case study: IUST1 School of Architecture, the school of Architecture and Environmental

design issues in the UAE, Department of Architectural Engineering, UAE University, Al-Ain,

Design, payam Noor University of Tehran.

Improving student performance by proper utilization of daylight in educational environments

-PDF: Daylightin design in libraries .p 03.

scolaires Paris: LUX. 1987, p13..

United Arab Emirates

Verre feuillète 44.2 Mai 2013.

Thèse et mémoire :

- ABADOU ,M, L'effet des dispositifs d'ombrage sur la qualité de la lumière naturelle , cas de la ville de BISKRA projet : Musée d'histoire naturel . Mémoire de master : Architecture et environnement. Université Mohammed KHeider BISKRA.2018/2019 .

- BOURENANE ,M, Lumière naturelle , confort visuel et éco conception des bibliothèques universitaires , cas étude les salles de lecture de la bibliothèques centrale de l'université 8 mai

BIBLIOGRAPHIE

1945 GUELMA , Mémoire de master : Architecture écologique , Université 08 Mi 1945 de GUELMA .2017.

- DAICH. S (2011) Simulation et optimisation du système light shelf sous des conditions

- Magali Bodart, Création d'un outil d'aide au choix optimisé du vitrage du bâtiment, selon des critères physiques, économiques et écologiques, pour un meilleur confort visuel et thermique .Thèse de doctorat en Sciences , Université catholique de Louvain 2012

- MATTALAH, Z, Etude 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 , Mémoire magistère : ville et architecture au sahara . Université Mohammed KHeider BISKRA.2016 .

-BAROUD,D , La maitrise de l'eclairage naturel dans le patrimoine architectural religieux en zones arides (etude comparatives des mosquées dans la ville de Laghouat) Thèse de magistère en architecture , Université Khider Mohamed, Département d'architecture, Biskra, 2018.

-BELAKHEL, A. Étude des aspects qualitatifs de l'éclairage naturel dans les espaces architecturaux – cas des milieux arides à climat chaud et sec, Thèse de Doctorat en Sciences de l'architecture, Université Khider Mohamed, Département d'architecture, Biskra, 2007

-BENHARKAT, S. Impact de l'éclairage naturel zénithal sur le confort visuel dans les salles de classe, cas d'étude : bloc des lettres. Thèse : architecture bioclimatique. Université Mentouri Constantine. 2012

-CHAOUCHE,A/ ZENDAGUI ,C , Confort visuel dans l'architecture carcerale, Mémoire Master: architecture bioclimatique. Université Saad Dahlab Blida. 2016/2017

-Chapitre II Le confort visuel et l'ambiance lumineuse dans l'espace architectural, page : 64

climatiques spécifiques, Cas : la ville de Biskra. Mémoire de magistère : Architecture, Formes, Ambiances et développement durable. Biskra : Université Mohammed Khider Biskra

BIBLIOGRAPHIE

-FELLAH,I, Intégration de l'éclairage naturel dans le projet de reconquête des poches vides à la basse Souika de Constantine, mémoire master 2 Université Laarbi Ben Mhidi, Département d'architecture, OUM EL BOUAGHI.

Sites internet :

- www.archibib.blogspot.com
- www.Archi-Positives.com
- www.architecte-batiments.fr
- www.caue-observatoire.fr
- www.cosmovisions.com
- www.docplayer.fr
- www.eneg.arch.ucl.ac.be/eclairage
- www.EnvironmentBuildink.com
- www.martaa.fr
- www.meteoblue.com
- www.metiseurope.eu
- www.metiseurope.eu
- www.natureetconfort.fr
- www.pointp.fr
- www.saint-gobain.com
- www.archdaily.com

BIBLIOGRAPHIE

-www.architectura.be/fr

-www.docplayer.fr

-www.energieplus-lesite.be

-www.ergos-er.blogspot.com

-www.ezrati-eclairage.weebly.com

-www.futura-sciences.com

-www.xpair.com

Autres source :

-Autodesk Ecotect 2011. Autodesk Inc 2011.

