



Université Amar Thelidji- Laghouat



**FACULTÉ : GENIE CIVIL et ARCHITECTURE
DÉPARTEMENT : D'ARCHITECTURE**

MÉMOIRE DE MASTER

Présenté par :

Mme BENLARBI IMANE

DOMAINE : ARCHITECTURE ET URBANISME ET METIERS DE LAVILLE

**FILIERE : ARCHITECTURE
OPTION : ARCHITECTEUR**

Thème

***EVALUATION DU CONFORT VISUEL DANS
UNE BIBLIOTHEQUE
AU SEIN D'UN CENTRE CULTUREL ET
ARTISANAL
DURABLE A LA VILLE DE LAGHOUAT
(Cas d'étude salle de lecture)***

Jury de soutenance :

Nom et Prénom	Grade	qualité
Mr.Koriba mustapha	M .A.A	Président
Melle.Baali Saida	M.A.A	Examinatrice
Mme.Boulmerka Zoubida	M.A.A	Rapporteur

Promotion : JUIN 2020



Université Amar Thelidji- Laghouat

*FACULTÉ : GENIE CIVIL et ARCHITECTURE
DÉPARTEMENT : D'ARCHITECTURE*



RESUME DE MEMOIRE DE MASTER

Domaine : Architecture et urbanisme et métiers de la ville.

Filière : Architecture.

Option : Architecture.

Thème : Evaluation du confort visuel dans une bibliothèque au sein d'un centre culturel et artisanal durable à la ville de Laghouat (Cas d'étude : salle de lecture).

Présenté par : Benlarbi Imane.

Encadré par: Mme Boulmerka Zoubida .

Résumé :

Ce travail consiste à évaluer le confort visuel dans une bibliothèque au sein d'un centre culturel et artisanal durable à la ville de Laghouat. L'objectif est d'améliorer le confort visuel pour accomplir la tâche visuelle de lecture à l'intérieur de salle de lecture de la bibliothèque éclairée naturellement. Après une étude approfondie de l'architecture environnementale et l'éclairage naturel et en particulier le confort visuel, Nous avons essayé de porter des solutions aux problèmes du confort visuel celui de l'été et de l'hiver dans la ville de Laghouat qui se caractérise par un potentiel solaire important. Nous avons traité le confort visuel par la configuration des ouvertures (position, dimensions et forme) et le type des protections solaires pour un meilleur résultat de confort visuel .et pour vérifier l'efficacité de solutions proposées, des simulations ont été effectuées à l'aide de logiciels numériques « Ecotect, Radiance ».

Mots clés : architecture durable ; éclairage naturel ; confort visuel ; salle de lecture, ville de Laghouat ; ouvertures ; protection solaire ; simulation.

Republic Algerian Democratic and Popular
Ministry Superior Education and Scientific Research



Amar Thelidji University-laghouat

***FACULTY: CIVIL ENGINEERING AND
ARCHITECTURE DEPARTEMENT:
ARCHITECTURE***



ABSTRACT OF MASTER MEMORY

Domaine : Architecture, Urbanism, and matter of the city.

Filière : Architecture.

Option : Architecture.

Thème : evaluating of visual comfort in a library within a sustainable cultural and craft center in the city of Laghouat (Case study: reading room).

Présenté par : Benlarbi Imane.

Encadrées par:

❖ Mme Boulmerka Zoubida .

Résumé :

This work consists of the evaluating of the visual comfort in a library within a sustainable cultural and crafts center in Laghouat. The goal is to improve visual comfort to complete the visual task of reading inside the reading room in a library with a natural lighting. After a detailed study of environmental architecture, natural lighting, and especially visual comfort, we tried to find solutions to problems related to visual comfort during summer and winter in the city of Laghouat, which has significant solar energy capabilities. We dealt with visual comfort by the opening (position, dimensions, shape) and the type of sun protection to obtain a better result for visual comfort, and to verify the effectiveness of the proposed solutions, simulations were performed using several software's such as Ecotech and Radiance.

Keywords: sustainable architecture; natural lighting; visual comfort; reading room, city of Laghouat; openings; sunscreen ; simulation.

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي



جامعة عمار ثليجي- الأغواط



كلية: الهندسة المدنية والهندسة المعمارية

قسم: الهندسة المعمارية

ملخص مذكرة الماستر

الميدان: هندسة معمارية وعمران ومهن المدينة.

الشعبة: هندسة معمارية

التخصص: هندسة معمارية

عنوان المذكرة: تقييم الراحة البصرية في مكتبة داخل مركز ثقافي وحرفي مستدام في مدينة الأغواط (دراسة حالة: غرفة المطالعة).

تقديم الطالبة: بن العربي ايمان

الأساتذة المؤطرين:

بوالمرقة زوبيدة

ملخص المذكرة:

يتضمن هذا العمل تقييم للراحة البصرية في مكتبة داخل مركز ثقافي وحرفي مستدام في مدينة الأغواط. والهدف من ذلك هو تحسين الراحة البصرية لإنجاز المهمة البصرية للقراءة داخل غرفة المطالعة في مكتبة ذات انارة طبيعية. بعد دراسة متعمقة لكل من الهندسة المعمارية البيئية الإضاءة الطبيعية وخصوصا الراحة البصرية ، حاولنا إيجاد حلول للمشاكل التي تتعلق بالراحة البصرية اثناء الصيف والشتاء في مدينة الأغواط التي تتميز بإمكانيات طاقة شمسية معتبرة. تعاملنا مع الراحة البصرية من خلال تشكيل الفتحات (الموضع والأبعاد والشكل) ونوع الحماية من الشمس للحصول على نتيجة أفضل للراحة البصرية ، وللتحقق من فعالية الحلول المقترحة ، قمنا باجراء المحاكاة باستخدام البرامج الرقمية ايكوتيكنت ؛ رادبون

الكلمات المفتاحية: العمارة المستدامة ؛ إضاءة طبيعية؛ راحة بصرية؛ قاعة المطالعة ؛ مدينة الأغواط؛ فتحات ؛ حماية شمسية ؛ محاكاة.

Remerciement

Je tiens à remercier le bon dieu ALLAH pour m'avoir donné la volonté, le courage et la santé afin de mener à terme ce travail.

Je remercie chaleureusement mon encadreur Mme Boulmerka Zoubida pour sa disponibilité, sa patience, sa compréhension, sa confiance et ses orientations.

Un grand merci va aussi à Mme Oubaid et Melle Baali Saida pour leur soutien et leur contribution.

Un grand merci est également adressé à tous les enseignants pour leur soutien et leur aide.

Un cordial merci à l'honorable jury qui a bien voulu examiner mon travail

Et enfin je remercie tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour la réalisation de ce travail.

Dédicace

Avec ma profonde affection je dédie le fruit de ce modeste travail :

A mon cher mari ABDELRAOUF CHENAFI qui grâce à son aide et à sa patience avec moi que ce travail a pu voir le jour.

A mes petites princesses Malak et Maram.

-A mes chers familles BENLARBI et CHENAFI en témoignage de leurs soutiens et leurs encouragements et leurs conseils judicieux.

-A la mémoire de ceux qui ne sont plus parmi Nous ; mais sont toujours présents dans nos Cœurs.

IMANE

Table des matières

I – Introduction générale

Introduction:	1
I.1.Problématique:	2
I.2.Hypothèses :	2
I.3.Objectifs :	2
I.4.Méthodologie de recherche :	3
I.5. Outils de recherche :	3
I.6.Structure de Mémoire :	4

II –Chapitre Thématique

Introduction:	5
II.1. L’architecture durable :	5
II.1.1. définition de l’architecture durable:	5
II.1.2. Les principes de la conception durable:	5
II.2. le confort visuel :	8
II .2.1. Définition de confort :	8
II .2.2. Définition de confort visuel :	8
II .2.3. Les paramètres de confort visuel:	8
II.3. L’éclairage naturel :	10
II .3.1. Définition de l’éclairage naturel:	10
II .3.2. Les sources de l’éclairage naturel:	10
II .4. L’éclairage latéral:	11
II .4.1. Exigences de l’éclairage latéral :	12
II .4.2. Types d’éclairage latéral :	13
II .4.3. Modes d’influence des différents paramètres de l’éclairage latéral:	14
II .5. Conception de l’ombrage :	19
II .5.1. Définition :	19
II.5.2.Les objectifs	19
II.5.3. Les différentes catégories de contrôle solaire (dispositifs d’ombrage) :	20
II.6.Le confort visuel dans les salles de lecture:	23
II.6.1.les exigences du confort visuel dans la salle de lecture :	24
II.6.2.les normes recommandées d’éclairage dans la salle de lecture :	27
II.7. Synthèse:	28

III –Chapitre Analytique

Introduction:	29
III.1.Exemple 01 : Le centre culturel et d’Art de Fuzhou :	29
III.1.1.critère de choix :	29

III.1.2.Fiche technique :	29
III.1.3.Situation et intégration :	29
III.1.4.Plan de masse :	29
III.1.5.Les plans architecturaux:	30
III.1.6.Les façades:	31
III.1.7.Aspects liés à la durabilité :	31
III.1.8.conclusion :	33
III.2. Exemple 02 : Le Pôle culturel « Aria »:	33
III.2.1. critère de choix :	33
III.2.2.Fiche technique :	33
III.2.3.Situation et intégration :	34
III.2.4.Plan de masse :	34
III.2.5.Les plans architecturaux:	34
III.2.6.Les façades:	35
III.2.7.La toiture :	35
III.2.8.Aspects liés à la durabilité :	35
III.2.9.conclusion :	37
III.3. Exemple 03 : Le Centre Culturel Musulman:	38
III.3.1. critère de choix :	38
III.3.2.Fiche technique :	38
III.3.3.Situation et intégration :	38
III.3.4.Plan de masse :	38
III.3.5.Les plans architecturaux :	39
III.3.6.Les façades:	39
III.3.7.Aspects liés à la durabilité :	39
III.3.8. conclusion :	41
III.4. Exemple 04 : la bibliothèque publique La Ruche « the HIV »:	41
III.4.1. critère de choix :	41
III.4.2.Fiche technique :	41
III.4.3.Situation et intégration :	41
III.4.4.Plan de masse :	42
III.4.5.Les plans architecturaux :	42
III.4.6.Les façades:	42
III.4.7.Aspects liés à la durabilité :	43
III.4.8. conclusion :	44
III.5.Synthèse :	44

IV –Chapitre Expérimental

Introduction:	45
IV.1. Présentation de cas d'étude:	45
IV .1.1. Le choix de cas d'étude :	45
IV .1.2. Dimensions et forme:	46
IV.2. Outil de simulation:	46
IV .2.1. Le logiciel « ECOTECT » :	46
IV .2.2. Le logiciel « radiance » :	46
IV.3. Les paramètres de simulation :	47
IV .3.1. les paramètres fixes:	47
IV .3.2. les paramètres variables:	47
V.4. Les exigences d'éclairage pour une salle de lecture :	47
IV.5. Période de simulation :	47
IV.6. Cas initial:	47
IV .7. résultat de simulation de cas initial :	48
IV.7.1. hiver 21 décembre à 09h ciel dégagé/ciel couvert :	48
IV.7.2. hiver 21 décembre à 12h ciel dégagé/ciel couvert :	49
IV.7.3. hiver 21 décembre à 15h ciel dégagé/ciel couvert :	50
IV.7.4. Eté 21 juin à 09h ciel dégagé:	51
IV.7.5. Eté 21 juin à 12h ciel dégagé:	52
IV.7.6. Eté 21 juin à 15h ciel dégagé:	53
IV .8. Récapitulation des résultats de simulation de cas initial:	53
IV.9. Cas amélioré :	55
IV .9.1. les corrections proposées:	55
IV .10. résultat de simulation de cas amélioré :	56
IV.10.1 hiver 21 décembre à 09h ciel dégagé/ciel couvert :	56
IV.10.2. hiver 21 décembre à 12h ciel dégagé/ciel couvert :	57
IV.10.3. hiver 21 décembre à 15h ciel dégagé/ciel couvert :	58
IV.10.4. Eté 21 juin à 09h ciel dégagé:	59
IV.10.5. Eté 21 juin à 12h ciel dégagé:	60
IV.10.6. Eté 21 juin à 15h ciel dégagé:	60
IV .11. Récapitulation des résultats de simulation de cas amélioré:	61
IV.12. Synthèse et recommandations:	63
V –Conclusion générale :	64
–Bibliographie :	
–Annexes :	

Liste des figures :

Figure 1: Critique des orientations du bâtiment.....	5
Figure 2: L'implantation tient compte du relief, des vents locaux, de l'ensoleillement.....	6
Figure 3 : La compacité varie suivant la forme, la taille et le mode de contact des volumes construits.	6
Figure 4 : Stratégie du froid.....	6
Figure 5 : Stratégie du chaud.....	6
Figure 6: les effets de végétation.....	7
Figure 7 : Typologie de système solaire thermique et photovoltaïque.....	7
Figure 8 : Les paramètres du confort visuel.....	9
Figure 9 : source de l'éclairage naturel.....	10
Figure 10 : types de ciel.....	10
Figure 11 : L'éclairage latéral.....	11
Figure 12 : l'éclairage unilatéral.....	13
Figure 13 : Pénétration approximative de la lumière naturelle).....	13
Figure 14: l'éclairage bilatéral.....	13
Figure 15 : L'impact de répartition des ouvertures d'éclairage multilatérale.....	14
Figure 16 : angle du ciel visible depuis l'ouverture.....	14
Figure 17 : L'éclairage d'un espace relatif selon la taille de la fenêtre.....	15
Figure 18: Influence de la forme de l'ouverture sur l'éclairage moyenne.....	16
Figure 19 : Influence de la position de l'ouverture sur l'éclairage moyenne.....	17
Figure 20 : la variabilité de l'éclairage de chaque orientation en cas de ciel clair.....	17
Figure 21 : Pénétration typique de la lumière du jour, la règle du pouce.....	18
Figure 22 : impact de châssis sur la surface nette de vitrage.....	19
Figure 23 : protection solaire par la végétation en été et en hiver.....	20
Figure 24 : les balcons cité radieuse, Marseille, Le Corbusier, 1952.....	20
Figure 25 : fonctionnement des persiennes.....	21
Figure 26: la performance des différents types de matériaux de stores et rideaux.....	21
Figure 27 : La disposition des joues dans la façade.....	21
Figure 28 : Les moucharabiehs. Institut du monde Arabe (Paris, Jean Nouvel, 1987).....	22
Figure 29 : les étagères.....	23
Figure 30 : fonctionnement de glace prismatique.....	23
Figure 31 : Exigences du confort visuel en fonction de la tâche visuelle.....	24
Figure 32 : l'éblouissement d'éclairage naturel.....	25
Figure 33: Vue sur le centre culturel et d'art de FUZHOU.....	29
Figure 34: Vue aérienne de centre de FUZHOU.....	29
Figure 35: Plan de masse de centre de FUZHOU.....	30

Figure36: <i>Plan de RDC de centre de FUZHOU</i>	30
Figure37: <i>les façades de centre de FUZHOU</i>	31
Figure38: <i>façade sud-ouest de centre de FUZHOU</i>	31
Figure39: <i>les persiennes en terre cuit</i>	32
Figure40 : <i>vue intérieure de centre de FUZHOU</i>	32
Figure41 : <i>vue intérieure de centre de FUZHOU</i>	32
Figure42: <i>verre low-E de centre de FUZHOU</i>	32
Figure43: <i>façade sud-est de centre de FUZHOU</i>	32
Figure44: <i>simulation de rayons solaires</i>	33
Figure45: <i>le pôle culturel Aria</i>	33
Figure46: <i>Vue aérienne le pôle culturel Aria</i>	34
Figure47: <i>plan de masse le pôle culturel Aria</i>	34
Figure48: <i>plan de RDC le pôle culturel Aria</i>	34
Figure49: <i>façade Est de pôle culturel Aria</i>	35
Figure50: <i>coupe longitudinale de pôle culturel Aria</i>	35
Figure51: <i>façade est de pôle culturel Aria</i>	36
Figure52: <i>façade ouest de pôle culturel Aria</i>	36
Figure53: <i>façade Sud de pôle culturel Aria</i>	36
Figure54: <i>coupe des sheds</i>	37
Figure55: <i>vue sur les sheds</i>	37
Figure56: <i>les principes durables de pôle culturel Aria</i>	37
Figure57: <i>Vue sur Le Centre Culturel Musulman</i>	38
Figure58: <i>Vue aérienne de Centre Culturel Musulman</i>	38
Figure59: <i>plan de masse de Centre Culturel Musulman</i>	38
Figure60: <i>plan de RDC de Centre Culturel Musulman</i>	39
Figure61: <i>façade principale de Centre Culturel Musulman</i>	39
Figure62: <i>schéma de fonctionnement des arcades</i>	40
Figure63: <i>les arcades</i>	40
Figure64: <i>vue sur la verrière</i>	40
Figure65: <i>intérieure de la verrière de Centre Culturel Musulman</i>	40
Figure66: <i>schéma de fonctionnement de dôme de Centre Culturel Musulman</i>	40
Figure67: <i>coupe de dôme</i>	40
Figure68: <i>vue de la bibliothèque the HIV</i>	41
Figure69: <i>Vue aérienne de la bibliothèque the HIV</i>	41
Figure70: <i>plan de masse de la bibliothèque the HIV</i>	42
Figure71: <i>les différents étages de la bibliothèque the HIV</i>	42

Figure72: <i>façade nord-est</i>	42
Figure73: <i>façade ouest</i>	42
Figure74: <i>l'éclairage naturel de salle de lecture</i>	43
Figure75: <i>l'éclairage naturel zénithal par les cônes de toit</i>	43
Figure76: <i>vue extérieure des cônes</i>	43
Figure77: <i>la ventilation naturelle par les cônes de toit</i>	43
Figure78: <i>le revêtement intérieur de projet</i>	44
Figure79: <i>plan de masse de centre culturel et artisanal</i>	45
Figure80: <i>position de cas d'étude dans le plan générale</i>	45
Figure81: <i>vue en plan de la salle de lecture</i>	45
Figure82: <i>vue sur la façade Est de bibliothèque</i>	46
Figure83: <i>Coupe de centre culturel et artisanal</i>	46
Figure84: <i>l'ombre portée par le projet en 21 Décembre à 09 h</i>	47
Figure85: <i>l'ombre portée par le projet en 21 Décembre à 15 h</i>	47
Figure86: <i>l'ombre portée par le projet en 21 Juin à 09 h</i>	47
Figure87: <i>l'ombre portée par le projet en 21 Juin à 15 h</i>	47
Figure88: <i>niveau d'éclairement à ciel couvert 21 Décembre à 09 h</i>	48
Figure89: <i>niveau d'éclairement à ciel dégagé 21 Décembre à 09 h</i>	48
Figure90 : <i>Mesure de niveau d'éclairement à ciel couvert</i>	48
Figure91 : <i>courbe iso à ciel couvert</i>	48
Figure92 : <i>Mesure de niveau d'éclairement à ciel dégagé</i>	48
Figure93 : <i>courbe iso à ciel dégagé</i>	48
Figure94 : <i>niveau d'éclairement à ciel couvert 21 Décembre à 12 h</i>	49
Figure95 : <i>niveau d'éclairement à ciel dégagé 21 Décembre à 12 h</i>	49
Figure96 : <i>Mesure de niveau d'éclairement à ciel couvert</i>	49
Figure97 : <i>courbe iso à ciel couvert</i>	49
Figure98 : <i>Mesure de niveau d'éclairement à ciel dégagé</i>	49
Figure99 : <i>courbe iso à ciel dégagé</i>	49
Figure100 : <i>niveau d'éclairement à ciel couvert 21 Décembre à 15 h</i>	50
Figure101 : <i>niveau d'éclairement à ciel dégagé 21 Décembre à 15 h</i>	50
Figure102 : <i>Mesure de niveau d'éclairement à ciel couvert</i>	50
Figure103 : <i>courbe iso à ciel couvert</i>	50
Figure104 : <i>Mesure de niveau d'éclairement à ciel dégagé</i>	50
Figure105 : <i>courbe iso à ciel dégagé</i>	50
Figure106 : <i>niveau d'éclairement à ciel dégagé 21 Juin à 09h</i>	51
Figure107 : <i>Mesure de niveau d'éclairement à ciel dégagé</i>	51

Figure108 : <i>courbe iso à ciel dégagé</i>	51
Figure109 : <i>niveau d'éclairement à ciel dégagé 21 Juin à 12 h</i>	52
Figure110 : <i>Mesure de niveau d'éclairement à ciel dégagé</i>	52
Figure111 : <i> courbe iso à ciel dégagé</i>	52
Figure112 : <i> niveau d'éclairement à ciel dégagé 21 Juin à 15 h</i>	53
Figure113 : <i>Mesure de niveau d'éclairement à ciel dégagé</i>	53
Figure114 : <i> courbe iso à ciel dégagé</i>	53
Figure115 : <i>niveau d'éclairement annuel de cas initial</i>	54
Figure116 : <i> orientation de brises soleil pendant l'hiver -90°- et l'été – 60°</i>	55
Figure117 : <i> les corrections de façade Nord-Est</i>	55
Figure118 : <i> les corrections de façade Ouest</i>	55
Figure119 : <i> niveau d'éclairement à ciel couvert 21 décembre à 09 h</i>	56
Figure120 : <i> niveau d'éclairement à ciel dégagé 21 décembre à 09 h</i>	56
Figure121 : <i> Mesure de niveau d'éclairement à ciel couvert</i>	56
Figure122 : <i> courbe iso à ciel couvert</i>	56
Figure123 : <i> Mesure de niveau d'éclairement à ciel dégagé</i>	56
Figure124 : <i> courbe iso à ciel dégagé</i>	56
Figure125 : <i> niveau d'éclairement à ciel couvert 21 décembre à 12 h</i>	57
Figure126 : <i> niveau d'éclairement à ciel dégagé 21 décembre à 12 h</i>	57
Figure127 : <i> Mesure de niveau d'éclairement à ciel couvert</i>	57
Figure128 : <i> courbe iso à ciel couvert</i>	57
Figure129 : <i> Mesure de niveau d'éclairement à ciel dégagé</i>	57
Figure130 : <i> courbe iso à ciel dégagé</i>	57
Figure131 : <i> niveau d'éclairement à ciel couvert 21 décembre à 15 h</i>	58
Figure132 : <i> niveau d'éclairement à ciel dégagé 21 décembre à 15 h</i>	58
Figure133 : <i> Mesure de niveau d'éclairement à ciel couvert</i>	58
Figure134 : <i> courbe iso à ciel couvert</i>	58
Figure135 : <i> Mesure de niveau d'éclairement à ciel dégagé</i>	58
Figure136 : <i> courbe iso à ciel dégagé</i>	58
Figure137 : <i> niveau d'éclairement à ciel dégagé 21 juin à 09h</i>	59
Figure138 : <i> Mesure de niveau d'éclairement à ciel dégagé</i>	59
Figure139 : <i> courbe iso à ciel dégagé</i>	59
Figure140 : <i> niveau d'éclairement à ciel dégagé 21 juin à 12h</i>	60
Figure141 : <i> Mesure de niveau d'éclairement à ciel dégagé</i>	60
Figure142 : <i> courbe iso à ciel dégagé</i>	60
Figure143 : <i> niveau d'éclairement à ciel dégagé 21 juin à 15h</i>	60

Figure144: <i>Mesure de niveau d'éclairage à ciel dégagé.....</i>	61
Figure145: <i>courbe iso à ciel dégagé.....</i>	61
Figure146 : <i>niveau d'éclairage annuel de cas amélioré.....</i>	62

Liste des tableaux :

Tableau01 : <i>facteur de transmission de différents types de vitrage.....</i>	19
Tableau02 : <i>tableau de l'éclairage recommandé sur le plan de travail(en lux) suivant la norme EN 12464-1.....</i>	27
Tableau03 : <i>les valeurs recommandées pour un confort visuel dans une salle de lecture suivant la norme EN 12464-1.....</i>	27
Tableau04 : <i>tableau de l'éclairage recommandé sur le plan de travail(en lux) suivant la norme NBN L 13-006.....</i>	28
Tableau 05: <i>caractéristiques formelles et géométriques de la salle de lecture.....</i>	46
Tableau 06: <i>Les normes de l'éclairage de la salle de lecture.....</i>	47
Tableau 07: <i>les résultats de simulation d'éclairage naturel -cas initial -le21décembre à09h.....</i>	48
Tableau 08: <i>les résultats de simulation d'éclairage naturel -cas initial -le21décembre à12h.....</i>	50
Tableau 09: <i>les résultats de simulation d'éclairage naturel -cas initial -le21décembre à15h.....</i>	51
Tableau 10: <i>les résultats de simulation d'éclairage naturel -cas initial -le21juin à09h.....</i>	51
Tableau 11: <i>les résultats de simulation d'éclairage naturel -cas initial -le21juin à12h.....</i>	52
Tableau 12: <i>les résultats de simulation d'éclairage naturel -cas initial -le21juin à15h.....</i>	53
Tableau 13: <i>Récapitulation des résultats de simulation de cas initial.....</i>	54
Tableau 14: <i>les résultats de simulation d'éclairage naturel -cas amélioré-le21décembre à09h.....</i>	56
Tableau 15 : <i>les résultats de simulation d'éclairage naturel -cas amélioré-le21décembre à12h.....</i>	57
Tableau 16: <i>les résultats de simulation d'éclairage naturel -cas amélioré-le21décembre à15h.....</i>	58
Tableau 17: <i>les résultats de simulation d'éclairage naturel -cas amélioré-le21juin à09h.....</i>	59
Tableau 18: <i>les résultats de simulation d'éclairage naturel -cas amélioré-le21juin à12h.....</i>	60
Tableau 19: <i>les résultats de simulation d'éclairage naturel -cas amélioré-le21juin à15h.....</i>	61
Tableau 20: <i>Récapitulation des résultats de simulation de cas amélioré.....</i>	62

I. INTRODUCTION GENERALE

Introduction:

L'histoire de l'architecture ancienne montrait une relation harmonieuse du bâti avec son environnement, mais depuis la révolution industrielle l'approche architecturale et technique de la conception des bâtiments resterait axée sur la technologie avec petit intérêt sur l'intégration à la nature qui favorise le bien-être des occupants.

En quelques années, le phénomène de réchauffement de la terre pose une inquiétude majeure envers notre environnement, à cause de l'impact des activités humaines ; ce qui fait pousser les experts et même les plupart des décideurs politiques de chercher à trouver des mesures correctives. Une série de conférences et de sommets internationaux ont peu à peu ouvert les yeux de l'humanité sur les dangers de sa croissance irréfléchie.

La notion de durabilité est devenue l'une des lignes directrices des nouvelles politiques mondiale de développement, notamment dans le domaine de construction et d'urbanisme qui constituent des impacts négatifs sur l'environnement.

Aujourd'hui, une multitude de démarches tel que l'architecture durable ; viennent pour intégrer les concepts de durabilité dans le secteur du bâtiment afin de contribuer à satisfaire les besoins de maîtrise des impacts sur l'environnement extérieur et de la création d'un environnement intérieur confortable et sain, ainsi que la réduction des besoins énergétiques par des énergies renouvelables.

Le Soleil est l'une des sources d'énergie renouvelables, elle apporte aussi une source de lumière naturelle propre et inépuisable. Cette dernière considère comme une composante primordiale dans l'architecture durable et de plus en plus l'éclairage naturel devient un paramètre clé dans la conception architecturale.

Cette importance réside dans le fait que la lumière naturelle possède beaucoup des effets bénéfiques sur la santé et elle est la plus adaptée à la physiologie de l'individu et par conséquent ; elle procure un meilleur confort visuel et une ambiance lumineuse agréable à l'intérieure des bâtiments. Par ailleurs la lumière naturelle a aussi un bénéfice environnemental et économique car elle contribue à la maîtrise des consommations d'énergie par la diminution d'emploi de l'éclairage artificiel.

L'Algérie est parmi les pays qui disposent d'un gisement solaire très important dans le monde, surtout les villes du sud caractérisées par un climat chaud et aride ; qui offre une grande disponibilité de la lumière naturelle. Dans ce contexte ; l'exploitation de la lumière naturelle dans les équipements culturels reste limite ou bien négligeable. Sur une échelle spécifique, les salles de lecture des bibliothèques, exigent un meilleur confort visuel afin de mieux pratiqué la lecture, mais aussi assurer

l'économie d'énergie Pour cela, le choix de la stratégie de l'éclairage naturel est très important et doit dépendre du climat lumineux de la région qui est dans notre cas la ville de Laghouat, sans oublier les exigences de la tâche à accomplir (la lecture).

I.1.Problématique:

La lumière naturelle constituait la seule source d'éclairage nécessaire de l'homme pour effectuer les différentes tâches et activités quotidiennes. La lumière du jour ainsi qu'une bonne lumière naturelle augmentent le bien-être et la capacité de concentration. Un bon éclairage des pièces a une grande importance pour le confort visuel.

Aujourd'hui, l'utilisation de l'éclairage artificiel commence à poser de sérieux problèmes à cause de la forte demande de l'énergie électrique. Et par la prise en compte de la disponibilité de l'éclairage naturel, des économies d'énergie appréciables peuvent être réalisées grâce à la diminution d'utiliser l'éclairage artificiel.

Cependant, L'éclairage d'une bibliothèque doit fournir un environnement lumineux performant et confortable, de façon à répondre aux exigences visuelles spécifiques à son activité pratiquée, mais aussi à éviter les différentes gênes visuelles propres à ce pratique (la lecture).

-Comment peut-on assurer le confort visuel dans un centre culturel durable au climat de la ville de Laghouat caractérisé par un gisement lumineux important (climat aride) ?

-Quel sont les dimensions des ouvertures donnant sur la terrasse et quel type de protection solaire permet d'assurer le confort visuel de la salle de lecture ?

I.2.Hypothèses:

Pour arriver à répondre aux problématiques posées, on a construit les hypothèses suivantes :

1. le confort visuel dans un centre culturel durable au climat de la ville de Laghouat caractérisé par un gisement lumineux important (climat aride) est assuré par la bonne utilisation de lumière naturelle.
2. La taille des ouvertures d'un bâtiment est un élément déterminant de la quantité de lumière extérieure qui parvient à l'intérieur des locaux. Alors qu'une ouverture bien dimensionnée est la solution adéquate pour un meilleur éclairage naturel, ainsi les brises soleil verticaux mobiles est considérées comme l'une des protections solaires efficaces pour garantir un confort visuel optimum à l'intérieur de salle de lecture.

I.3.Objectifs:

Les objectifs de cette recherche sont multiples, nous pouvons les récapituler en ceci :

- Valoriser la lumière naturelle comme élément stratégique d'un projet durable.
- Minimiser l'effets d'inconfort visuel dans le centre culturel.
- évaluer quantitativement, les performances lumineuses et le confort visuel dans une salle de lecture d'une bibliothèque (au sein d'un centre culturel durable).
- Voir l'efficacité des solutions proposées.

I.4.Méthodologie de recherche:

Dans le but d'atteindre les objectifs tracés, la démarche suivante va être suivie :

- La recherche thématique et bibliographique : (chapitre thématique) : Une analyse thématique Une récolte de tous les documents (livres, revues, mémoires et sites webographies...etc.) permettant la concrétisation de l'hypothèse et les objectifs et nous permettra une connaissance plus approfondie sur le thème. Il portera sur les aspects théoriques clés du thème de Recherche (architecture et environnement et confort).
- L'analyse des exemples : (chapitre analytique) : une analyse d'exemples durables et des synthèses qui auront pour but de définir un cadre susceptible d'aider à trouver des solutions à la problématique traitée.
- L'étude expérimentale : nous permettons d'évaluer le confort visuel d'un espace choisi du projet à travers des séries de simulation numérique par des logiciels (Ecotect et Radiance) ; Après l'interprétation des résultats obtenu, des recommandations et des synthèses seront présentée.
- La conclusion générale : C'est la synthèse du travail où on résume toute les démarches suivies.

I.5. Outils de recherche:

-On s'est basé dans la réalisation de ce travail sur la recherche des plusieurs sources et différentes données entre autres :

-Outils documentaires : des sites d'internet ainsi que les livres et les revues ayant traités de l'architecture environnementale, l'éclairage naturel et le confort visuel.

Outils informatiques : Le logiciel de simulation : ECOTECT, RADIANCE 2010.

I.6. Structure de Mémoire:

II. CHAPITRE THEMATIQUE

Introduction:

Depuis des années, l'humanité s'intéresse de plus en plus à l'environnement. Elle dénonce les effets des changements climatiques, des intempéries, des variations de température et des effets néfastes de tous types de croissance sur l'environnement. Dans ce chapitre on parle des concepts en architecture qui prennent en considération l'homme, son confort et son environnement.

II.1. L'architecture durable :

II.1.1. définition de l'architecture durable:

L'architecture durable (ou architecture écologique) est un système de conception et de réalisation ayant pour préoccupation de concevoir une architecture respectueuse de l'environnement et de l'écologie¹.

Il existe de multiples facettes de l'architecture écologique, certaines s'intéressant surtout à la technologie, la gestion, ou d'autres privilégient la santé de l'homme, ou encore d'autres, plaçant le respect de la nature au centre de leurs préoccupations. On peut distinguer plusieurs « lignes directrices » :

- le choix des matériaux, naturels et respectueux de la santé de l'homme ;
- le choix de la disposition des pièces (par exemple) pour favoriser les économies d'énergie en réduisant les besoins énergétiques ;
- le choix des méthodes d'apports énergétiques ;
- le choix du cadre de vie offert ensuite à l'homme (jardin...)

II.1.2. Les principes de la conception durable:

La maîtrise de la consommation d'énergie d'un bâtiment est primordiale dans la mise en œuvre d'une architecture durable². Elle est assurée grâce à :

a-L'orientation :

L'orientation du bâtiment doit être étudiée de façon à bénéficier et protéger les effets de deux facteurs climatiques distincts : 1. Le rayonnement solaire et ses effets ; 2. Les vents dominants.

C'est-à-dire, Elle répond à sa destination : les besoins en lumière naturelle, l'intérêt d'utiliser le rayonnement solaire pour chauffer le bâtiment ou, au contraire, la nécessité de s'en protéger pour éviter la surchauffe, aussi l'existence de vents pouvant refroidir le bâtiment en hiver ou le rafraîchir en été.³

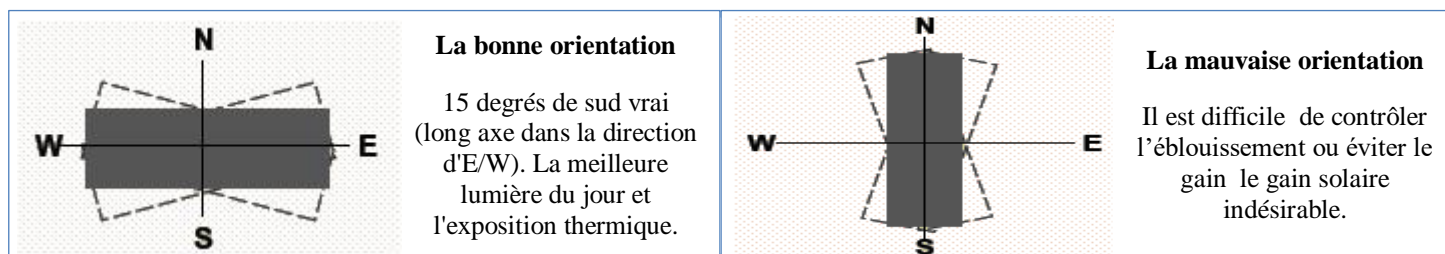


Figure 1: Critique des orientations du bâtiment. Source: www.Daylighting classrom buildings.com

¹ Dominique Gauzin-Müller, 2001 ; Architecture écologique ; éd. Le Moniteur (10 novembre 2001) ; (ISBN 2-281-19137-0.)

² www.architecte-batiments.fr/architecture-ecologique/ visité le 14.12.2019/9 :30.

² www.architecte-batiments.fr/architecture-ecologique/ visité le 14.12.2019/9 :30.

³ Alain Liébard, André de Herde 2005 « Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques » p 64a.

b-L'implantation :

L'implantation judicieuse d'un édifice détermine l'éclairage, les apports solaires, les déperditions, les possibilités d'aération, etc. Ainsi le choix d'une implantation par rapport aux autres constructions, aux obstacles naturels et artificiels, aux nuisances sonores, et le choix d'orientation des façades permettront, ou non, d'exploiter leur potentiel d'ombrage, de rafraîchissement par les effets de masques, par les brises ou vents dominants.⁴

c-La forme de bâtiment :

Le coefficient de la forme, ou compacité, mesure le rapport de la surface de l'enveloppe déprédative au volume habitable. Il indique le degré d'exposition de bâtiment aux conditions climatiques ambiantes. Il permet de qualifier les volumes construits en indiquant leur degré d'exposition aux conditions climatiques ambiantes.⁵

Pour limiter les circulations et les surfaces de façades, sources de déperditions thermiques, les volumes doivent être compacts. Un zonage selon les fonctions des pièces permet des économies de chauffage et d'éclairage.

d-Les stratégies thermiques :

-Le confort d'hiver :

Au confort d'hiver répond la stratégie du chaud : capter la chaleur du rayonnement solaire, la stocker dans la masse, la conserver par l'isolation, et la distribuer dans le bâtiment tout en la régulant.⁶

-Le confort d'été :

Au confort d'été répond la stratégie du froid : se protéger du rayonnement solaire et des apports de chaleur, minimiser les apports internes, dissiper la chaleur en excès et refroidir naturellement.⁶

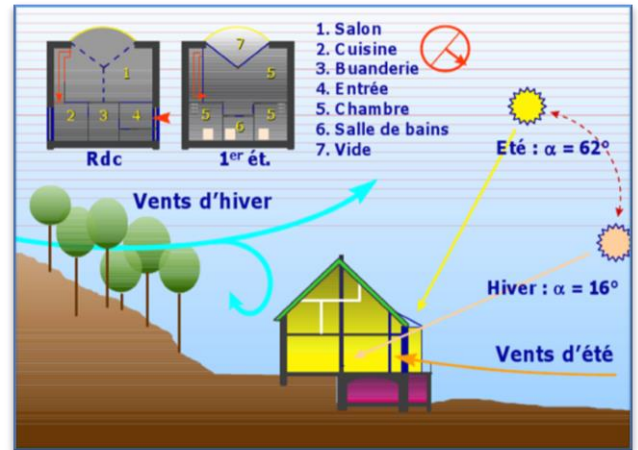


Figure 2: L'implantation tient compte du relief, des vents locaux, de l'ensoleillement. Source : Liébard, A. et De Herde, A., 2005

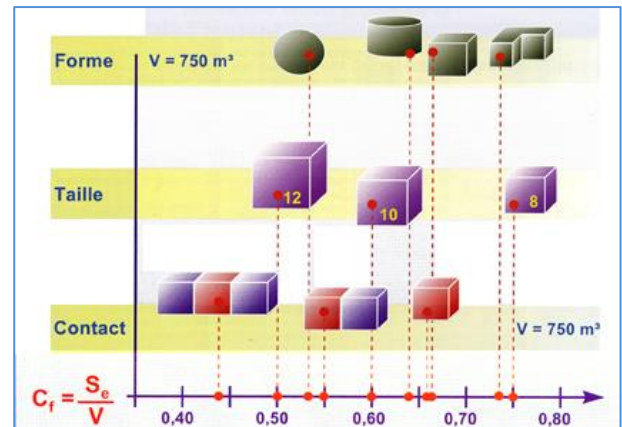


Figure 3 : La compacité varie suivant la forme, la taille et le mode de contact des volumes construits. Source : Liébard, A. et De Herde, A., 2005

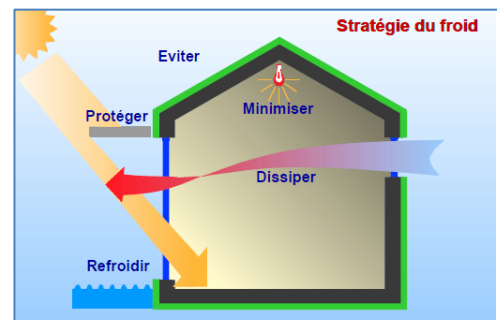


Figure 4 : Stratégie du froid, Source : Liébard, A. et De Herde, A., 2005

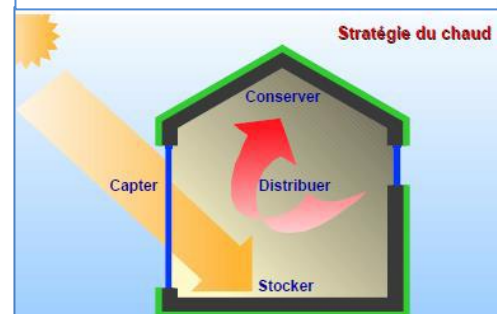


Figure 5 : Stratégie du chaud, Source : Liébard, A. et De Herde, A., 2005

⁴ Idem/p 63a.

⁵ Idem/p 83a.

⁶ Idem/p 31a ;p32a.

e-L'isolation thermique :

Elément le plus efficace et le moins coûteux 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 énergie pour le chauffage et la climatisation sont donc réduits d'autant.⁷

f-La végétation :

La végétation permet l'ombrage, filtre les poussières en suspension, fait écran aux vents tout en favorisant la ventilation, oxygène l'air et le rafraîchit par évapotranspiration. Elle est un outil efficace de protection solaire et de contrôle du rayonnement, elle permet de stabiliser la température de l'air.⁸

g- Energies renouvelables :

Les énergies renouvelables englobent toutes les énergies inépuisables qui, depuis toujours, nous viennent du soleil, directement sous forme de lumière et de chaleur, ou indirectement par les cycles atmosphériques et la photosynthèse. Le soleil dispense un rayonnement électromagnétique qui constitue notre source lumineuse et thermique. -Le solaire thermique, le solaire photovoltaïque, l'éolien, la géothermie, la micro hydro-électricité et la filière bois-énergie sont les principales filières des énergies renouvelables.

Une plus grande utilisation de ces énergies signifierait, à la fois, la réduction de la vitesse d'épuisement des ressources en énergies fossiles et une meilleure protection de l'environnement grâce, entre autres, à la réduction des rejets de combustion.⁹

h-La gestion de l'eau, de l'air et des déchets :

Un poste ou de nombreux gaspils énergétiques peuvent être épargnés. 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.

Des méthodes de tri et de compostage ou de méthanisation, par exemple, permettent aussi de recycler les déchets de matières organiques en fertilisants ou gaz naturels. Des systèmes de récupération d'eaux de pluies pour l'arrosage sont autant d'équipements simples qui limiteront la consommation d'eau potable⁸.

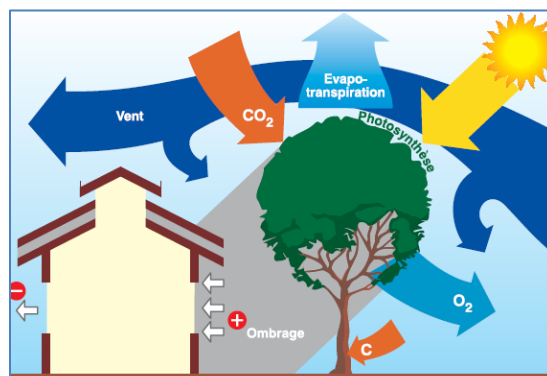


Figure 6: les effets de végétation, Source : Liébard, A. et De Herde, A., 2005

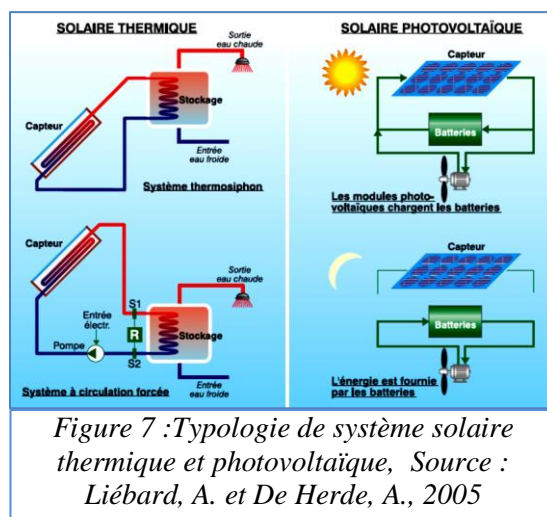


Figure 7 : Typologie de système solaire thermique et photovoltaïque, Source : Liébard, A. et De Herde, A., 2005

⁷ Alain Liébard, André de Herde 2005 « Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques » p 129a.

⁸ Idem/p 139a.