-Radiance β 2.0. Desktop radiance beta 2.0 version 2008.

-Station météo Laghouat.



ANNEXES



*

ANNEXE 01

I Typologie morphologique des atriums :¹

Il existe une diversité des formes architecturales sous lesquelles un atrium peut exister. La typologie morphologique des atriums peut être faite à partir de deux critères :

- Le positionnement par rapport au volume habité
- La proportion des dimensions de son volume intérieur.

I.1 Critères de positionnement :²

Le critère de positionnement par rapport au bâtiment a nécessairement une influence sur la fonctionnalité de l'atrium :

→ **Les atriums « accolés »** servent à marquer et/ou protéger l'entrée d'un bâtiment (fonction de « sas »), ou à couvrir une extension de ce bâtiment (comme une sorte de protubérance).

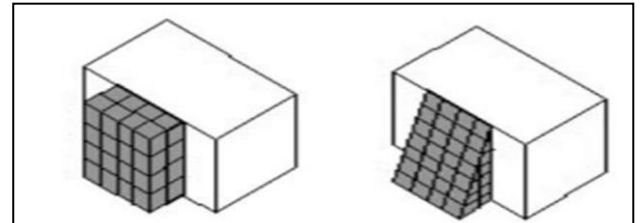


Figure 1: Exemples d'atriums accolés
Source : (l'impact de l'atrium sur le confort thermique dans les batiments publics, Rahal Samira,2011)

→ **Les atriums « semi-encastés »** peuvent avoir la même fonction, à laquelle on peut ajouter celle de la desserte interne puisqu'il y a pénétration de ce volume dans celui du bâtiment

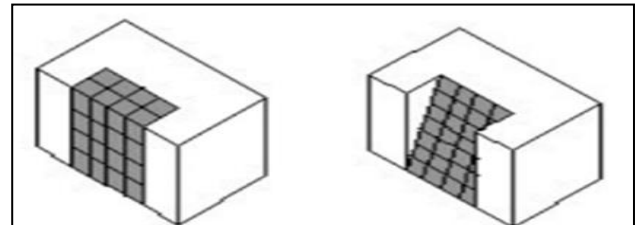


Figure 2: Exemple d'atriums semi-encastés
Source : (l'impact de l'atrium sur le confort thermique dans les batiments publics, Rahal Samira,2011)

→ **Les atriums « encastrés »** servent avant tout de desserte interne, la fonction d'accès se faisant alors par le bâtiment lui-même qui entoure le volume de l'atrium. On peut citer aussi pour ce type, la création d'une fonction de «centralité» du bâtiment, lieu de rencontre privilégié.

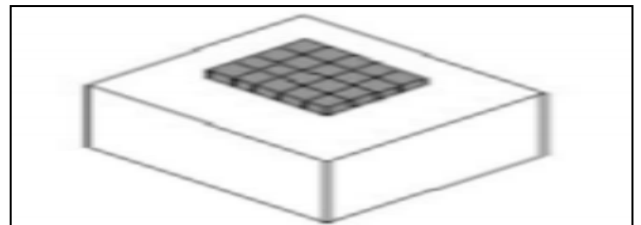


Figure 3: Exemples d'atrium encastrés
Source : (l'impact de l'atrium sur le confort thermique dans les batiments publics, Rahal Samira,2011)

¹ Samira rahal, l'impact de l'atrium sur le confort thermique dans les bâtiments publics, thèse de magister 2011

² aicha ghozlane, La contribution de l'atrium dans l'amélioration des performances thermiques des bâtiments tertiaires, thèse de master 2014

I.2 Critères de proportion :

Pour un positionnement donné, un atrium peut revêtir diverses formes, qui se traduisent par des rapports de proportion entre ses dimensions : longueur, largeur (profondeur), hauteur. La pertinence de ce critère se mesure essentiellement au plan thermique : la compacité, par exemple, est une caractéristique importante pour les échanges thermiques. De ce point de vue, on se limitera à deux cas :

→ L'atrium « ponctuel », dont aucune dimension n'est prédominante.