⁹ www.architecte-batiments.fr/1-architecture-durable-en-pratique/ visité le :12.01.2020/8:00.

i-La sécurité : fournissent une sécurité optimale contre les catastrophes naturelles¹⁰.

j -Le bien être : offrent un environnement intérieur approprié : qualité de l'air, lumière, acoustique et esthétique spécifiques¹⁰.

k-Les matériaux :

Une importance particulière doit donc être 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 production¹⁰.

II.2. le confort visuel :

La notion de confort aide l'architecte à intégrer au mieux le bâtiment à son environnement et son climat. Pour définir le confort visuel on va essayer d'abord de définir le «Confort».

II .2.1. Définition de confort :

Tout ce qui contribue au bien-être et à la commodité de la vie ; Le confort n'existe pas, ce n'est que par l'inconfort qu'on peut l'apprécier¹¹.

II .2.2. Définition de confort visuel :

Comme le décrit MUDRI, 2002 « 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 tension »¹².

Le confort visuel est une sensation totalement subjective, les facteurs significatifs sont, entre autres, l'âge et l'acuité visuelle. Cette sensation de confort dépend également de l'objet à percevoir, de sa taille, de son aspect, et de sa couleur. La lumière éclairant l'objet est un facteur essentiel par sa quantité, sa distribution et sa qualité. En découlement l'éclairage, la luminance, la contraste, l'éblouissement et le spectre lumineux¹³.

II .2.3. Les paramètres de confort visuel:

L'environnement visuel nous procure une sensation de confort quand nous pouvons voir les objets nettement et sans fatigue dans une ambiance colorée agréable. L'obtention d'un environnement visuel confortable dans un local favorise le bien-être des occupants. Par contre, un éclairage trop faible ou trop fort, mal réparti dans l'espace ou dont le spectre lumineux est mal adapté à la sensibilité de l'œil ou à la vision des couleurs, provoque à plus ou moins longue échéance une fatigue, voire même des troubles visuels, accompagnés d'une sensation d'inconfort et d'une performance visuelle réduite. Les paramètres du confort visuel pour lesquels l'architecte joue un rôle prépondérant sont¹⁴ :

¹⁰ www.architecte-batiments.fr/l-architecture-durable-en-pratique/ visité le :12.01.2020/08 :17.

¹¹ René, Vittone., 1996. Bâtir, manuel de la construction. presses polytechniques et universitaires Romandes, 1^{ère} édition.

¹² MUDRI, Ljubica.2002 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.

¹³ Alain Liébard, André de Herde 2005 « Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques » p 129a.

¹⁴ Idem 17.

- Le niveau de d'éclairément de la tâche visuelle ;
- une répartition harmonieuse de la lumière dans l'espace ;
- les rapports de luminance présents dans le local ;
- l'absence d'ombres gênantes ;
- la mise en valeur du relief et du modèle des objets ;
- une vue vers l'extérieur ;
- un rendu des couleurs correct ;
- une teinte de lumière agréable ;
- l'absence de l'éblouissement.
- des contrastes modérés



Figure 8 :Les paramètres du confort visuel. Source : Liébard, A. et De Herde, A., 2005

Il est cependant très difficile de quantifier les valeurs idéales que ces paramètres devraient atteindre : il n'existe en effet pas de solution universelle au problème du confort visuel car celui-ci sera influencé par le type de tâche, la configuration du lieu, et les différences individuelles. De plus, le jugement de la Qualité de la lumière sera influencée par des aspects personnels, culturels et historiques¹⁵.

¹⁵ Alain Liébard, André de Herde 2005 « Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques » p 251a.

II.3. L'éclairage naturel :

II .3.1. Définition de l'éclairage naturel:

D'une manière générale, l'éclairage naturel aussi appelé lumière du jour, est défini comme étant : L'éclairement d'un objet par la lumière naturelle, en l'absence de tout appareil artificiel¹⁶. Dépend donc de trois facteurs : le Soleil, le ciel et les objets environnants. On entend l'éclairage produit par la voûte du ciel et les réflexions de l'environnement, à l'exclusion de l'éclairement direct du Soleil¹⁷.

II .3.2. Les sources de l'éclairage naturel:

a) le soleil :

Le soleil est la seule origine du rayonnement visible direct, La lumière naturelle sous un ciel claire atteint un éclairement au sol de 60.000 à 100.000 lux qui s'avèrent faciles à capter et à diriger.¹⁸.

b) le ciel :

Le ciel ne produit pas de la lumière il modifie par réflexion ou par réfraction le rayonnement diffusé de soleil. En effet, la lumière reflétée du ciel se propage dans toutes les directions, génère peu d'éblouissement et ne provoque pas de surchauffe mais elle peut être considérée comme insuffisante dans de nombreux cas. Face à la multitude de conditions météorologiques existantes, les types de ciels qui ont été établis pour les études d'éclairement¹⁷ :

*Ciel uniforme.

*Ciel couvert.

* Ciel clair sans soleil.

*Ciel clair avec soleil.

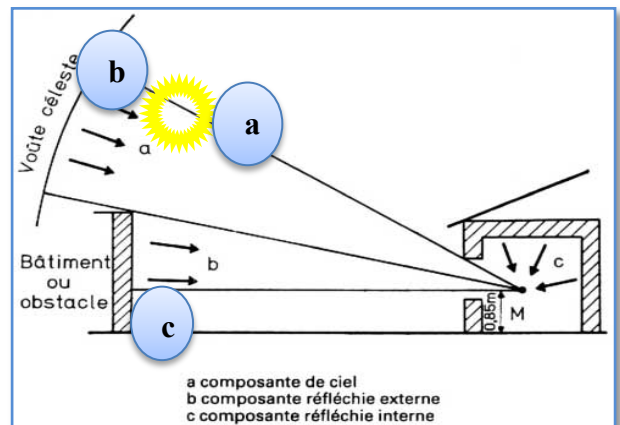


Figure 9 : source de l'éclairage naturel. Source : éclairage naturel par François BOUVIER (édité par l'auteur).



Figure 10 : types de ciel. Source :www.sites.uclouvain.be

¹⁶ W. C. BROWN et K. RUBERG. «RSB 88 : Facteurs de performance des fenêtres ». Canada.1988 .en ligne :www.irc.nrc-cnrc.gc.ca/bsi/rsb.html / visité le :29.12.2019/10 :23.

¹⁷ MUDRI, Ljubica. 2002.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 1-3.

¹⁸ BOUVIER François.1981 « Eclairage naturel », Technique de l'ingénieur, Paris (1981),p 35 .

c) **Les objets environnants** : Presque tous les objets opaques éclairés réfléchissent la lumière ; seuls les absorbeurs parfaits, totalement noirs ne le font pas. Les autres corps ont, soit une réflexion vitreuse, soit une réflexion diffuse. La lumière réfléchiée par les corps opaques contribue à éclairer les objets situés au voisinage de ces corps directement éclairés. Dans la mesure où la grande majorité des objets n'ont qu'un faible pouvoir réflecteur, qu'ils agissent de plus par réflexion diffuse et donc dispersent la lumière, leur pouvoir éclairant est faible¹⁹.

II .4. L'éclairage latéral:

L'éclairage latéral caractérisé par l'usage de prises de jour en façade est associé, selon C. TERRIER et B. VANDEVYVER²⁰, aux locaux de faible hauteur sous plafond : de 2,50 mètres à 3 mètres. C'est le type d'éclairage le plus utilisé et le plus ancien et qui répond à trois besoins fondamentaux : la lumière, la vue et la ventilation. Une intégration des dispositifs de protection solaire est souvent mise en place à fin de réduire l'éblouissement grâce à la pénétration du flux lumineux indirecte. Il est impératif de noter aussi que l'éclairage naturel latéral est accompagné de l'effet du contraste qu'on peut diminuer à l'aide de l'éclairage bilatéral ou à l'aide d'autres moyens tel que la taille des ouvertures, leurs dispositions ; etc.



Figure 11 :L'éclairage latéral Source : www.energieplus-lesite.be

Les ouvertures latérales ne voient qu'une partie du ciel. Par ciel couvert, ces ouvertures verticales ont donc des performances lumineuses nettement plus faibles que les ouvertures horizontales. En outre, la lumière pénètre latéralement dans les locaux, ce qui peut créer des situations de contre-jour ou d'éblouissement à proximité des fenêtres. Cependant, les fenêtres latérales en façade sud transmettent un maximum de rayons solaires en hiver, ce qui favorise l'utilisation des gains solaires, tout en limitant les pénétrations estivales et les surchauffes qu'elles induisent²¹.

¹⁹ BOUVIER François.1981 « Eclairage naturel », Technique de l'ingénieur, Paris (1981),p 36 .

²⁰ TERRIER. Christian et VANDEVYVER. Bernard.1999. "L'éclairage naturel", fiche pratique de sécurité,Paris : ED 82, Travail et Sécurité, (Mai 1999), p1 [En ligne] <https://fr.calameo.com/>. / visité le :15.12.2019/15 :40.

²¹ Eclairage naturel et ses variations, www.energieplus-lesite.be/ visité le03-03-2020, 12 :15.

II .4.1. Exigences de l'éclairage latéral :

a) Aspects thermiques et éblouissement :

Lors de la conception d'un dispositif d'éclairage latéral, il faut tenir compte des aspects thermiques du rayonnement solaire et de l'éblouissement. En effet, il faut éviter la pénétration directe des rayons solaires sur les plans de travail afin d'empêcher l'éblouissement des occupants. Un autre objectif consiste à réaliser une bonne isolation thermique afin d'éviter un apport excessif de chaleur dans l'ensemble du local, notamment en été. Ce surplus thermique conduisant à l'effet de serre. Ces deux objectifs seront atteints par un choix judicieux de l'orientation des vitrages et par un système de protection solaire performant.²²

b) Incidences par rapport à l'acoustique :

Dans le cas de prises de jour latérales, le concepteur doit concilier, en plus des contraintes thermiques, les contraintes acoustiques avec les exigences en matière d'éclairage naturel. Une attention toute particulière doit être portée à l'acoustique aussi bien pour les bruits venant de l'extérieur que de l'intérieur lorsqu'on a une grande proportion de vitrage. Pour cela, l'étude acoustique du local doit être réalisée en fonction de sa disposition, des bruits et du type de vitrage choisi, en sachant que plus le coefficient de transmission acoustique du vitrage n'est élevé, plus les ondes sonores venant de l'extérieur ne sont retransmises vers l'intérieur des locaux.²³

Plusieurs solutions sont proposées par CIBSE²⁴ Afin de réduire la pénétration des nuisances sonores extérieures. Parmi ces solutions, nous citerons :

- ❖ l'usage d'ouverture fixe.
- ❖ la conception de barrières acoustiques minérales ou végétales.
- ❖ l'usage du double vitrage acoustique (fenêtre avec lame d'air intérieure importante).
- ❖ l'usage de vitrage épais.
- ❖ la réduction de la surface des ouvertures.

c) Incidences par rapport à la sécurité:

Un autre critère à prendre en compte pour un dispositif d'éclairage latéral est celui de la sécurité. En effet, les vitrages doivent répondre à des critères de résistance aux chocs et au feu. Il est également nécessaire que, en l'absence de climatisation, les fenêtres puissent s'ouvrir afin d'assurer le renouvellement d'air.²⁵

d) Vue sur l'extérieur:

Les locaux doivent comporter, à hauteur des yeux, des baies transparentes donnant sur l'extérieur. Ce paramètre est essentiel pour le bien être psychologique des occupants.²⁶

²² TERRIER. Christian et VANDEVYVER. Bernard.1999. "L'éclairage naturel", fiche pratique de sécurité, Paris : ED 82, *Travail et Sécurité*, (Mai 1999), p2 [En ligne] www.lhotellerie-restauration.fr, visité le :21.05.2020/00 :00.

²³ Idem 27 , p3

²⁴ The Chartered Institution of Building Services Engineers. Applications manual: Window design, London: CIBSE, 1987, p 15.

²⁵ Idem 27 , p4

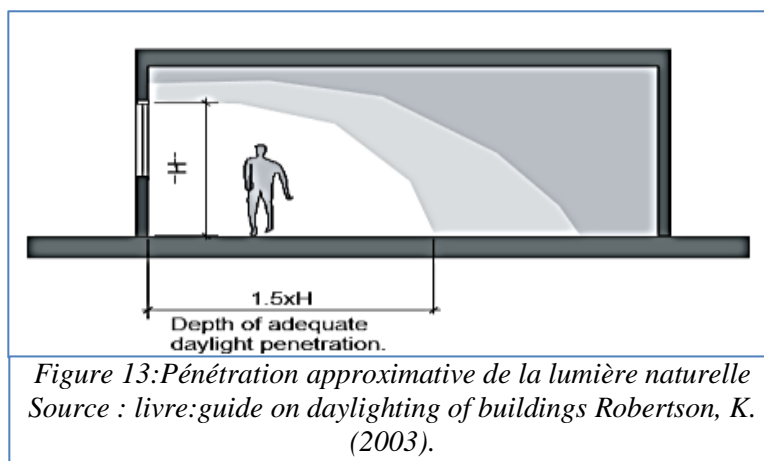
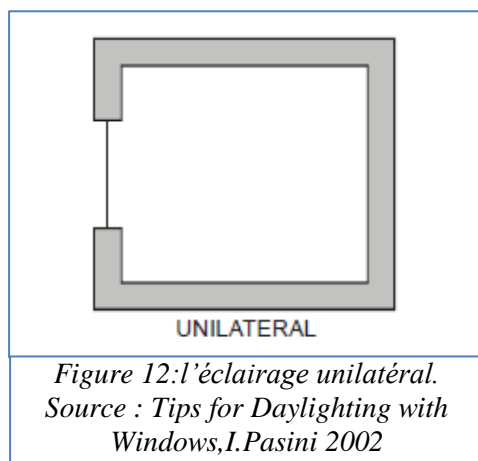
²⁶ Idem 27 , p4

II .4.2. Types d'éclairage latéral :

a)Eclairage unilatéral :

Il s'agit d'un éclairage fourni par une ou plusieurs ouvertures verticales disposées sur une même façade d'une orientation donnée (figure12). Cette disposition permet de réaliser des effets de relief et des harmonies de contrastes. L'inconvénient que présente ce type de système d'éclairage naturel est la possibilité d'ombres gênantes, dues aux allèges par exemple, surtout si les parois du local sont sombres. Mais le défaut majeur est que l'éclairage intérieur résultant est très peu uniforme, car il est fortement influencé par la profondeur du local.

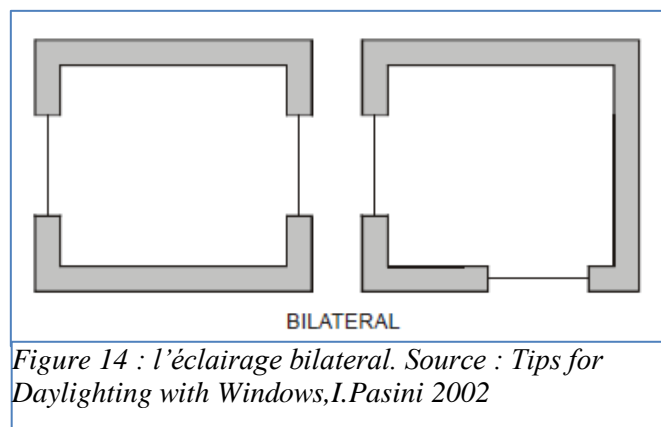
D'après K. Robertson²⁷, une lumière du jour suffisante pénètre sur une distance d'une fois et demie la hauteur de l'ouverture au-dessus du plancher (Figure13), bien que cette distance puisse atteindre deux fois cette hauteur sous un ensoleillement direct.



b) Eclairage bilatéral :

L'éclairage bilatéral consiste à avoir des ouvertures verticales sur deux murs, soit parallèles, soit perpendiculaires, d'un même local.

Cette solution remédie au défaut majeur que pose l'éclairage unilatéral. En effet, selon A. VANDENPLAS²⁸, la profondeur des pièces éclairées par un dispositif bilatéral peut atteindre facilement quatre fois la distance entre le plafond et le plan utile. Ce qui permet d'éclairer efficacement un local de dimensions plus importantes que celles permises par un éclairage unilatéral. En plus, il procure un éclairage plus uniforme et réduit les contrastes ainsi que les risques d'éblouissement.



²⁷ Robertson, K. (2003). guide on daylighting of buildings. Ontario: SCHLCMHC.

²⁸ Comité National Belge de l'Eclairage- Commission de l'Eclairage Naturel, L'éclairage naturel et ses applications. Bruxelles : S.I.C, 1964, p123.

c)Éclairage multilatéral :

L'éclairage multilatéral provenant de plusieurs ouvertures présente de nombreux avantages, notamment :

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

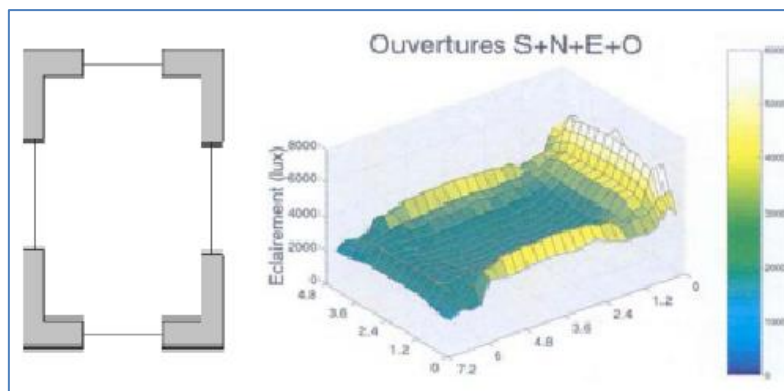


Figure 15 :L'impact de répartition des ouvertures d'éclairage multilatérale,
Source : www.sites.uclouvain.be/eclairage-naturel/guide_confort

Mais il présente certaines contraintes dont la plus importante consiste à augmenter les risques de surchauffe en période estivale ainsi que les déperditions de chaleur en période hivernale.

II .4.3. Modes d'influence des différents paramètres de l'éclairage latéral:

La baie vitrée en façade est le moyen le plus simple et le plus répandu d'apporter de la lumière naturelle à l'intérieur d'un local. Cependant, une grande surface de vitrage sur une façade ne permet pas à elle seule de définir si l'éclairage naturel latéral sera optimisé. En complément, Plusieurs paramètres influencent l'éclairage naturel latéral, à savoir : L'orientation, la forme des ouvertures, leur position, la surface vitrée (taille), les matériaux de transmission, ainsi que les obstructions extérieures et d'autres facteurs²⁹.

a)L'influence de 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.
- ❖ angle du ciel visible depuis l'ouverture, exprime en degrés ³⁰.

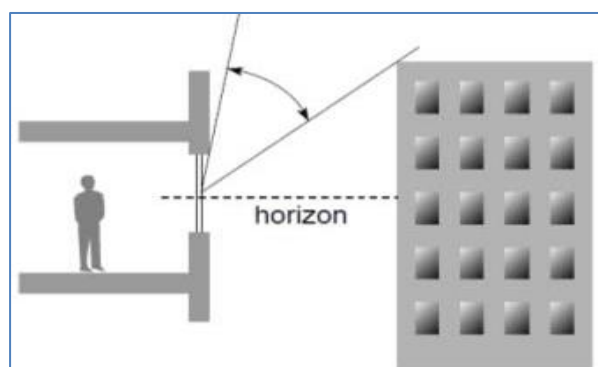


Figure 16 : angle du ciel visible depuis l'ouverture. Source : *Tips for Daylighting with Windows*, A. Robinson et S.Selkowitz 2013

²⁹ ICEB institut pour la conception éco responsable du bati, 2014 « guide boi tech éclairage naturel » Mars 2014. P 76.

³⁰J. Lynes 1979, "A Sequence for Daylighting Design," Lighting Research and Technology, 1979.

II. CHAPITRE THEMATIQUE

La taille des fenêtres d'un bâtiment, en général, est un élément déterminant de la quantité de lumière extérieure qui parvient à l'intérieur des locaux : Pour une orientation sud, le 15 Juin à 13 heures et ciel clair, les simulations de trois modèles de base (ou les pourcentages des surfaces des ouvertures sont en rapport avec les surfaces des planchers : 10% de S_{Plancher} , 15% de S_{Plancher} . Et 20% de S_{Plancher}) montrent bien une réduction de l'éclairage moyen de la pièce proportionnellement à la diminution des surfaces vitrées.

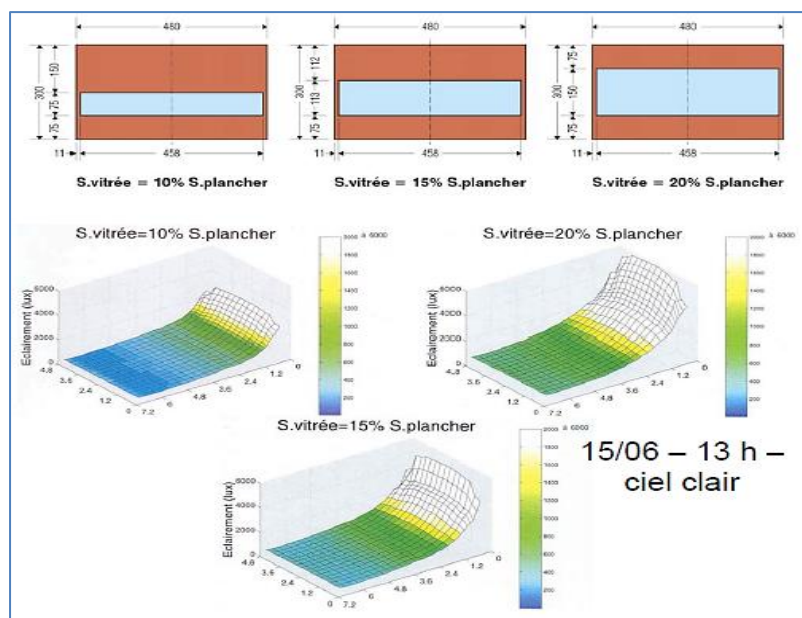


Figure 17 : L'éclairage d'un espace relatif selon la taille de la fenêtre. Source : guide de l'éclairage naturel M. Bodart, 2000

L'éclairage en fond du local vaut 200 lux, 400 lux et 600 lux pour les ouvertures de 10%, 15% et 20%.

Pour un vitrage ordinaire, les surfaces des fenêtres doivent être inférieures à 55% pour éviter la génération du phénomène de l'éblouissement³¹.