→ L'atrium « linéaire », dont une dimension, en général la longueur, est nettement plus importante que les autres.

Par combinaison des deux critères, on pourra donc avoir affaire à la typologie complète suivante:

- Les atriums « accolés ponctuels ».
- Les atriums « accolés linéaires ».
- Les atriums « semi-encastés ponctuels ».
- Les atriums « encastrés ponctuels ».
- Les atriums « encastrés linéaires ».

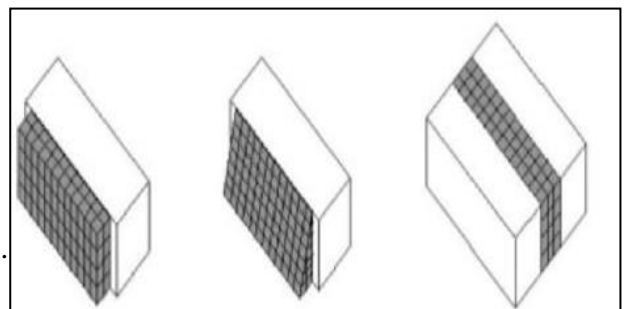


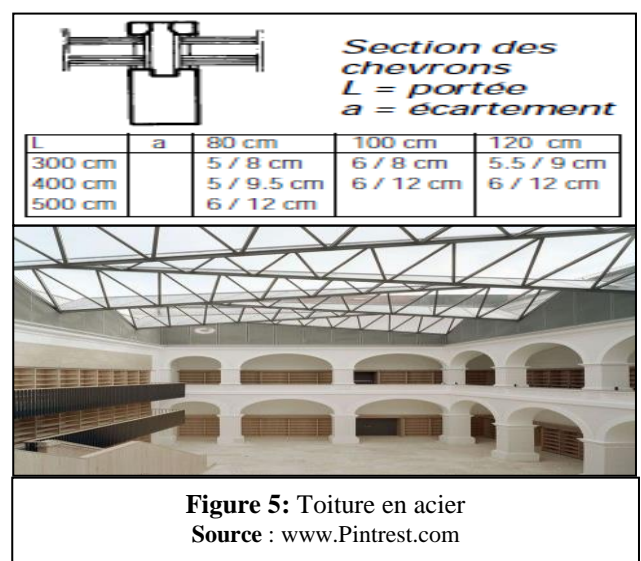
Figure 4: Exemple atrium accolé linéaire à 3 et 4 faces vitrés et atrium encastré linéaire
Source : 'impact de l'atrium sur le confort thermique dans les bâtiments publics, Rahal Samira,2011

a. Structure de la toiture:³

II.1 Acier:

Avantage :

- Constructions élégantes.
- Possibilités de formes différentes.
- Couleurs individuelles.



³ Soleil et architecture –Guide pratique pour le projet/ office fédéral des questions conjoncturelles / page13

Inconvénients:

- Corrosion
- retouches de peinture problématiques

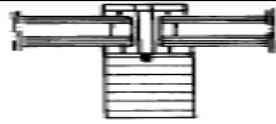
II.2 Bois lamellé-collé:

Avantage :

- Matériau naturel.
- Conductibilité thermique faible .

Inconvénients:

- Structures de grande épaisseur.



L	a	70 cm	85 cm
300 cm		5 / 11 cm	5 / 11 cm
400 cm		5 / 11 cm	5 / 11 cm



Figure 6: Toiture en bois lamellé-collé
Source : <https://www.pinterest.com/>

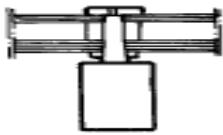
II.3 Aluminium:

Avantage :

- Couleurs individuelles.
- Corrosion moins problématique
(Attention zones industrielles).
- Entretien minimum.