Pour le rapport fenêtre/mur en cas d'utilisation d'un vitrage ordinaire, est très supérieur à 25 % réduit considérablement l'énergie nette pour des bâtiments. Mais que le rapport des fenêtres/mur autour de 25% a permis à la lumière du jour d'être transmise en maintenant le potentiel pour des économies d'énergie globale plus grande dû à des charges d'éclairage réduite³².

b) L'influence de la Forme des ouvertures latérales:

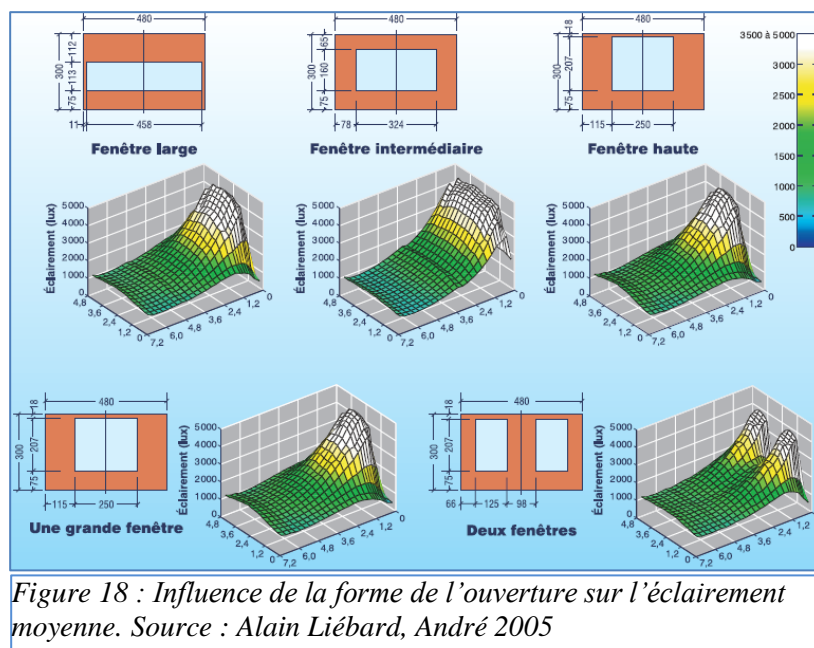
Les simulations de cinq cas des fenêtres (ont une superficie vitrée totale identique et la même hauteur et leur allège est située au même niveau par rapport au sol) sont montrées que la moyenne des éclairages varie peu, mais la répartition de la lumière dans la partie du local avoisinant les fenêtres 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.

³¹ M. Bodart, A. de Herde, 1999, Guide d'aide à l'utilisation de l'éclairage artificiel en complément à l'éclairage naturel, pour un meilleur confort visuel et de substantielles économies d'énergie, Ministère de la Région Wallonne, DG TRE, Division Energie, 1999 (en ligne : /sites.uclouvain.be). visité le : 28.04.2020 /13 :20.

³² Christoffersen, J., 2006, Evaluation methods and development of a new glare prediction model for daylight environments with the use of CCD cameras. Energy and Buildings 38(7): 743-757.

Donc une forme d'ouverture optimisée peut augmenter la qualité de l'éclairage naturel en limitant les effets de contrastes et les zones d'ombres. On préférera :

- une fenêtre large à la place de plusieurs petites fenêtres étroites afin de limiter une succession de contrastes forts,
- à 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 étroites³³.

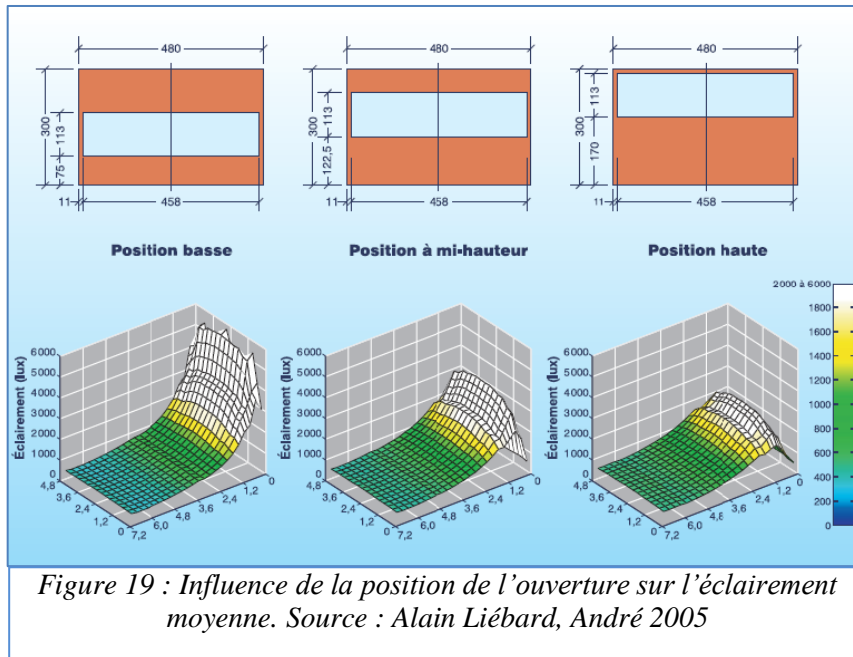
c) L'influence de Position des ouvertures latérales:

Selon l'étude de CADIERGUES³⁴, une ouverture horizontale (ou carrée) placée le plus haut possible apporte plus de lumière du jour qu'une fenêtre de même forme placée au niveau du plan utile, car la luminance du ciel croît de plus en plus de l'horizon au zénith, augmentant avec elle la composante directe du facteur de lumière du jour à l'intérieur du local. En effet, il s'avère qu'en passant de la baie horizontale placée au niveau du plan utile (cas1) à la baie horizontale placée le plus haut possible (cas3), l'éclairage du fond croît de 50%. Cependant, opter pour une baie horizontale haute n'est pas toujours possible pour des raisons de prospect, de vue sur l'extérieur mais aussi pour des raisons esthétiques.

Les impostes permettent à la lumière naturelle d'entrer plus en profondeur dans un local. En revanche, les ouvertures situées en dessous de la hauteur du plan utile auront peu d'impact sur la quantité de lumière qu'il recevra. On observe également qu'une zone d'ombre est créée sous l'allège dans le cas d'ouvertures trop hautes.

³³ BOUVIER François. 1981 « Eclairage naturel », Technique de l'ingénieur, Paris (1981), p 35 .

³⁴ CADIERGUES in A. VANDENPLAS. 1964, Comité National Belge de l'Eclairage- Commission de l'Eclairage Naturel, L'éclairage naturel et ses applications. Bruxelles : S.I.C, 1964, p122

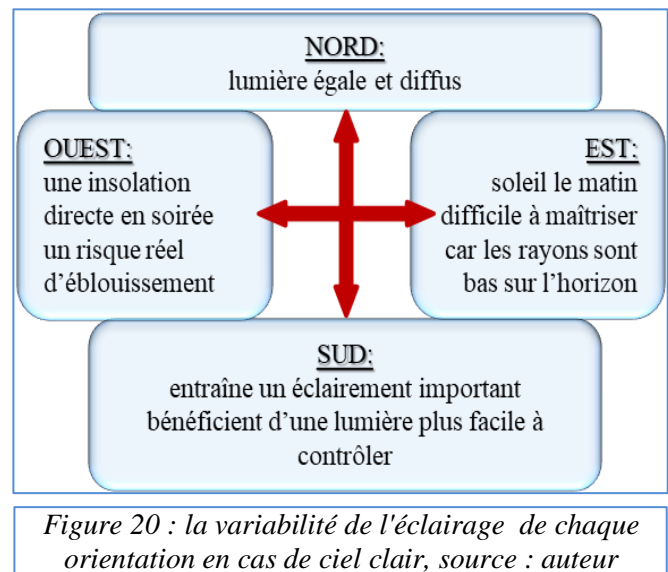


Ces simulations nous montrent qu'une allège vitrée est peu efficace sur l'éclairage naturel. En revanche, la combinaison d'une fenêtre en imposte et une à hauteur d'œil est la configuration optimale pour l'éclairage naturel. Plus la fenêtre est élevée, mieux le fond du local est éclairé.

d) L'influence de l'orientation de l'ouverture latérale:

La variabilité des répartitions de luminances sur la voûte céleste implique que l'orientation d'une baie, à taille identique, auront un impact sur le flux de lumière naturelle qui la traverse³⁵.

Lorsque le ciel est couvert, le rayonnement lumineux est diffusé dans toutes les directions. C'est pour cette raison que les ouvertures verticales captent la lumière naturelle de manière similaire, indépendamment de leur orientation. Par contre, lorsque le ciel est clair, l'orientation de l'ouverture influence directement la quantité de lumière captée :



grâce à une ouverture latérale orientée Sud, le local bénéficie d'une lumière naturelle plus facile à contrôler et d'un ensoleillement maximal en hiver et en mi-saison, ce qui est souvent l'idéal. En été, les apports solaires sur cette surface sont nettement inférieurs qu'à l'Est ou à l'Ouest, car ils sont diminués par un facteur égal au cosinus d'angle d'incidence. Par contre, les locaux éclairés par des ouvertures orientées au Nord bénéficient toute l'année d'une lumière uniforme

³⁵ ICEB institut pour la conception éco responsable du bâti, 2014 « guide boi tech éclairage naturel » Mars 2014. P 76.

et du rayonnement solaire diffus. Pendant l'été, ils peuvent être exposés à l'éblouissement, difficile à contrôler car le soleil est bas au coucher et au lever.³⁶

e) L'influence de la profondeur de local :

Autres alternatives pour vérifier l'uniformité de l'éclairage naturel dans un espace. La profondeur de l'espace ne doit pas dépasser le double de la hauteur du sol au linteau de la fenêtre. C'est ce qu'on appelle la règle du pouce³⁷.

L'indice de profondeur I_p est l'un des caractéristiques d'un local éclairage unilatéral, il est défini comme le ratio entre la profondeur du local et la hauteur sous linteau au-dessus de la surface utile³⁸ :

- si $I_p < 2$ et $I_c > 1/6$ alors le local est très clair.

- si $2 < I_p < 3$ et $I_c > 1/6$ alors le local n'est pas très clair mais il est toujours dans la classe des locaux suffisamment éclairés. L'éclairage n'est pas uniforme. Le fond du local est peu clair à cause de la profondeur.

- si $I_p > 3$ quel que soit I_c , alors le fond du local est sombre.

- si $1/10 < I_c < 1/6$ alors le local est peu clair mais $I_p < 2$ évitera un fond très sombre, l'éclairage sera plutôt uniforme. En revanche si $I_p > 2$ alors le local n'est pas suffisamment éclairé. Sachant que : I_c l'indice de vitrage corrigé est le rapport entre la surface du vitrage sur la surface du sol corrigé par le facteur de transmission du vitrage TL .

f) L'influence de l'obstruction extérieure :

Il est défini comme étant l'angle sous lequel l'obstacle extérieur est vu depuis le centre de la fenêtre, la valeur de l'angle d'obstruction joue un rôle important dans la disponibilité de l'éclairage naturel à l'intérieur d'un local (voir figure 16). Si un local fait face à une obstruction qui ne dépasse pas 25° au-dessus de l'horizon alors le potentiel d'éclairage naturel du local sera favorable. Dans le cas contraire, il faudra évaluer avec attention l'impact de l'obstruction sur la qualité de l'éclairage naturel du local³⁹.

g) L'influence des matériaux de transmission :

La transmission lumineuse du vitrage est une donnée technique variant en fonction du matériau utilisé et de son traitement (verre feuilleté, verre coloré, couche réfléchissante) entre autres. Les éventuels traitements de surface rapportés tels que la sérigraphie par exemple, font chuter de façon très sensible la transmission lumineuse⁴⁰.

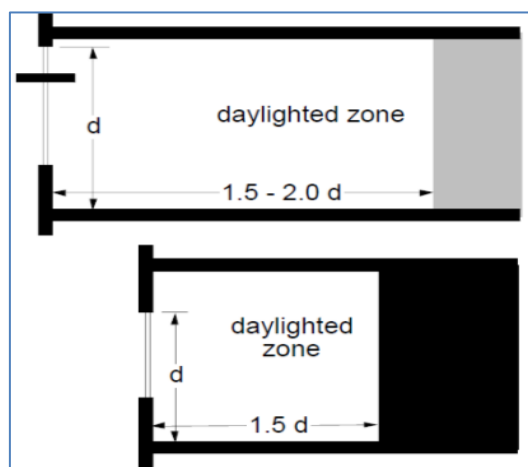


Figure 21 : Pénétration typique de la lumière du jour, la règle du pouce Source : *Tips for Daylighting with Windows*, A. Robinson et S. Selkowitz 2013

³⁶ DE HERDE. ANDRE ET AL. www-energie.arch.ucl.ac.be, visité le : 11.05.2020 /21 :20.

³⁷ G. Stevens 1988., *the Reasoning Architect*, 3rd ed., Sydney: The University of Sydney, p352.

³⁸ Bernstein D., Champetier JP., Hamayon L., Mudri L., Traisnel JP., Vidal T., 2007, *Traité de construction durable*. Editions, Le Moniteur, 2007. p816.

³⁹ Paul Littlefair, 2002, *Site layout planning for daylight and sunlight: a guide to good practice*. 2^{ème} édition. BRE Press, 2002, p88

⁴⁰ ICEB institut pour la conception éco responsable du bâti, 2014 « guide boi tech éclairage naturel » Mars 2014. P 76.

Lorsque en étudié une fenêtre dans son entièreté, il faut être conscient de fait que la menuiserie atténue très fortement la transmission lumineuse de la fenêtre. Par exemple le pourcentage de la surface du vitrage obstrué par un châssis ouvrant est déjà 55 % et le découpage de la fenêtre en petite carreaux diminue encore la surface vitrée nette de 10%.⁴¹.

Le facteur de transmission lumineuse de vitrage ou **TL** est le pourcentage du rayonnement solaire dans le bâtiment est d'autant plus grande que le facteur de transmission lumineuse d'un vitrage est élevé. Le type de vitrage (simple, double, absorbant, réfléchissant...) affecte directement la transmission lumineuse à travers la fenêtre. Les vitrages clairs sont connus pour leur haute capacité à laisser passer la lumière à l'intérieur des bâtiments (voir tableau01).⁴²

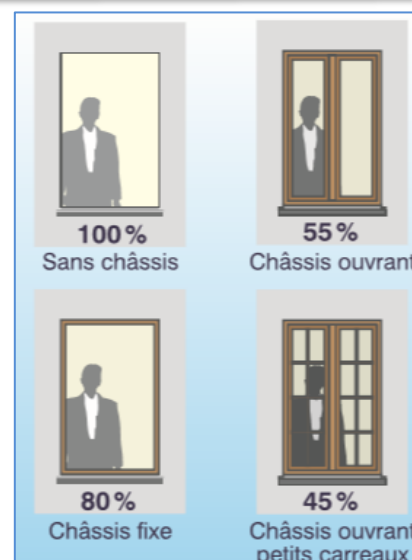


Figure 22 : impact de châssis sur la surface nette de vitrage, Source : Alain Liébard, André 2005

Matériau	Transmission lumineuse (%)
Simple vitrage clair	≈ 90
Double vitrage clair	≈ 81
Double vitrage clair basse émissivité	≈ 78
Triple vitrage clair	≈ 74
Polycarbonate opalin	≈ 50

Table 1 : facteur de transmission de différents types de vitrage, Source : « guide boi tech éclairage naturel » ICEB , Mars 2014.

II .5. Conception de l'ombrage :

II .5.1. Définition :

Les dispositifs d'ombrage sont des éléments de contrôle de solaires que des éléments d'occultation seulement. Le concept contrôle y désigne trois actions : *réorientation*, *redistribution* ou *occultation*. Les différents effets nocifs du soleil direct (insolation) et indirect (température) sont habituellement traités par des dispositifs d'ombrage, mais fréquemment ces dispositifs interfèrent également avec les autres fonctions d'une fenêtre⁴³.

II.5.2. Les objectifs :

Les objectifs de contrôle solaire sont⁴⁴ :

- Faire contrôler les rayonnements solaires et participer à l'amélioration des conditions intérieures.
- Réduire au minimum l'énergie solaire entrant dans l'espace intérieur et diminuer de ce fait la température moyenne de l'espace.

⁴¹ Alain Liébard, André de Herde 2005, Livre traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques- p 279a

⁴² Idem 46- p 268a

⁴³ Baker, N. & Steemers, K., 2002, daylight design of buildings, a handbook for architects and engineers ,james& james ,London,p224.

⁴⁴ Francisco, J.J. de Almeida., 2001. Contribution to the definition of design and control strategie for sunbreakers. Plea. The 18th international conference on passive and low energy Architecture, Florianopolis, Brazil, 7-9 Nov.

- Contrôler la pénétration des rayonnements solaires directs, qui sont souvent indésirable dans les environnements intérieurs.
- Contrôler l'environnement visuel (couleur, lumière, contraste, vues vers et de l'extérieur).
- Suppression de l'insolation directe et réduire la luminosité locale des surfaces qui peuvent présenter des sources d'éblouissement aux occupants.
- Éviter la vue de lumière lumineuse des surfaces extérieures, de ciel ou de soleil lui-même.
- Fournir une protection physique aux vitrages contre les agressions.

II.5.3. Les différentes catégories de contrôle solaire (dispositifs d'ombrage) :

Elles sont classifiées sous plusieurs catégories, entre autre :

a) les dispositifs de contrôle solaire ordinaire :

Ils se divisent en plusieurs catégories :

-Les protections liées à l'environnement :

Elles se constituent essentiellement de la végétation et les constructions voisines. La végétation doit être choisie soigneusement en prenant en compte son espèce et ses caractéristiques dimensionnelles. Ces dernières influencent la forme de l'ombre en été comme en hiver⁴⁵. (figure23)

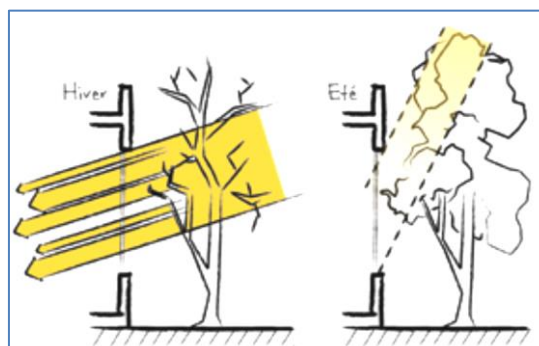


Figure 23 : protection solaire par la végétation en été et en hiver. Source: guide boi tech éclairage naturel » ICEB , Mars 2014.

-Les éléments architecturaux:

Plusieurs éléments de façade participant à la définition architecturale du bâtiment tels que les balcons, les arcades, les corridors, les encorbellements et tout décrochement du volume de bâtiment peuvent produire un ombrage sur certaines parties de façade⁴⁶.



Figure 24 : les balcons cité radieuse, Marseille, Le Corbusier, 1952. source : www.fotopedia.com

-Les protections ajoutées :

- **Volet, store et auvents rétractable:**

***Volet opaque** : Ce type de dispositif permet le contrôle de la lumière solaire avec la portion de surface d'ouverte occultée⁴⁷.

⁴⁵ Alain Liébard, André de Herde 2005, Livre traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques- p 139a.

⁴⁶ Idem 61 -p284a

⁴⁷ A. Robinson et S.Selkowitz , 2013, « Tips for Daylighting with Windows»,p47

II. CHAPITRE THEMATIQUE

***Les persiennes**: elles sont formées d'une série de lamelles extérieures, fixes ou mobiles, placées dans le plan de la façade⁴⁸. Figure 25.

***Auvents rétractable et réglable - Store vénitien**: Ils sont composés de lamelles qui sont mobiles grâce à un système de câbles ou de chaînes. La protection dépend de l'orientation donnée aux lamelles. La modulation de la protection solaire en fonction des besoins est la propriété principale des stores à lames orientables. Cette adaptation peut se faire tant par retrait que par inclinaison des lamelles⁴⁹.

***Stores et rideaux en tissu**: Ce genre se caractérise par les facteurs de réflectivité et des transmissibilités variées⁵⁰. Figure 26.

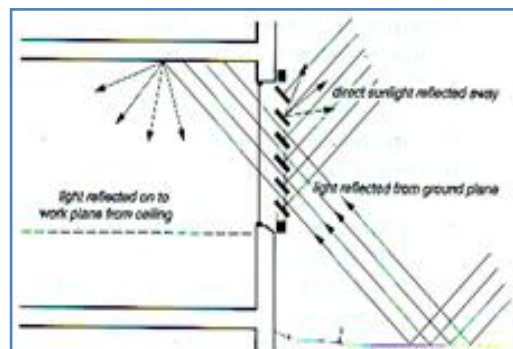


Figure 25 : fonctionnement des persiennes. Source: Baker, N. & Steemers, K., 2002

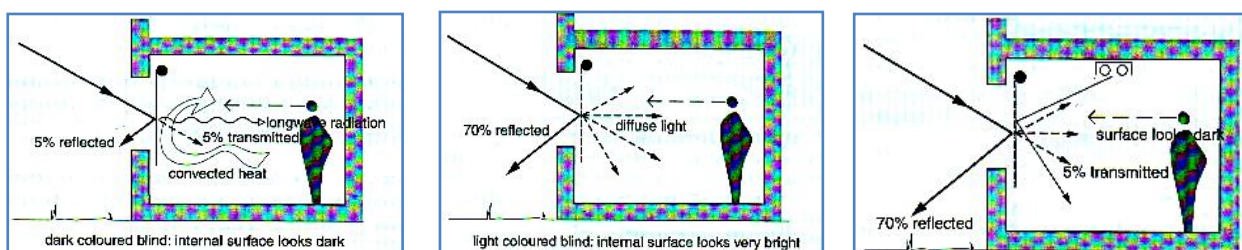


Figure 26: la performance des différents types de matériaux de stores et rideaux. (Source: Baker, N. & Steemers, K., 2002).

• Les dispositifs d'occultation fixés (brises soleil) :

***Les auvents**: L'auvent est constitué par une avancée horizontale placée au-dessus de la fenêtre. Ce type comprend les auvents, les débords de toiture, les balcons, les linteaux de fenêtre et les écrans à lames horizontales. Il est conseillé surtout pour l'orientation sud⁵¹.

***La joue**: Les joues sont des brises soleil verticaux; sont toutes saillies des plans verticaux par rapport au plan de baie voir la figure 28, y compris les décrochements, les tableaux de fenêtre, écrans à lames verticales...etc. Cette solution est préférée pour les orientations Est et Ouest⁵².

***Les écrans à lames**: Ils ont des lames d'une longueur suffisante pour qu'on puisse la considérer comme infinie en regard de la hauteur de l'espace séparant deux lames successives. En comparant avec les brises

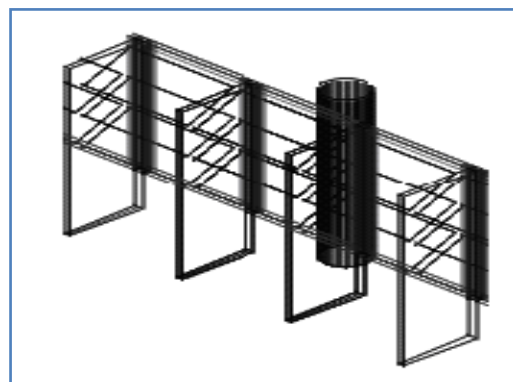


Figure 27 : La disposition des joues dans la façade. Source: Laar, M., 2001

⁴⁸ Alain Liébard, André de Herde 2005, Livre traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques- p 284a.

⁴⁹ Idem 54, p 284a.

⁵⁰ Baker, N. & Steemers, K, 2002, « daylight design of buildings, a handbook for architects and engineers », p224.

⁵¹ Izard .J.L (1994) « Contrôle de l'ensoleillement et de la lumière en Architecture » Ecole d'architecture de Marseille-Luminy.

⁵² LAAR, M., 2001. Brise-soleil classical elements of tropical modernism. 7th international IBPSA conference, building simulation Rio de Janeiro, brasil.

soleil simple, ce type a un impact positif sur le niveau d'éclairage et sa distribution ; Sous ce types trois modèles sont distingués : écrans à lames horizontales, écrans à lames verticales et écrans à lames croisées (boite à œufs)⁵³ .

- **Écrans fixes et verres à transmission réduite :**

***Écrans fixes et d'autres obstructions :** Ils sont utilisés surtout dans les bâtiments dont les ouvertures non vitrées, tels que les bâtiments dans les zones tropicaux. Ici l'écran laisse certaine lumière de pénétrer à l'intérieur tout en permettant aussi la ventilation, la sécurité et l'intimité. Un des exemples de ce genre est le *Moucharabiehs* figure28.

***Verre pour le contrôle du soleil :** ce type est utilisé pour réduire les gains thermiques et les gênes des rayonnements directs à certaines mesures sans réduire la lumière visible à l'intérieur de

l'espace. Mais la réduction des gains thermiques reste proportionnelle parce que la lumière visible elle-même crée environ la moitié de l'effet thermique. Un développement récent en verre du contrôle solaire est le processus de frittage : *le verre fritté* (des points circulaires, occupant entre 30% et 70% de la surface de verre).⁵⁴

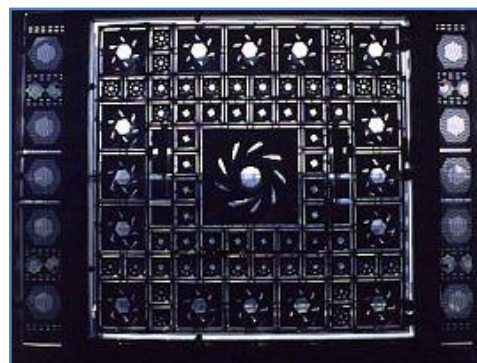


Figure 28 : Les moucharabiehs. Institut du monde Arabe (Paris, Jean Nouvel, 1987). Source : www.jeannouvel.com

b) Les techniques innovantes (avancées) de contrôle solaire :

Les dispositifs d'occultation ordinaires pourraient créer parfois des effets non désirés, c'est pourquoi les tendances actuelles ont inventé plusieurs technologies avancées dites innovantes. Ces stratégies s'appuient sur le captage de rayonnement solaire puis la réorienter et redistribuer aux secteurs où elle est exigée, pour améliorer les conditions intérieures⁵⁵.

- Auvents fixés et auvents mobiles:

Le système des auvents fixés les plus sophistiqués se compose des profils incurvés de lamelle ce qui parfois est installé dans un double vitrage. En général, un meilleur rendement d'éclairage naturel pendant l'année peut être réalisé avec un système mobile d'auvents⁵⁶.

-Les stores réfléchissants innovants :

La nouvelle conception des stores vénitiens et des auvents sous forme des lamelles incurvés (peuvent être fixes ou mobiles) provoque une lumière du jour à l'intérieur adéquat de sorte que les tâches visuelles soient accomplies avec un bon confort. Elle permet le rattrapage des inconvénients des anciens stores, tel que l'éblouissement provoqué par celles placées à la hauteur de l'œil⁵⁷.

⁵³ LAAR, M., 2001. Brise-soleil classical elements of tropical modernism. 7th international IBPSA conference, building simulation Rio de Janeiro, brasil.

⁵⁴ Le vitrage à contrôle solaire, le site : <https://www.quelleenergie.fr/>, visité le : 31.07.2020.

⁵⁵ Alain Liébard, André de Herde 2005, Livre traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques- p 49a.

⁵⁶ Idem 61-283a.

⁵⁷ Idem 61- p 286a.

-Les étagères (Lightshelves) :

Le lightshelf est un dispositif horizontal ou proche de l'horizontal. Ils peuvent se prolonger à l'intérieur et/ou à l'extérieur de fenêtre à une hauteur d'environ deux mètres au-dessus du plancher⁵⁸.



Figure 29 : les étagères,
source: www.designingbuildings.co.uk

-Les systèmes fish, okasolar et le ETAP : ⁵⁹

1. le système fish est constitué de lamelles horizontales fixes de section triangulaire spécialement alignées et fixées entre-elles. Ce système est conçu uniquement pour les fenêtres verticales.

2. le système okasolar est constitué de lamelles réfléchissantes de section triangulaire, placées dans un double vitrage. Il redirige la lumière selon un angle variant en fonction de son angle d'incidence.

3. le système ETAP, il s'agit d'une combinaison d'un store vénitien très réfléchissant avec un plafond réfléchissant à géométrie spéciale.

-Glace prismatique :

Le verre prismatique est caractérisé par sa capacité de se refléter et réfracter la lumière. Il est employé pour réorienter la lumière du soleil vers le plafond ou pour l'exclure totalement. Il peut également réduire le gain de chaleur. Cependant il peut présenter des gênes telles qu'empêcher la vue vers l'extérieur et l'éblouissement provoqué au-dessous de la hauteur d'œil⁶⁰.

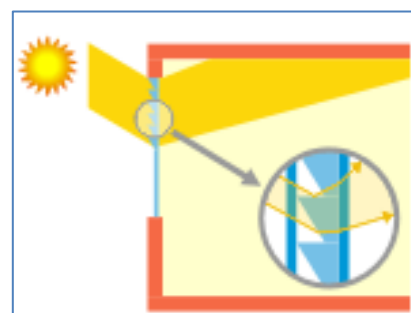


Figure 30 : fonctionnement de
glace prismatique. Source :
www.energieplus-lesite.be

II.6. Le confort visuel dans les salles de lecture :

Les exigences spatiales fondamentales pour une bibliothèque sont la lisibilité, la compacité, la flexibilité, et enfin l'éclairage naturel. L'exigence de confort visuel consiste très généralement d'une part à voir certains objets et certaines lumières (naturelles et artificielles) sans être ébloui, et d'autre part à avoir une ambiance lumineuse satisfaisante quantitativement en termes d'éclairement et d'équilibre des luminances, et qualitativement en termes de couleurs. Ceci afin de faciliter le travail, les activités diverses, dans un souci de qualité, de productivité, ou d'agrément, en évitant la fatigue et les problèmes de santé liés aux troubles visuels⁶¹.

L'association Haute Qualité Environnementale, elle définit le confort visuel comme la dixième cible du projet de bâtiment de HQE. Ses exigences élémentaires en matière d'éclairage sont les suivantes⁶² :

⁵⁸ Les technique de l'architecture pour rendre un espace lumineux ,le site : www.architecture-batiment.com. visité le 03.05.2020 ,6 :55.

⁵⁹ Alain Liébard, André de Herde 2005, Livre traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques- - p286a.

⁶⁰ Idem 65.

⁶¹ Quel modèle de Bibliothèque, presse l'enssib, Anne-Marie Bertrand, Émilie Bettega, 183 p,2008.

⁶² Syndicat de l'éclairage « L'éclairage et le confort visuel ».le site : www.syndicateclairage.com. visité le : visité le 19.05.2020 ,16:55.

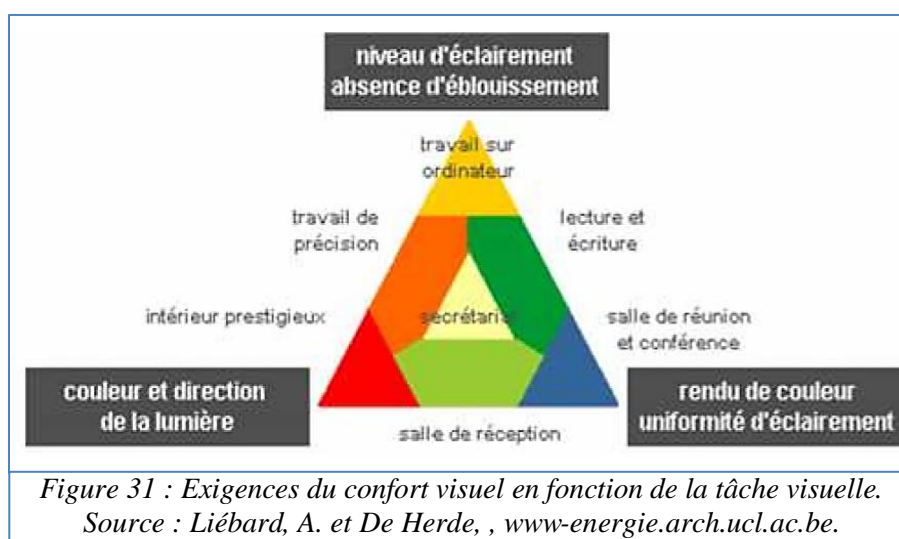
- disposer de la lumière du jour dans les zones d'occupation situées en fond de pièce.
- rechercher un équilibre des luminances de l'environnement lumineux extérieur.
- éviter l'éblouissement direct et indirect.
- accéder à des vues dégagées et agréables depuis les zones d'occupation des locaux.
- protéger l'intimité de certains locaux.
- faire appel à des revêtements clairs pour la décoration des locaux.
- optimiser les parois vitrées, en termes de confort visuel, en traitant leur Positionnement, dimensionnement et protection solaire.

II.6.1.les exigences du confort visuel dans la salle de lecture :

La figure suivante (*figure31*) résume les exigences selon le type de la tâche visuelle à accomplir. Pour la lecture, qui est la tâche visuelle principale effectuée dans les salles de lecture, les exigences nécessaires pour établir un confort visuel optimum sont:

- a. un niveau d'éclairage suffisant.
- b. une uniformité de l'éclairage.
- c. l'absence d'éblouissement.
- d. un rendu de couleur correct.

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



a)Le niveau d'éclairage suffisant :

L'éclairage moyen recommandé est généralement fixé selon la fonctionnalité du local et la précision de la tâche visuelle qui doit y être exercée. Pour la lecture lorsque le niveau d'éclairage diminue, la visibilité des textes en petite taille et les détails des objets sera mauvaise. Toutefois, un éclairage trop abondant peut être inconfortable⁶³.

⁶³ Eclairage naturel des bâtiment le site : www.sites.uclouvain.be, visité le 28.07.2020 ,08 :15.

b) L'uniformité de l'éclairage :

Si le niveau d'éclairage et la luminance varient dans le champ visuel, une adaptation de l'œil est nécessaire lorsque le regard se déplace. Durant ce moment, l'acuité visuelle est diminuée, entraînant des fatigues inutiles. Pour l'éviter, il faut donc respecter une certaine homogénéité dans les conditions d'éclairage⁶⁴.

- L'uniformité d'éclairage : D'un point de vue pratique, l'éclairage obtenu avec n'importe quel système d'éclairage n'est jamais uniforme sur toute la surface de référence. Pour définir le degré d'uniformité de la lumière sur une surface (exprimée par l'indice d'uniformité I_u), Selon la Norme Européenne EN 12464-1: deux niveaux d'éclairage sont pris en considération: l'éclairage moyen (E_{moy}) sur la surface de référence et l'éclairage minimal (E_{min}) relevé aux points pertinents de la surface de référence.⁶⁵

Un éclairage uniforme pour la lecture est nécessaire pour éviter d'incessantes et fatigantes adaptations des yeux. Pour cela, il faut éviter les zones d'ombre trop importantes dans le local et surtout sur le plan de travail.

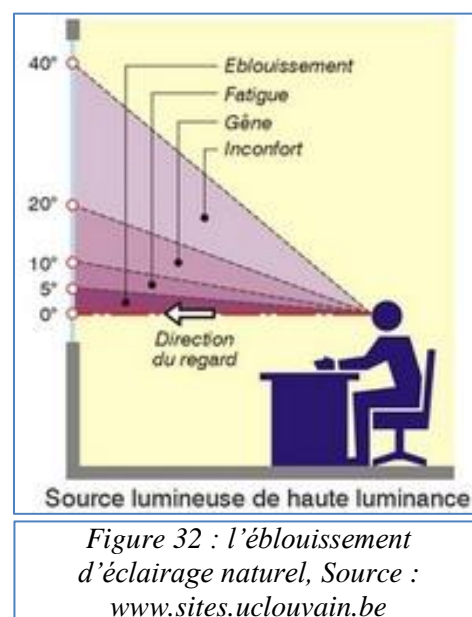
-L'uniformité de la luminance : elle dépend de la répartition des sources lumineuses et de la réflexion des parois. Elle est d'autant meilleure que les réflexions de chaque paroi sont élevées et uniformément réparties (couleurs claires et uniformes)⁶⁶.

c) L'absence d'éblouissement :

L'éblouissement est dû à la présence, dans le champ de vision, de luminances excessives (sources lumineuses intenses) ou de contrastes de luminance excessifs dans l'espace ou dans le temps. et pour réduire la fatigue visuelle, l'éblouissement doit être limité au minimum⁶⁷.

En éclairage naturel, l'éblouissement peut être provoqué par la vue directe du soleil, par une luminance excessive du ciel vu par les fenêtres (éblouissement direct), ou par des parois très réfléchissantes (éblouissement indirect) qui provoque des contrastes trop élevés par rapport aux surfaces voisines⁶⁸.

La Figure 32 montre qu'une source lumineuse intense causera un éblouissement si elle est située dans un angle compris entre 0° et 5° par rapport à la direction du regard alors qu'elle ne causera qu'un inconfort si elle est située dans un angle compris entre 20° et 40° ⁶⁹.



⁶⁴ La répartition lumineuse et l'uniformité le site : www.sites.uclouvain.be, visité le 28.07.2020 ,12 :00.

⁶⁵ Robert Floru 1996, Eclairage et vision [Rapport de recherche] Notes scientifiques et techniques de l'INRS NS 149, Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS). 1996, 59 p

⁶⁶ Idem 71.

⁶⁷ Idem 71.

⁶⁸ Eblouissement, le site : www.energieplus-lesite.be, visité le 29.07.2020 ,22 :40.

Selon CIBSE, une plus grande ouverture à la lumière naturelle cause moins d'éblouissement qu'une petite car elle augmente le niveau d'adaptation des yeux et diminue le contraste de luminance. De plus, une grande ouverture augmente la luminance des surfaces intérieures car elle permet l'admission de plus de flux lumineux vers l'intérieur⁷⁰.

Il a été prouvé aussi, qu'un éblouissement léger dû à des sources naturelles est mieux toléré par les occupants qu'un éblouissement causé par des sources artificielles et que des facteurs, autres que la source d'éblouissement et ses alentours, affectent le degré d'inconfort visuel, comme par exemple l'apparence de l'ouverture, le mode d'utilisation du local, l'utilisation de protections solaires et la vue sur l'extérieur⁷¹.

Dans la salle de lecture on peut distinguer deux types d'éblouissement:

- **Un éblouissement direct** : produit par un objet lumineux (fenêtre) situé dans la même direction que l'objet regardé ou dans une direction voisine. Il y a deux types d'éblouissement direct:

- **Eblouissement d'inconfort** : il résulte de la vue en permanence de sources lumineuses de luminances relativement élevées (soleil ou ciel). Cet éblouissement peut créer de l'inconfort sans pour autant empêcher la vue de certains objets ou détails. Il se rencontre, dans des locaux où l'axe du regard est toujours relativement proche de l'horizontale⁷², comme le cas de salle de lecture. Son évaluation se fait selon la méthode normalisée U.G.R (United Glare Rating System) de la C.I.E.

Pour éviter ce type d'éblouissement, il convient de contrôler la position de l'opérateur par rapport aux fenêtres afin d'éviter qu'il asseoir face aux fenêtres. Lorsqu'il n'est pas possible de changer la position de l'opérateur, il faut faire appel à d'autres moyens, tels que rideaux, stores, etc. qui permettent de filtrer et de réorienter la lumière pénétrant par les fenêtres⁷³.

Eblouissement invalidant ou perturbateur : il est provoqué par la vue d'une luminance très élevée pendant un temps très court. Celui-ci peut, juste après l'éblouissement, empêcher la vision de certains objets sans pour autant créer de l'inconfort⁷⁴.

- **L'éblouissement indirect**: se présente sous deux formes⁷⁵ :

- **Eblouissement par réflexion**: produit par des réflexions d'objets lumineux sur des surfaces brillantes (plan de travail) Lorsque la lumière se réfléchit dans le champ visuel, les contrastes sont réduits. Mais la présence de reflets sur le plan de travail peut rendre impossible la lecture de certaines parties écrites ou dessinées. Alors il est conseillé d'utiliser des revêtements mates pour les plans de travail.

Eblouissement par effet de voile:

apparaît lorsque des petites surfaces de la tâche visuelle réfléchissent la lumière provenant d'une source lumineuse et réduisent ainsi le contraste entre la tâche visuelle et son environnement immédiat.

⁶⁹ L'éclairage naturel, le site : www.sites.uclouvain.be, visité le 01.08.2020, 06 :00.

⁷⁰ The Chartered Institution of Building Services Engineers. Applications manual: Window design. London:CIBSE. 1987, p36.

⁷¹ Idem 75, p38.

⁷² LA TOISON, Marc.Introduction à l'éclairagisme. Paris: Eyrolles. 1982, p 101

⁷³ Robert Floru 1996, Eclairage et vision [Rapport de recherche] Notes scientifiques et techniques de l'INRS NS 149, Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS). 1996, 47 p

⁷⁴ Idem 78.

⁷⁵ L'éclairage naturel, le site : www.sites.uclouvain.be, visité le 01.08.2020, 06 :30.

d) un rendu de couleur correct :

Le rendu des couleurs (Ra ou IRC) concerne la capacité d'une source de lumière, avec sa chromaticité particulière, à rendre aux objets qu'elle éclaire, leurs couleurs habituelles. Il permet d'évaluer le degré de correspondance entre la couleur psychophysique d'un objet (couleur apparente) éclairé par une source de lumière et celle du même objet éclairé par une source lumineuse de référence de même température de couleur, un IRC est considéré comme "bon" à partir de 80 et "excellent" à partir de 90, dont la valeur idéale 100 correspondant à l'indice de rendu de couleur de la lumière naturelle (selon la CIE : la Commission Internationale de l'Eclairage)⁷⁶.

II.6.2. les normes recommandées d'éclairage dans la salle de lecture :

Les tableaux suivants résument les valeurs recommandées d'éclairage de la salle de lecture citées précédemment suivant la norme européenne EN 12464-1 de l'éclairage intérieure :

Éclairage recommandé sur le plan de travail (en Lux) suivant la norme EN 12464-1		
Type d'intérieur, tâche ou activité	E (lux)	Plan de référence
Salle de classe en primaire et secondaire	300	Banc
Salle de classe pour les cours du soir et enseignement aux adultes	500	Banc
Tableau noir	500	La surface verticale du tableau
Salle de dessin industriel	750	Table à dessin
Salle de travaux pratiques et laboratoire	500	Table de laboratoire, Table de travail
Atelier d'enseignement	500	Établi, axe machine outil
Salle de pratique informatique	500	Table de travail
Zones de circulation et couloirs	100	Sol
Escaliers	150	Escalier
Salles des professeurs	300	Table de travail
Bibliothèque : rayonnages	200	Rayonnage
Bibliothèque : salle de lecture	500	Table de travail
Hall de sport, gymnases et piscines	300	Voir EN 12193
Cantine scolaire	200	Table

Table 2 : tableau de l'éclairage recommandé sur le plan de travail (en lux) suivant la norme EN 12464-1 (Source : labo-energetic.eu)

Type de tâche	Eclairage moyen E_M (lux)	Uniformité U_o	Limitation éblouissement UGR	Indice de rendu des couleurs Ra
Bibliothèque Salle de lecture	500	0.8	19	80

Table 3 : les valeurs recommandées pour un confort visuel dans une salle de lecture suivant la norme EN 12464-1 (Source : afe-eclairage.fr)

Le tableau suivant comprend les valeurs d'éclairage « minimal, moyen et maximal » recommandées par la protection des travailleurs (RGPT) et par des recommandations émanant des normes de bonne pratique (NBN L 13-006) :

⁷⁶ Robert Floru 1996, Eclairage et vision [Rapport de recherche] Notes scientifiques et techniques de l'INRS NS 149, Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS). 1996, 64 p

Eclairage recommandé au niveau d'un plan de travail			
Type de local	Si la tâche est occasionnelle ou peu précise	Eclairage moyen recommandé	Si la tâche s'exécute avec des contrastes faibles
Bureaux-travaux généraux	300	500	750
Bureaux-lecture et écriture continue	500	750	1000
Tables de dessin	750	1000	1500
Salles de réunion	300	500	750
Bibliothèque-lecture	300	500	750
Bibliothèque-étagères	200	500	500
Classes	300	500	750
Auditoires	300	500	1000
Cuisines	300	500	750
Couloirs-escaliers	100	150	200
Sanitaires-vestiaires	100	150	200
Infirmierie	300	500	750
Réfectoire	150	200	300
Archives	150	200	300
Parking	50	75	100

Table 2 : tableau de l'éclairage recommandé sur le plan de travail(en lux) suivant la norme NBN L 13-006 (Source : www.energie.wallonie.be)

II.7. Synthèse:

Après la présentation de l'essentiel des notions de base de l'architecture environnementale; de la lumière naturelle et du confort visuel; On est arrivé à conclure que la lumière naturelle est indissociable de la vie de l'homme, car elle est régulatrice et indispensable à la majorité de ces activités. Toutefois, la présence de la lumière naturelle dans les salles de lecture doit impérativement assurer le « confort visuel » de ses occupants. Pour atteindre ce dernier, dans le cas de l'éclairage naturel latéral, il est important de choisir la configuration et les dimensions des ouvertures de sorte que l'éclairage électrique ne soit utilisé qu'en appoint de l'éclairage naturel.