Inconvénients:


- Dimensions importantes des profils.
- Grandes dilatations thermiques.
- Coût énergétique à la fabrication.



L	a	80 cm	100 cm	120 cm
300 cm		7 / 11 cm	7/12.5 cm	7 / 13.5 cm
400 cm		5 / 9.5 cm	7/16.5 cm	7 / 18 cm
500 cm		7 / 17 cm	7/20.5 cm	7 / 22.5 cm



Figure 7: Toiture en Aluminium
Source : Le-grand-palais-paris-la-grande-verriere



ANNEXE 02
Vues globales du
Projet



Figure 1: Vue en plan



Figure 2: Vue 3D(coté sud)



Figure 3 : vue 3D (coté Nord Est)



Figure 4 : vue 3D sur la façade principale



Figure 5 : vue 3D (coté Sud)

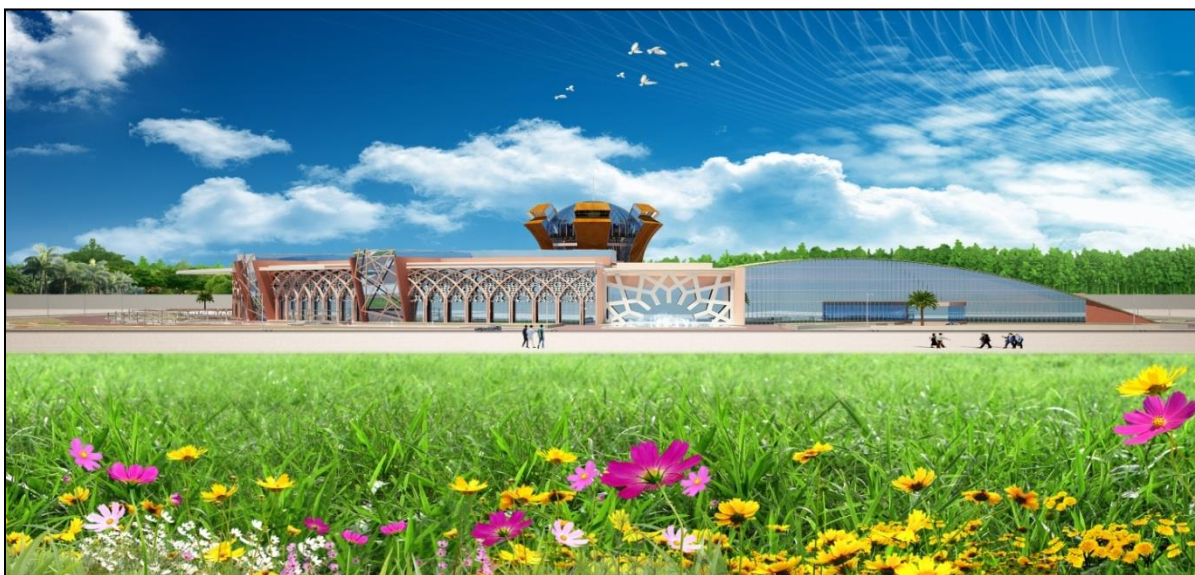


Figure 6 : Façade principale



Figure 7 : Vue intérieure d'atelier de dessin -le 21/12 à13h



Figure 8 : Vue intérieure d'atelier de dessin(Ciel nuageux) -le 21/12 à17h



Figure 9 : Vue intérieure d'atelier de dessin

The background features abstract geometric shapes in shades of teal and grey. A large, light grey shape is positioned on the left, while a dark teal shape is on the right. These shapes overlap and intersect, creating a dynamic, layered effect. The overall composition is clean and modern.

ANNEXE 03

Plans architectural

du Projet