III. CHAPITRE ANALYTIQUE

Introduction:

Dans ce chapitre nous allons analyser des exemples de centre de culture afin de comprendre leurs natures, plus précisément pour découvrir et analyser les aspects liés à la durabilité.

III.1.Exemple 01 : Le centre culturel et d'Art de Fuzhou :

III.1.1.critère de choix :

Cet exemple est choisi par apport à son architecture, et ses concepts de durabilité utilisées notamment les techniques qui traitent la lumière naturelle.

III.1.2.Fiche technique :

Situation : ville de Fuzhou, Fujian

Province, CHINE

Architecte : PES Achitects

Année de réalisation : 2018

Surface : 153 000 m².

Programme :

- Salle d'opéra de 1 600 places
- Salle de concert de 1 000 places
- Un théâtre multifonctionnel de 700 places
- Musée salle (d'exposition d'art), cinéma

Climat : Tempère chaud

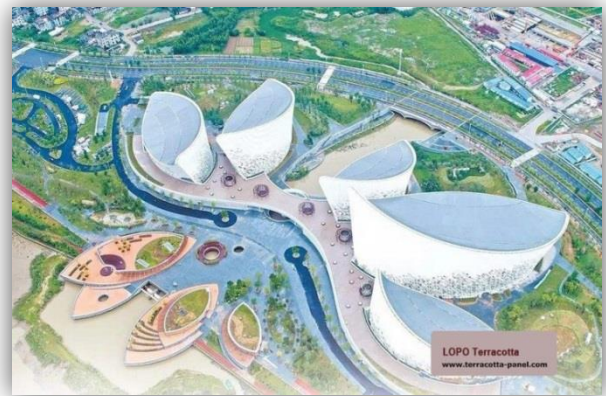


Figure33: Vue sur le centre culturel et d'art de FUZHOU. Source : terracotta-panel.com

III.1.3.Situation et intégration :

Le centre situe à la ville de Fuzhou ; l'une des villes continentales les plus proches historiquement de Taipei, elle fut une étape majeure sur la route de la Soie.

III.1.4.Plan de masse :

- Le projet fragmente en huit volumes.
- Le centre est orienté sur l'axe Est-Ouest.
- Le projet est bordé par le fleuve Minjiang, aussi il est traversé par la rivière LiangCuo. Il est entouré par des espaces verts (les jardins de Jasmine).

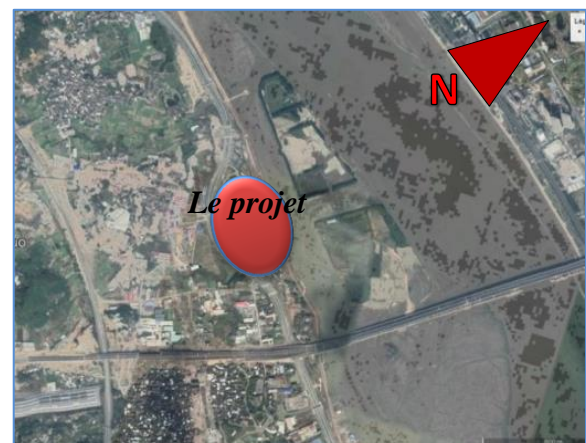


Figure34: Vue aérienne du centre (Source : googleearth2019)

- A** : un théâtre multifonctionnel.
- B** : Salle d'opéra.
- C** : salle de concert.
- D** : Musée d'art.
- E** : complexe cinématographique.

- Voie principale ---
- Voie secondaire ---
- Entrée principale ▶
- Entrée secondaire ▶

Les cinq principaux volumes-A-B-C-D-E- inspirés de pétales de Jasmine (fleur de la ville Fuzhou); sont reliées par un hall culturel et une grande terrasse sur le toit-1-.

La terrasse -1- est accessible par deux rampes-6- depuis les jardins du jasmin -10- ainsi que depuis la place centrale du jasmin-5-.

À l'embouchure, on trouve les plus petits pétales qui comportent un café-7- 8-et des espaces d'accueil pour les visiteurs.

- 1** : terrasse accessible public.
- 2** : la rivière LiangCuo.
- 3** : escalier spiral « EYE ».
- 4** : Entrée principale.
- 5** : Place centrale de Jasmine

- 6** : rampes pour terrasse.
- 7** : café.
- 8** : locaux technique.
- 9** : fleuve Minjiang.
- 10** : jardins de Jasmine.
- 11** : parking.

Figure35: Plan de masse du centre Fuzhou (Source : Archidaily2019)

III.1.5. Les plans architecturaux:

- Accès principale ▶
- Accès secondaire ▶
- Accès de service ▶

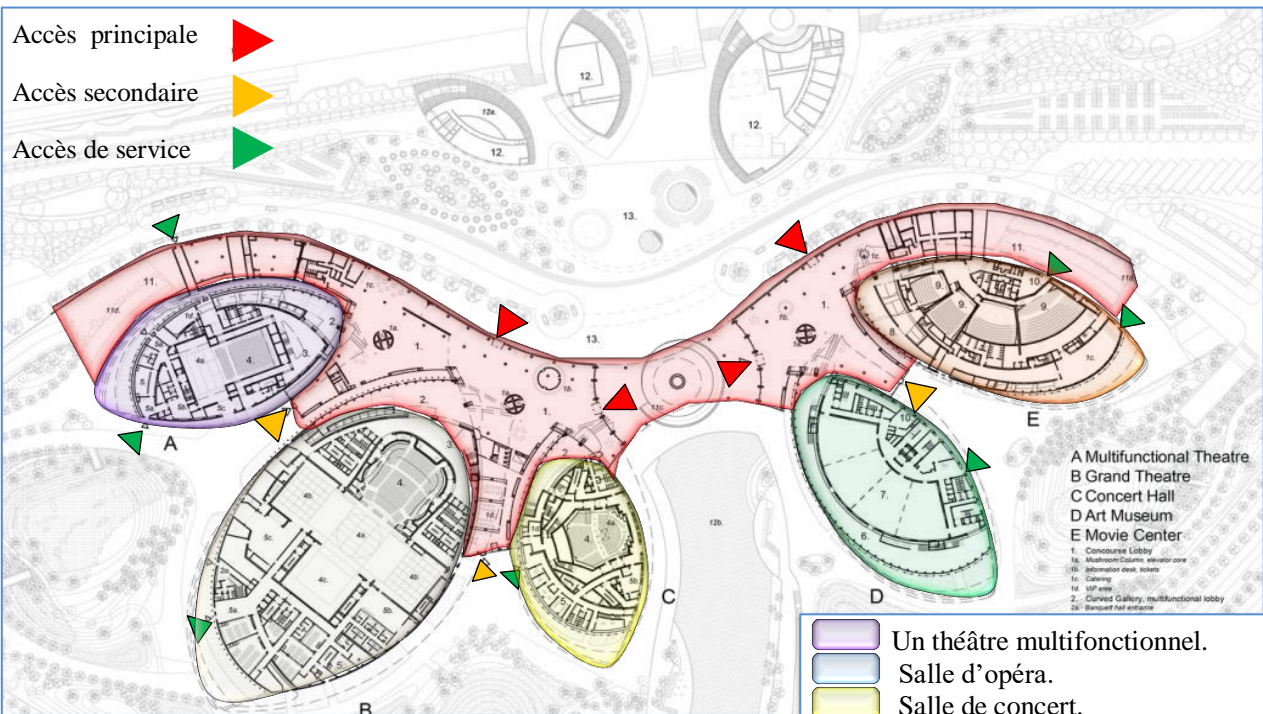


Figure36: Plan de RDC du centre Fuzhou (Source : Archidaily2019)

- Un théâtre multifonctionnel.
- Salle d'opéra.
- Salle de concert.
- Musée d'art.
- Complexe cinématographique.

-Au Réez de chaussée, les cinq volumes sont reliés par un hall culturel pour les expositions.

-Chaque un de ces volumes a une zone centrale - une galerie semi-publique incurvée qui suit la courbure de la façade principale qui intègre l'espace intérieur public au paysage des jardins de Jasmin autour du bâtiment.

-La terrasse sur le toit est accessible par deux rampes depuis les jardins de jasmin ainsi que depuis la place centrale du jasmin, ce qui permet une connexion sans faille du complexe au bord de la rivière Xinjiang.

III.1.6. Les façades:

S'inspirant des voiles des bateaux qui arrivaient et qui partaient du port de la ville, les façades du projet ont été conçues comme des vecteurs symboliques à même de raconter l'histoire de Fuzhou.

Les façades sont traitées avec la même logique, c'est à dire avec un bardage en céramique blanche d'une part, et d'une coiffe métallique devant un mur-rideau d'autre part. Mais le niveau de visibilité de la façade est varié puisque l'essentiel de l'espace intérieur du centre est dédié à la performance ou au divertissement.



Figure37: les façades de centre de FUZHOU (Source : Archidaily2019)

III.1.7. Aspects liés à la durabilité :

Chaque volume a deux façades différentes:

- **Une façade sud-ouest** transparente protégée par une peau des persiennes en terre cuit blanche.

La lumière est filtrée par la peau en terre cuit est ensuite libérée de manière homogène à l'intérieur du bâtiment.



Figure38: façade sud-ouest de centre de FUZHOU
(Source : <https://static.dezeen.com>)

Les persiennes en terre cuite servent non seulement d'ombrage pour le bâtiment, mais ont également été conçues et installées sur la façade incurvée, produisant un effet d'ombre et de lumière en constante évolution et faisant du bâtiment lui-même une œuvre d'art capable d'improvisation à tout moment.

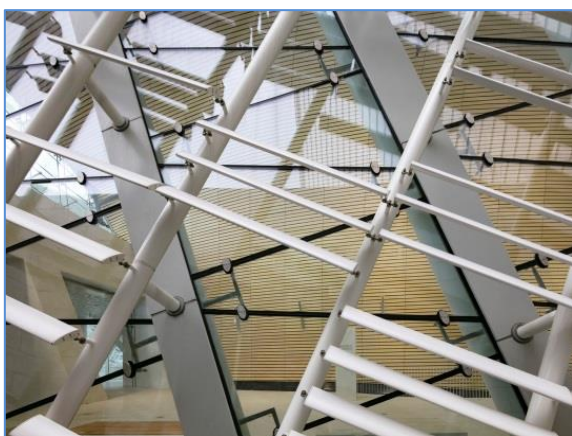


Figure39: les persiennes en terre cuit
(Source : terracotta-panel.com)

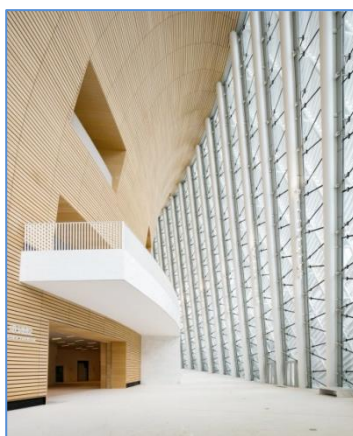


Figure40 ;41: vue intérieure de centre de FUZHOU
(Source : <https://static.dezeen.com>)



- Une façade sud-est recouverte de panneaux de terre cuite blanche, elle comprend de nombreuses ouvertures réparties.
- A l'extrémité de cette façade, une partie transparente recouverte en verre à faible émissivité pour profiter de la lumière naturelle à l'intérieure et éviter les surchauffes.

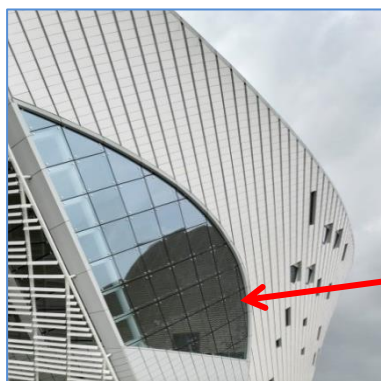


Figure42: verre low-E de centre de FUZHOU (Source : terracotta-panel.com)



Figure43: façade sud-est de centre de FUZHOU
(Source : <https://www.pesark.com>)

La position des volets a été déterminée par une évaluation méthodique à l'aide d'essais de simulation à la lumière du soleil. L'analyse du rayonnement solaire a révélé que l'espacement vertical optimal entre les baguettes était de 11 pouces avec une inclinaison de 45 degrés vers le haut. La densité des volets sur les sections d'élévations courbes a été déterminée par les exigences d'ombrage et de visibilité intérieure - les sections faisant face au nord-ouest portent des ruptures importantes de la peau primaire.

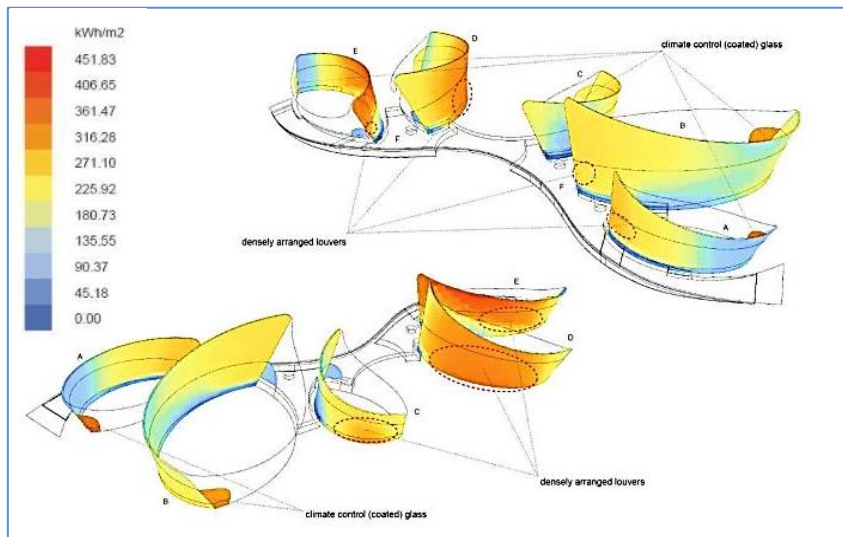
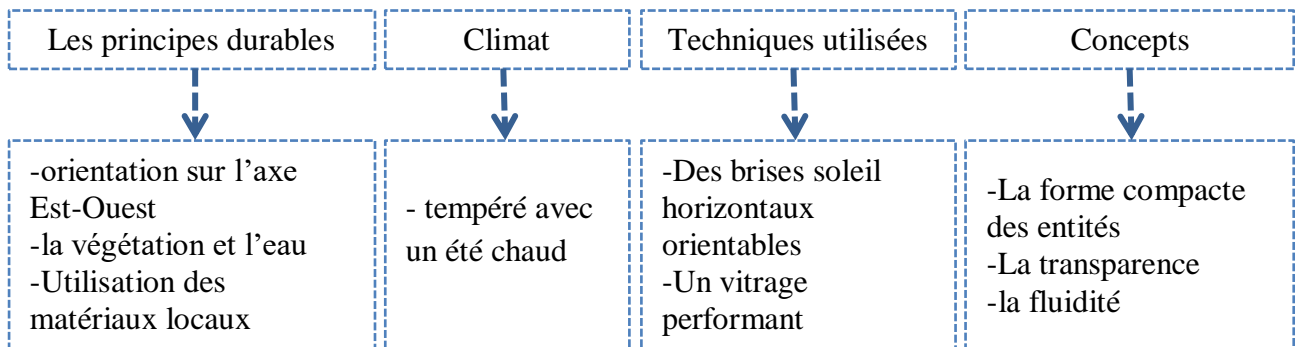


Figure44: simulation de rayons solaires de centre de FUZHOU (Source : Archidaily2019)

III.1.8.conclusion :



III.2. Exemple 02 : Le Pôle culturel « Aria »:

III.2.1. critère de choix :

Cet exemple atteint la performance énergétique niveau Passif .il est choisi puisqu'il possède une richesse des solutions et des techniques conceptuelles qui offrent des performances environnementales notamment sur l'éclairage, l'énergie et l'aération.

III.2.2.Fiche technique :

Situation : Cornebarrieu à France

Architecte : Atelier Philippe Madec

Année de réalisation : 2017

Surface : 3 135 m².

Programme :

* une salle de spectacles 1 500 places

*une médiathèque de 800 m²

*un auditorium 50 places

* un hall d'exposition

Climat : océanique-un été chaud et tempéré



Figure45: le pôle culturel Aria (Source : www.atelierphilippemadec.fr/)

III.2.3. Situation et intégration :

Le projet situe entre le cœur historique de la Zac Monges-Croix du Sud de la ville de Cornebarrieu et son extension sur des terres inondables.



Figure46: Vue aérienne du Pôle culturel Aria:
(Source : googleearth2019 traité par l'auteur)

III.2.4. Plan de masse :

- L'édifice se présente comme un ensemble de volumes articulés (Forme compact) en R+1.
- le centre est orienté sur l'axe nord-sud.
- Un amphithéâtre extérieur est dessiné, Il permet la présentation de spectacles pour un public installé à l'extérieur.
- L'environnement immédiat est marqué par de la végétation, masquant en partie les lotissements avoisinant.

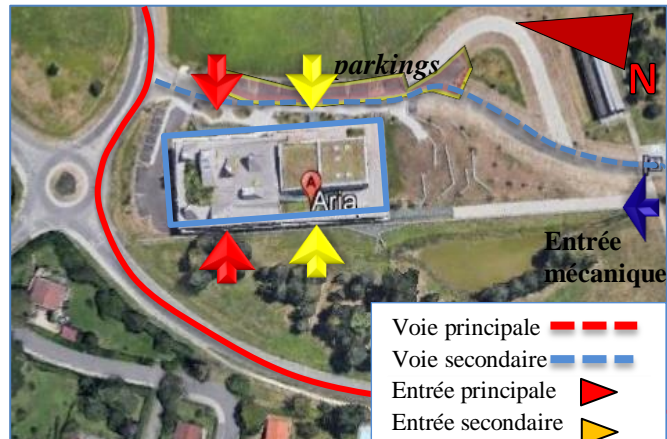


Figure47: plan de masse du Pôle culturel Aria
(Source : googleearth2019 traité par l'auteur)

III.2.5. Les plans architecturaux:

Au Nord, la médiathèque est ouverte au RDC pour accueillir La toute la partie administrative. A l'étage, elle est en mezzanine sur le hall, elle abrite les salles de groupes.

Le hall traversant en double hauteur est articulé par le volume en terre crue de l'auditorium. Il est accessible des deux côtés.

Au Sud la Salle de spectacles est modulable. Les différentes tribunes mobiles et la fosse élévatrice permettent de multiples configurations. Le fond de la scène est ouvert sur le jardin.

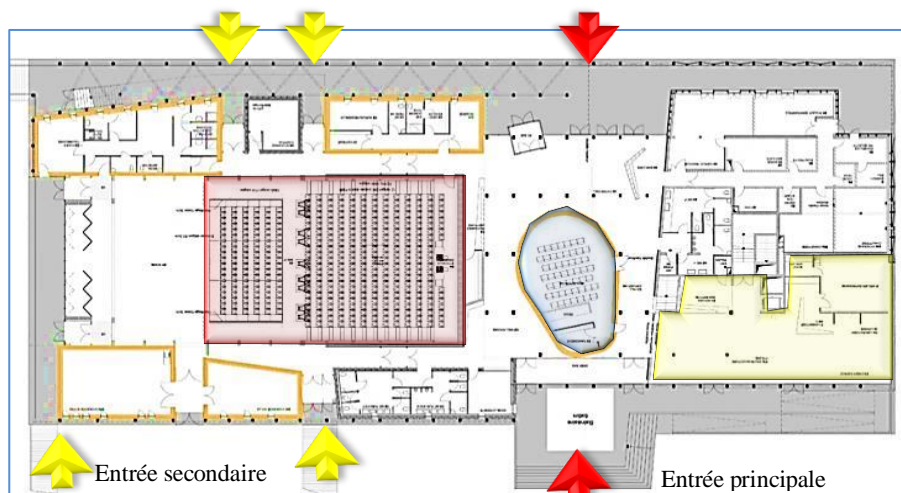


Figure48: plan de RDC du Pôle culturel Aria
(Source : www.atelierphilippemadec.fr/ ; traité par l'auteur)

■	Auditorium
■	Médiathèque
■	Salle de spectacles

III.2.6. Les façades :

Chaque façade de projet a un traitement différent suivant l'orientation et l'usage de l'espace intérieur. Cependant ce traitement se distingue par l'utilisation de bardage en bois qui joue de la trame porteuse pour venir créer un jeu de facette.



Figure49: façade Est du Pôle culturel Aria (Source :Archidaily2019)

III.2.7. La toiture :

Dans ce projet l'architecte a traité la toiture pour devenir une cinquième façade (selon lui), qui est devenue un paysage, un jardin, un espace public protégé et végétalisé visible depuis la ville et les abords immédiats.



Figure50: coupe longitudinale du Pôle culturel Aria (Source :Archidaily2019)

III.2.8. Aspects liés à la durabilité :

Ce bâtiment atteint la performance énergétique niveau Passif, Le pôle culturel est alimenté à travers une chaufferie bois à granulés. Pour ce qui est de la ventilation, la médiathèque bénéficie de la ventilation naturelle qui transite entre autres par les sheds, la salle de spectacle est ventilée à travers un central double flux.

La conception spécifique du bâtiment par son orientation, la mise en œuvre de matériaux bio-sourcés et locaux tel que le bois et la terre crue ainsi que le traitement de l'enveloppe performant, permet une gestion efficace des besoins en énergie et de proposer des espaces répondant au mieux, aux différents usages prévus au programme.

La lumière naturelle : les différents espaces sont orientés suivant leurs usages spécifiques :

- **La façade nord et Est** : avec ses ouvertures profite d'une lumière naturelle douce propice à la concentration (médiathèque).



Figure51: façade est du Pôle culturel Aria (source : <https://www.atelierphilippemadec.fr/>) traité par l'auteur



- **La façade Ouest** : en retrait permet d'éviter l'éblouissement en fin de journée.



Figure52: façade ouest du Pôle culturel Aria (source : <https://www.atelierphilippemadec.fr/>) traité par l'auteur

- **La façade Sud** : presque totalement aveugle protège le hall des surchauffes et l'éblouissement. Le fonde la scène ouvert est éclairé mais protégé par un débord de toiture.

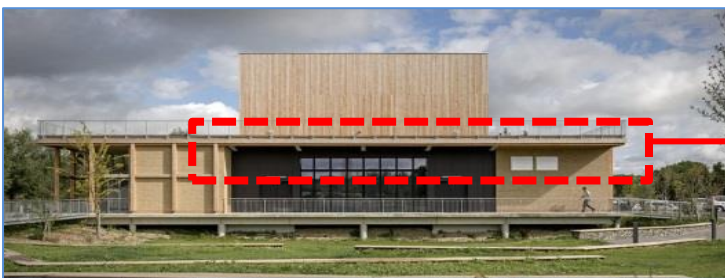


Figure53: façade Sud du Pôle culturel Aria (source : <https://www.atelierphilippemadec.fr/>) traité par l'auteur

Les sheds :

Les sheds qui apportent de la lumière naturelle à l'intérieure des espaces (la médiathèque et le hall) et qui animent la toiture à travers différents jeux de pente .les sheds contribuent aussi à la ventilation nocturne.

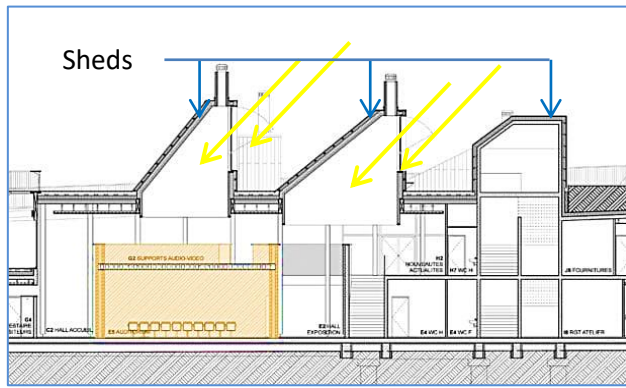


Figure54: coupe des sheds du Pôle culturel Aria (source : <https://www.atelierphilippemadec.fr/>)



Figure55: vue sur les sheds du Pôle culturel Aria (Source: Archidaily2019)

Enfin les eaux pluviales du bâtiment et de la parcelle sont gérées par un système de noues qui permet de réguler le débit et participe également au traitement paysagé des abords du bâtiment et du site révélant sa nature humide.

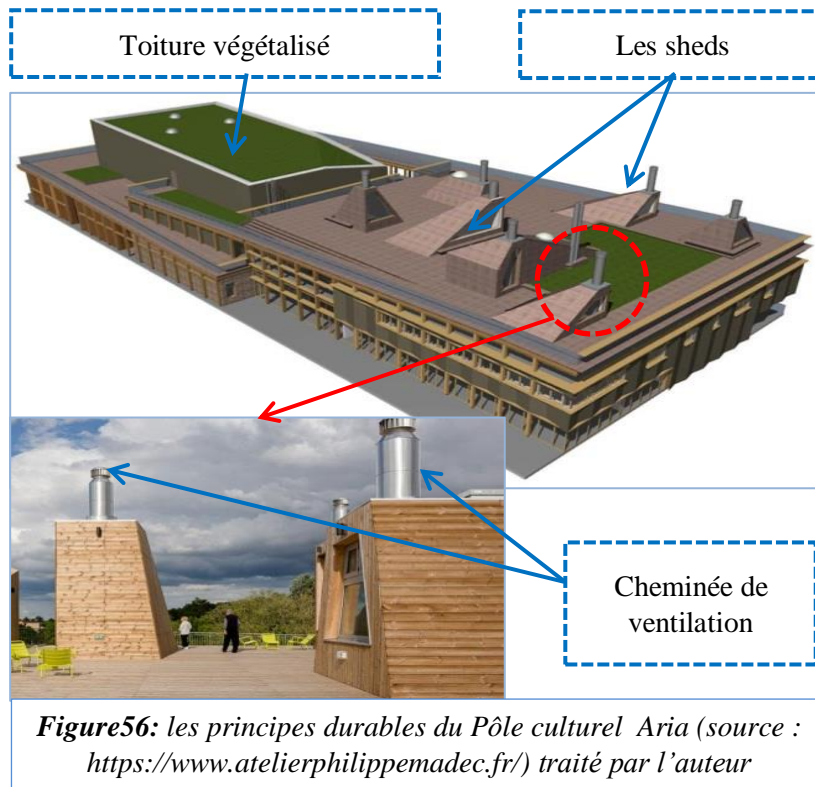


Figure56: les principes durables du Pôle culturel Aria (source : <https://www.atelierphilippemadec.fr/>) traité par l'auteur

III.2.9.conclusion :

Les principes durables	Climat	Techniques utilisées	Concepts
-orientation sur l'axe Est-Ouest -la végétation et l'eau -Utilisation des matériaux biosourcés : bois et le pisé	- océanique avec un été chaud et tempéré	-Des brises soleil horizontaux -Les sheds. -Les cheminés de ventilation. -Toit végétalisé	-La forme compacte -La transparence -la fluidité

III.3. Exemple 03 : Le Centre Culturel Musulman:

III.3.1. critère de choix :

On a choisi cet exemple en raison de l'utilisation des techniques durables notamment ce qui concerne l'éclairage naturelle.

III.3.2. Fiche technique :

Situation : Da Chang, Chine

Architecte : He Jingtang

Année de réalisation : 2015

Surface : 3251 m².

Programme :

* salles d'exposition, *Un amphithéâtre

*centre de congrès (la communauté

musulmane)

Climat : Tempère chaud



Figure57: Vue sur Le Centre Culturel Musulman (Source : Archidaily2019)

III.3.3. Situation et intégration :

D'une superficie de plus de 35 000 mètres, L'architecte He Jingtang a conçu un centre culturel musulman en Chine, à l'est de Beijing.



Figure58: Vue aérienne du Centre Culturel Musulman (Source : googleearth2019) traité par l'auteur.

III.3.4. Plan de masse :

Le bâtiment est conçu comme une seule entité de forme carrée (Forme compact) en R+3.





-Parcours au périphérique de bâti, protégé par les arcades.

-le centre est orienté sur l'axe est-ouest.

-Il est entouré d'espaces verts et leur forme est en harmonie avec celle du bâti.

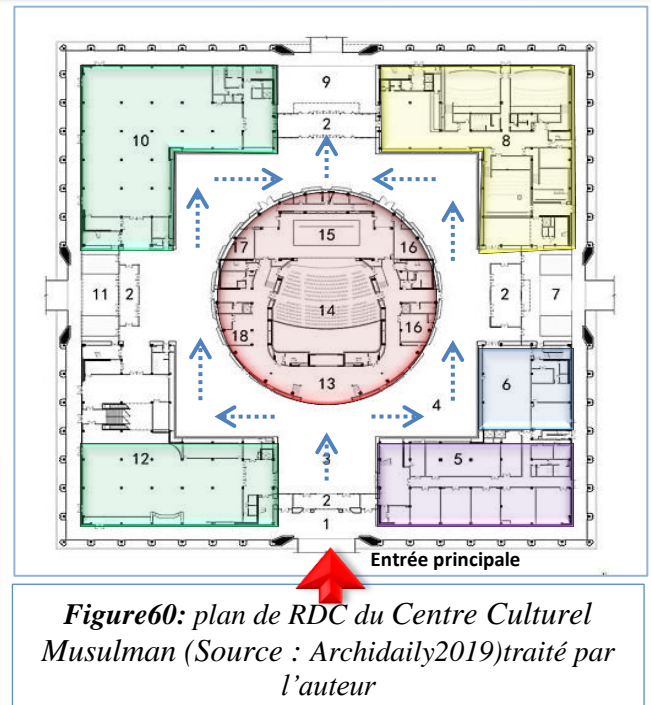
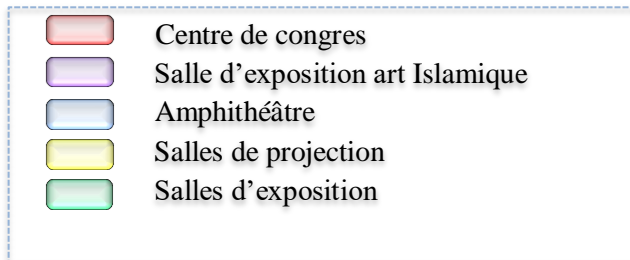


Figure59: plan de masse du Centre Culturel Musulman (Source : googleearth2019) traité par l'auteur.

Voie principale 
 Voie secondaire 
 Entrée principale 
 Entrée secondaire 

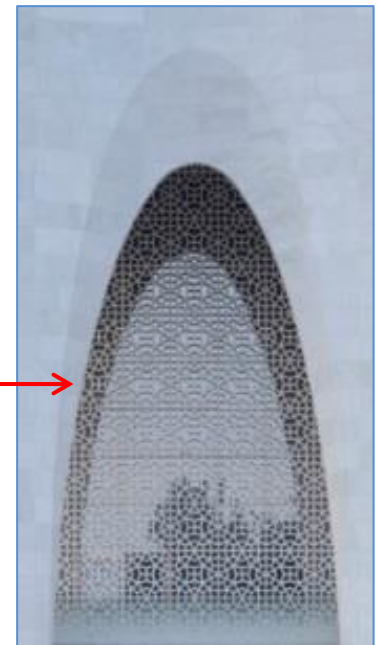
III.3.5. Les plans architecturaux :

Le centre culturel comprend des espaces d'exposition et un amphithéâtre pour les visiteurs. Il abritera également un centre de congrès pour la communauté musulmane.



III.3.6. Les façades:

Des façades simples et semblables, un traitement qui s'inspire de l'architecture islamique avec une interprétation géométrique modernisée.



III.3.7. Aspects liés à la durabilité :

La structure construite combine des caractéristiques architecturales islamiques traditionnelles avec des méthodes de construction modernes, des matériaux et des technologies permettant d'économiser de l'énergie, créant ainsi un espace contemplatif élégant répondant aux besoins de la communauté.

La protection solaire : les arches environnantes se rétrécissent en courbes élégantes de bas en haut, entourent le centre ; créant de l'ombre sur les façades. Les arcades représentent aussi une protection de parcours périphérique des rayons excessifs de soleil et les intempéries.

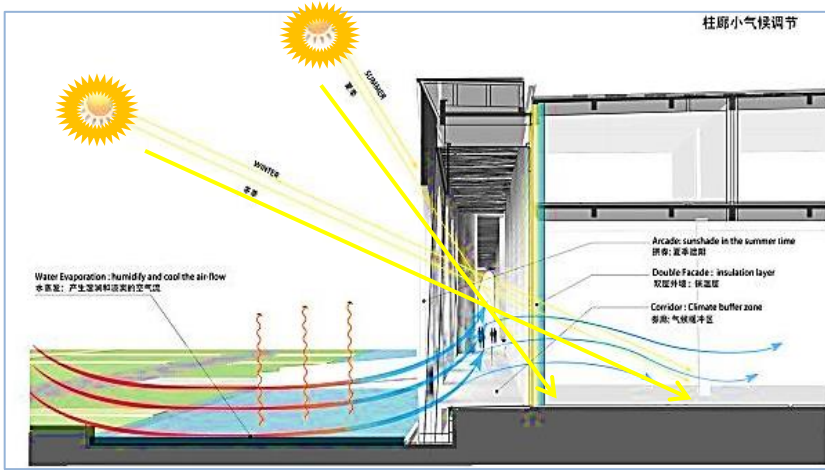


Figure62: schéma de fonctionnement des arcades du Centre Culturel Musulman (Source : Archidaily2019)



Figure63: les arcades (Source : www.dezeen.com/)

La verrière : avec son vitrage performant ; couvre le hall en double hauteur ; elle apporte de la lumière naturelle au cœur du bâtiment.

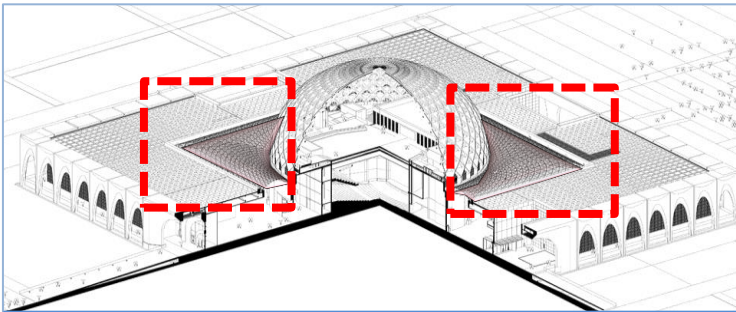


Figure64: vue sur la verrière du Centre Culturel Musulman (Source : www.dezeen.com) traité par l'auteur.



Figure65: intérieure de la verrière (Source : www.trends.archiexpo.fr/238406.html)

Le dôme : utilise des coquilles pétales qui permettent à la lumière du jour de pénétrer afin d'éviter de l'éblouissement. L'espace intérieur de dôme comprend un jardin sur le toit semi-extérieur inondé de soleil, d'air frais et de végétation (voir figure 68 et 69).

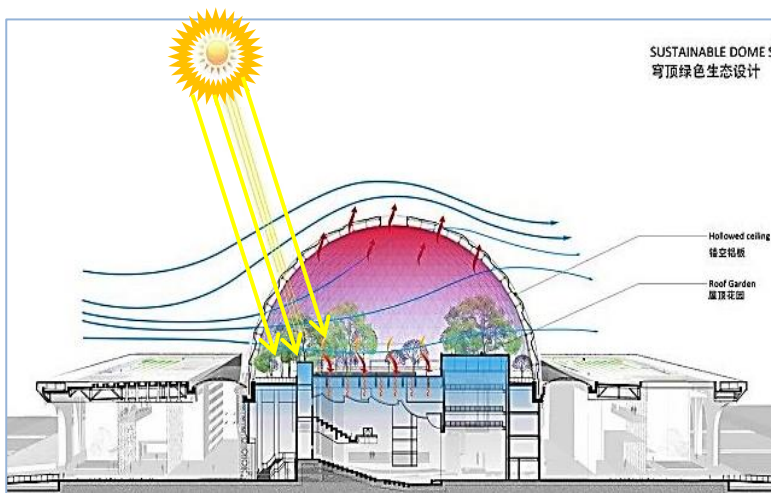


Figure66: schéma de fonctionnement de dôme du Centre Culturel Musulman (Source : Archidaily2019)

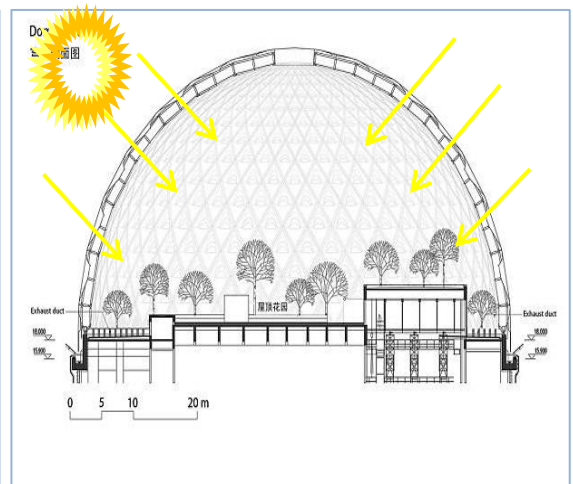
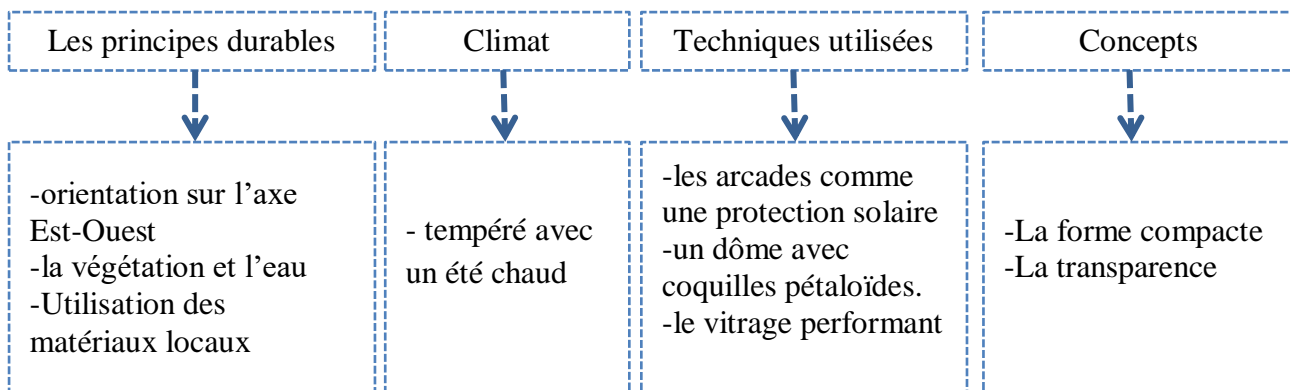


Figure67: coupe de dôme du Centre Culturel Musulman (Source : www.dezeen.com)

III.3.8. conclusion :



III.4. Exemple 04 : la bibliothèque publique La Ruche « the HIV » :

III.4.1. critère de choix :

On a choisi un exemple complémentaire qu'il possède une certification BREEM excellent, de plus la particularité de la technique durable utilisée pour apporter la lumière naturelle à l'intérieur d'un espace similaire à notre cas d'étude.

III.4.2. Fiche technique :

Situation: Worcester; Royaume-Unis

Architecte: Feilden Clegg Bradley Studios

Année de réalisation : 2012

Surface : 2550 m².

Programme :

* bibliothèque publique * bibliothèque universitaire

* le service des Archives. * le service Archéologie +salles d'exposition

Climat : Tempère chaud



Figure68: la bibliothèque the HIV (Source : googleearth2019)



Figure69: Vue aérienne de bibliothèque the HIV (Source : googleearth2019) traité par l'auteur.

III.4.3. Situation et intégration :

En Worcester à Royaume-Unis, la bibliothèque La ruche fait partie d'un nouveau bloc de la ville qui comprend un itinéraire accessible reliant le centre-ville, via le haut des remparts médiévaux de la ville.

III.4.4. Plan de masse :

Le bâtiment est conçu comme une seule entité de forme distinctive (Forme compact) en R+3.

-le centre est orienté sur l'axe nord-ouest ; sud-est.

-le site est bordé par la rivière Severn, il est totalement aménagé par des espaces verts.

III.4.5. Les plans architecturaux :

Les différents espaces de la bibliothèque sont réparties en cinq niveaux :

Niveau 0 :

Espace de partage des documents.

Niveau 1 :

Accueil, salle de lecture pour enfants, des boutique et cafétéria.

Niveau 2 :

Archives et archéologie.

Niveau 3 :

Salle de lecture principale

Niveau 4 :

Archives de collections spéciales des journaux.

III.4.6. Les façades:

Des façades simples avec des ouvertures de différentes dimensions sont réparties suivant l'orientation et l'affectation de l'espace intérieure.

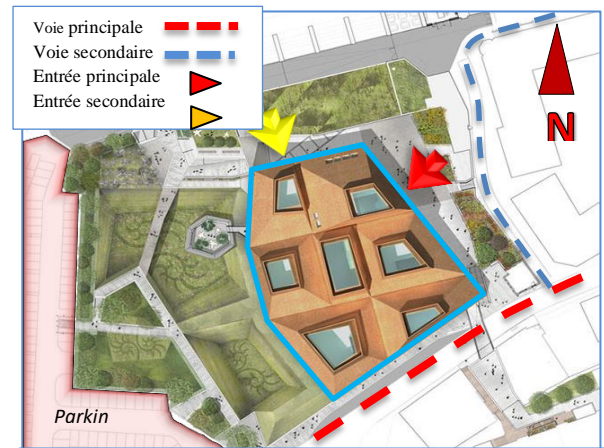


Figure70: plan de masse de bibliothèque the HIV (Source : www.thehiveworcester.org) traité par l'auteur

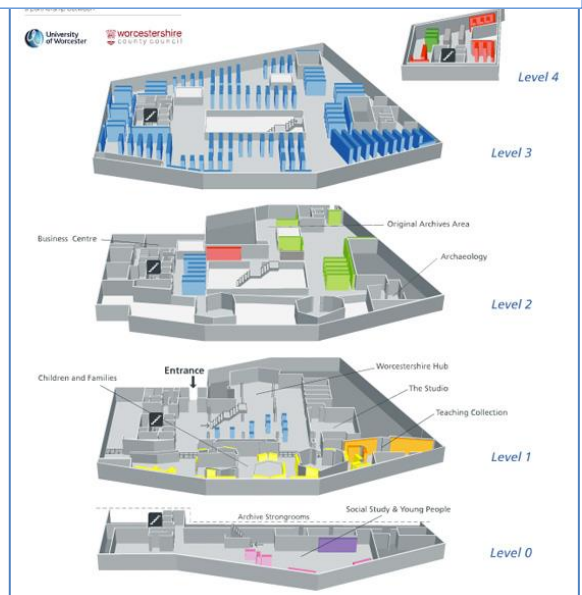


Figure71: les différents étages de bibliothèque the HIV (Source : www.thehiveworcester.org)



Figure72: façade nord-est de bibliothèque the HIV (Source : www.thehiveworcester.org)



Figure73: façade ouest de bibliothèque the HIV (Source : www.thehiveworcester.org)

III.4.7. Aspects liés à la durabilité :

Dans ce projet la durabilité était une priorité absolue: Le bâtiment est conçu pour s'adapter au changement climatique prévu par le UK-CIP jusqu'en 2050. Il possède un certificat de performance énergétique A et une confirmation est attendue pour savoir s'il a satisfait ou dépassé l'exigence d'atteindre BREEAM Excellent.

La ventilation naturelle : La ruche maximise la ventilation naturelle via les sept cônes de toit emblématiques qui font écho à la ligne de crête ondulante des Malverns et aux fours historiques de la poterie Royal Worcester. L'eau de la rivière Severn fournit un refroidissement de pointe et des sources locales de biomasse fournissent du chauffage.

La lumière du jour : Ces sept cônes apportent de la lumière au fond de l'immense surface de la salle de lecture qui est éclairée naturellement par un éclairage latérale tout pour offrir un environnement lumineux agréable pour les lecteurs.



Figure74: l'éclairage naturel de salle de lecture de bibliothèque the HIV (Source : www.fcbstudios.com)



Figure75: l'éclairage naturel zénithal par les cônes de toit de bibliothèque the HIV (Source : www.inhabitat.com)



Figure76: vue extérieure des cônes de bibliothèque the HIV (Source : beautifullibraries.wordpress.com)

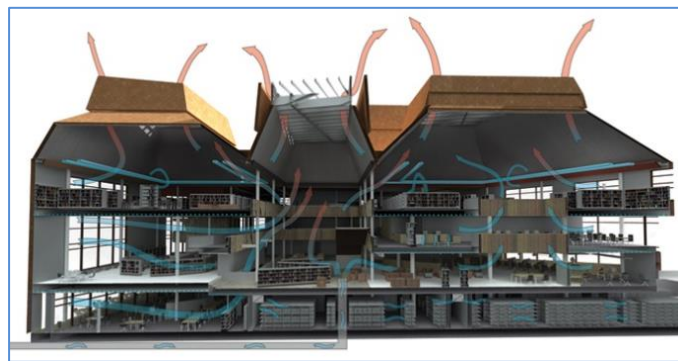


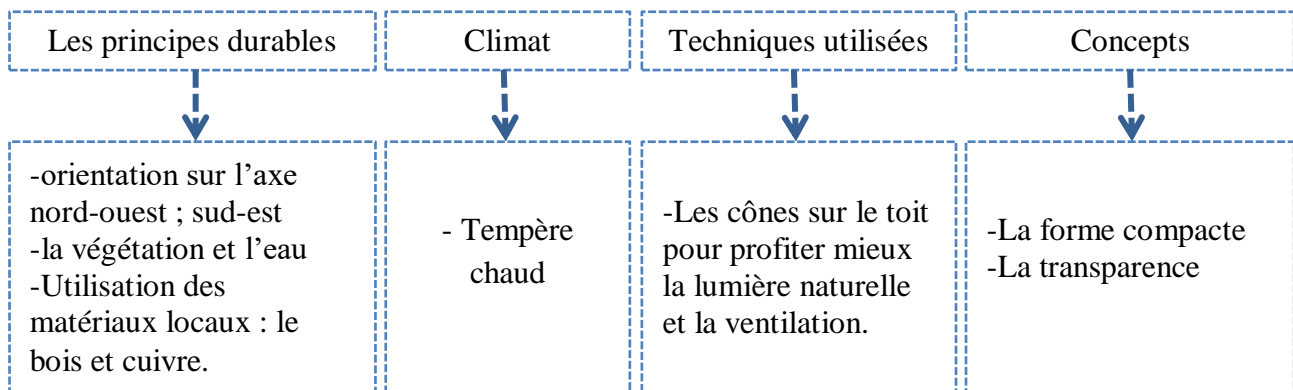
Figure77: la ventilation naturelle par les cônes de toit de bibliothèque the HIV (Source : www.maxfordham.com)

Structure et matériau de construction : La structure du toit a été conçue à l'aide d'un logiciel primé développé pour le projet qui a permis de construire la forme à partir de bois lamellé solide: cela a généré une économie de plus de 2000 tonnes de CO2 par rapport à la conception initiale en acier et en béton. L'extérieur est revêtu d'une carapace écailleuse d'alliage de cuivre.(figure 76)



Figure78: le revêtement intérieure de bibliothèque the HIV (Source : Archidaily2019)

III.4.8. conclusion :



III.5. Synthèse :

D'après l'analyse des exemples, plusieurs concepts durables ont été utilisés pour assurer un éclairage naturel optimal en termes de confort afin de profiter au mieux de la lumière naturelle, on résume ces concepts :

- favoriser l'éclairage naturel par le choix de l'orientation de projet et les types de l'éclairage naturel (latéral, zénithal ou composé) ainsi les dimensions d'ouvertures et leurs positions dans la façade.

- limiter les risques d'éblouissement afin de Prévoir des concepts d'ombrage telle que: le débord de toiture ; retrait de façade ; les décrochements; les arcades, les brises soleil ...etc.

- l'orientation (Nord-Sud) est recommandé pour Protection facile pour l'été et favoriser l'éclairage naturel.

- Utilisation des matériaux locaux pour leur durabilité et le faible impact environnementale et sanitaire, vitrages isolants à faible émissivité pour la continuité visuelle et la vue vers l'extérieur.

IV. CHAPITRE EXPERIMENTALE

Introduction:

Le confort visuel, cible importante dans l'architecture durable, est beaucoup fonction des apports d'éclairage naturel qui procure une meilleure qualité de lumière qu'un éclairage électrique. Cependant la qualité de l'éclairage naturel à l'intérieure de bâtiments est influée par plusieurs paramètres tel que la configuration des ouvertures.

L'objectif de ce chapitre est d'évaluer et améliorer le confort visuel dans un espace choisi comme cas d'étude, dans notre cas on a pris une salle de lecture de centre culturel et artisanal à la ville de Laghouat, cette ville a un climat chaud et aride qui offre une disponibilité de la lumière naturelle à la longueur d'année, aussi nous allons essayer d'étudier l'impact de l'ouverture sur le confort visuel à travers leurs dimensions, forme et position. La simulation numérique consiste à vérifier la faisabilité de ses paramètres pour assurer un meilleur confort visuel de l'espace choisi par des logiciels: Ecotect et radiance 2010.

IV.1. Présentation de cas d'étude:

IV .1.1. Le choix de cas d'étude :

Dans cette partie expérimentale, on a choisi une salle de lecture d'une superficie de 434 m², cette salle de lecture se situe au 2eme étage dans la bibliothèque (l'entité didactique) de centre culturel et artisanal à la ville de Laghouat.

Le choix de cas d'étude (salle de lecture) s'est porté sur:

- son usage (activité mère de la bibliothèque).
- sa grande surface.
- son orientation (Est).
- Donnant sur un terrasse accessible couvert (son largeur =6.40 m)
- la présence de protection solaire verticale.



Figure79: plan de masse de centre culturel et artisanal(source:auteur)

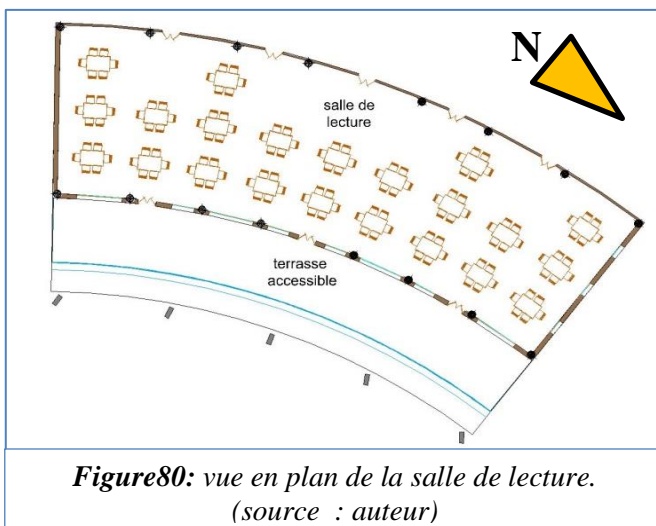


Figure80: vue en plan de la salle de lecture.
(source : auteur)

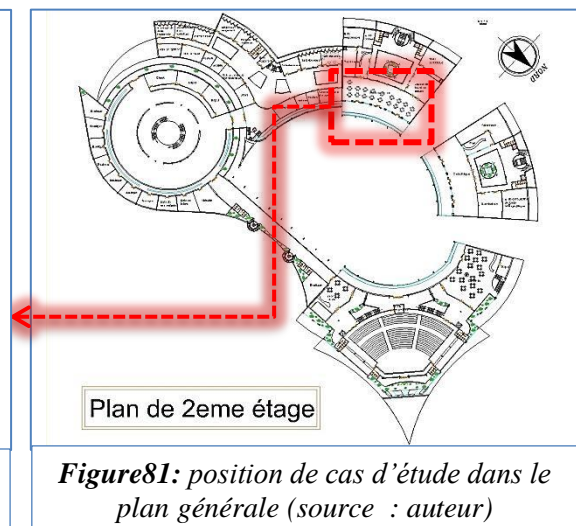


Figure81: position de cas d'étude dans le plan générale (source : auteur)

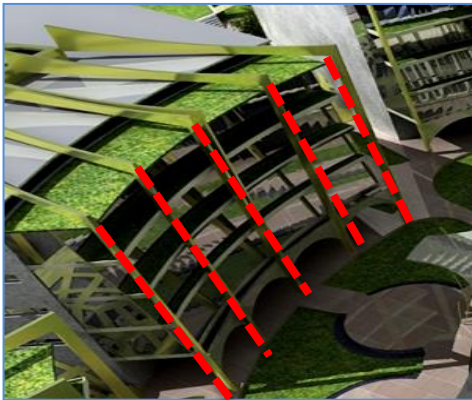


Figure 82: vue sur la façade Est de bibliothèque (source: auteur)

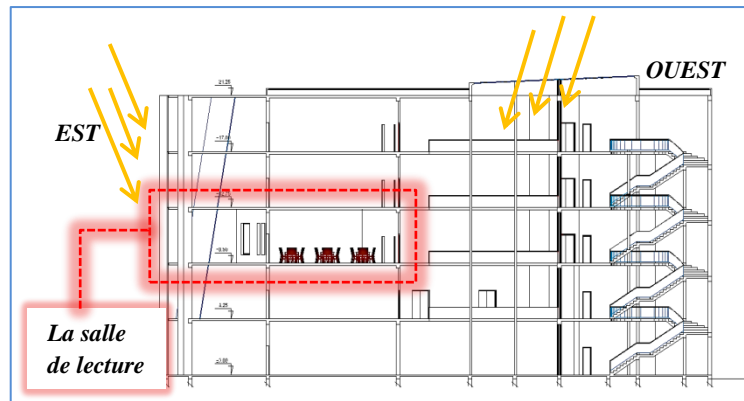


Figure 83: Coupe de centre culturel et artisanal (source: auteur)

IV .1.2. Dimensions et forme:

▪ Surface	434.00 m ²
▪ Hauteur sous plafond	4.00 m
▪ Hauteur des fenêtres	*2.40 m(ouverture de façade Est) *0.60 m(ouverture de façade nord-est) , hauteur d'allège=0.65
▪ Surface cumulée des ouvertures	=45m ²
▪ Type d'éclairage	bilatérale
▪ Orientation des ouvertures	Est

Tableau 05: caractéristiques formelles et géométriques de la salle de lecture (source : auteur)

IV.2. Outil de simulation:

IV .2.1. Le logiciel « ECOTECT » :

Logiciel de simulation complet qui associe un modéleur 3D avec des analyses solaire, thermique, acoustique et de coût. ECOTECT est un outil d'analyse simple et qui donne des résultats très visuels. ECOTECT a été conçu avec comme principe que la conception environnementale la plus efficace est à valider pendant les étapes conceptuelles du design. Le logiciel répond à ceci en fournissant la rétroaction visuelle et analytique, guidant progressivement le processus de conception en attendant que les informations plus détaillées soient disponibles. Ses sorties étendues rendent également la validation finale de conception beaucoup plus simple en se connectant par interface à Radiance, EnergyPlus et à beaucoup d'autres outils plus spécialisés.¹

IV .2.2. Le logiciel « radiance » :

Le logiciel Radiance est un logiciel de création d'images réalistes sur le plan de la lumière naturelle. La très grande qualité et la précision de ses résultats en fait un des références dans le monde. Le rendu d'images réalistes avec un niveau de précision et de similitude très fort (entre les résultats d'une

¹ ECOTECT.logiciels.i3er.org , visité : le 04.07.2020 à 15 :00

simulation numérique de l'éclairage et la réalité).cet outil peut être aussi rattaché à d'autres logiciels de simulation comme Ecotect.²

IV.3. Les paramètres de simulation :

IV .3.1. les paramètres fixes:

-Dimension de salle de lecture - Hauteur -Orientation de l'ouverture

IV .3.2. les paramètres variables:

-dimension des ouvertures -nombre des ouvertures -position des ouvertures -protections solaires.

V.4.Les exigences d'éclairage pour une salle de lecture :

Type de bâtiment/espace	Eclairage moyen (lux)	Facteur moyen de jour (%)	Facteur de jour min (%)	Indice d'uniformité
Bibliothèque : salle de lecture	500	6	1.5	0.8

Tableau 06: Les normes de l'éclairage de la salle de lecture ; Source : Backer, N. & Steamers, K., 2002. p, 61

IV.5.Période de simulation :

L'étude d'éclairage naturel se fait à 09h, 12h et 15h (les heures de pointe) pendant deux journées, hiver 21 décembre (la longue journée d'hiver, ciel couvert et ciel dégagé), été 21 juin (la longue journée d'été).

IV.6. Cas initial:

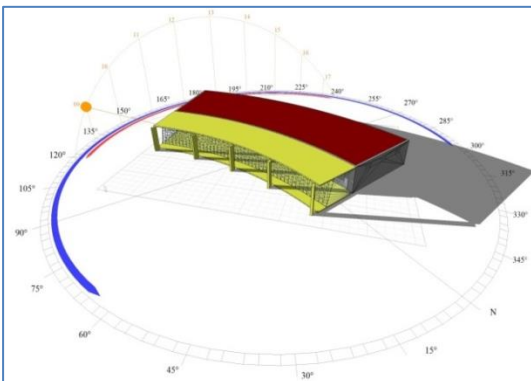


Figure84: l'ombre portée par le projet en 21 Décembre à 09 h.(source :ecotect)

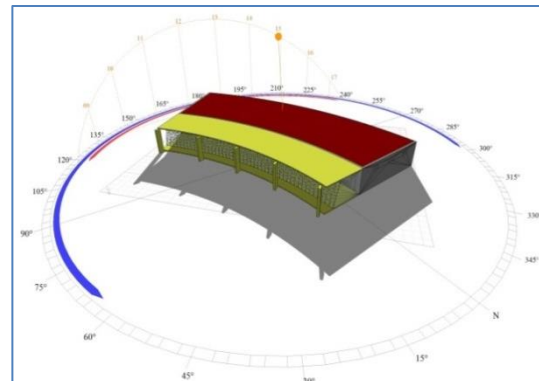


Figure85: l'ombre portée par le projet en 21 Décembre à 15 h. (source :ecotect)

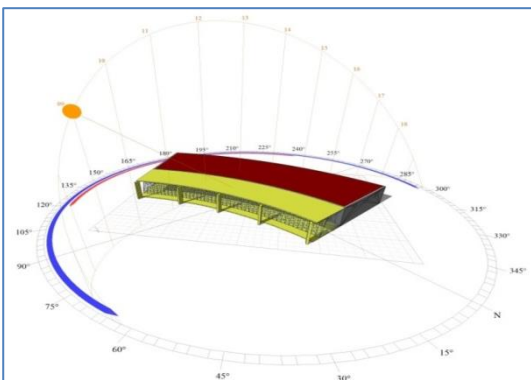


Figure86: l'ombre portée par le projet en 21 Juin à 09 h. (source :ecotect)

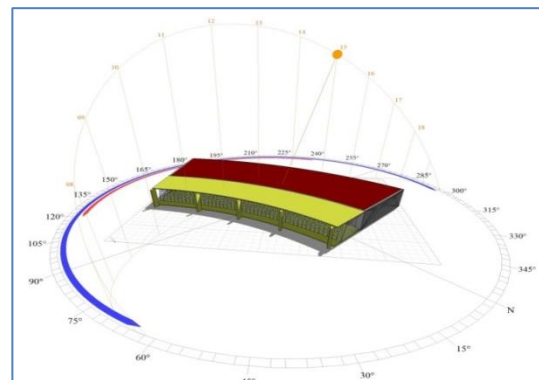


Figure87: l'ombre portée par le projet en 21 Juin à 15 h. (source :ecotect)

² www.deluminaelab.com,visité : le 04.07.2020 à 15 :52

IV .7.résultat de simulation de cas initial :

IV.7.1.hiver 21 décembre à 09h ciel dégagé/ciel couvert :

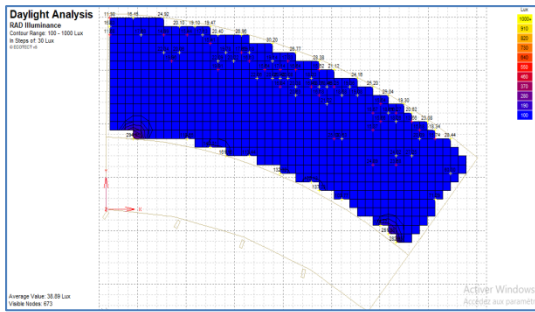


Figure88: Contour de FLJ à ciel couvert 21 Décembre à 09 h. (source :ecotect)

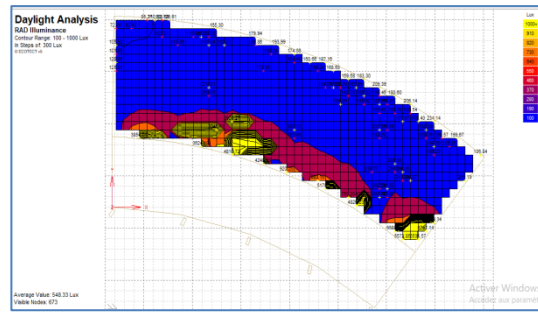


Figure89: Contour de FLJ à ciel dégagé 21 Décembre à 09 h. (source :ecotect)

Etat de ciel	<u>Période d'hiver :</u> le 21décembre à <u>09 :00h</u>	
Ciel couvert	<p>Figure90 : Mesure de niveau d'éclairément à ciel couvert,(source :ecotect ;radiance)</p>	<p>Figure91 : courbe iso à ciel couvert, ,(source :ecotect ;radiance)</p>
Ciel dégagé	<p>Figure92:Mesure de niveau d'éclairément à ciel dégagé ,(source :ecotect ;radiance)</p>	<p>Figure93 : courbe iso à ciel dégagé , ,(source :ecotect ;radiance)</p>

	<u>Période d'hiver :</u> le 21décembre à <u>09 :00h</u>				
Etat de ciel	éclairage min (lux)	éclairage moy (lux)	éclairage max (lux)	FLJ moyen (%)	indice d'uniformité
Ciel couvert	14.35	153.50	292.65	2.57	0.09
Ciel dégagé	102.30	2845.55	5588.80	/	0.04

Tableau 07:les resultats de simulation d'éclairage naturel -cas initial -le21décembre à09h-(source :auteur)

➤ **commentaire :**Après l'évaluation numérique à 9h en hiver, nous avons remarqué que la quantité de lumière à l'intérieur de la salle de lecture est faible avec un éclairage moyen de 153.50lux dans le cas du ciel couvert ; qui est inférieure à la norme (500lux). par contre dans le cas du ciel dégagé, l'éclairage moyen affiche une valeur trop élevée de 2845.55 lux, aussi l'altitude basse du soleil permet la pénétration des rayons solaires causant ainsi la présence de taches solaires dans l'espace au niveau du plan de travail proche des ouvertures, tandis que le fond de l'espace reste sombre. L'indice d'uniformité de 0.04 et 0.09 indique une répartition non uniforme de la lumière naturelle.

IV.7.2.hiver 21 décembre à 12h ciel dégagé/ciel couvert :

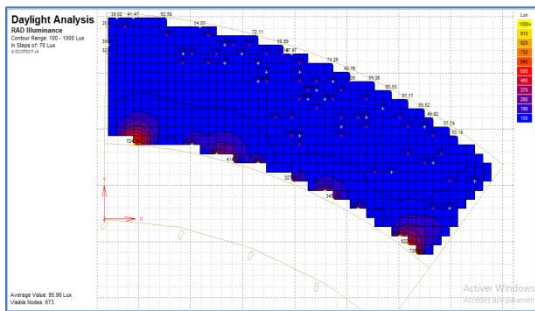


Figure94 : niveau d'éclairage à ciel couvert 21 Décembre à 12 h. (source :ecotect)

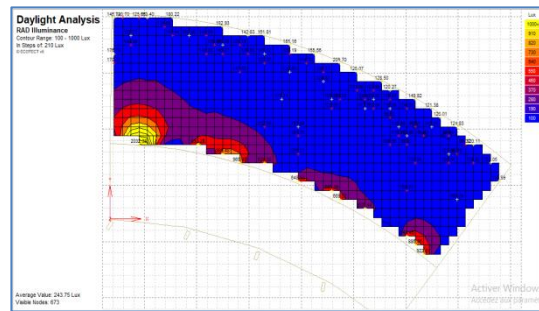

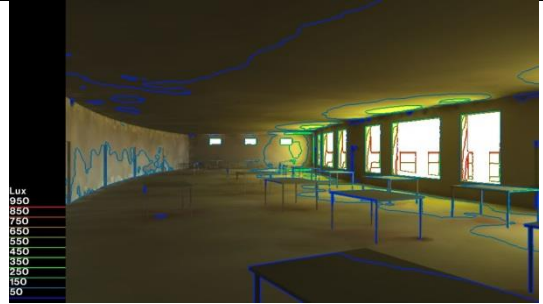

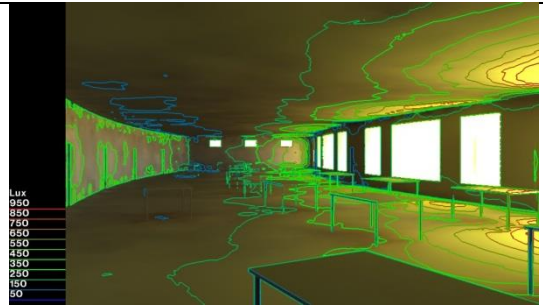


Figure95 : niveau d'éclairage à ciel dégagé 21 Décembre à 12 h. (source :ecotect)

<i>Etat de ciel</i>	<i>Période d'hiver : le 21décembre à 12 :00h</i>	
<i>Ciel couvert</i>	 <p data-bbox="320 1491 855 1576">Figure96 : Mesure de niveau d'éclairage à ciel couvert,,(source :ecotect ;radiance)</p>	 <p data-bbox="880 1491 1425 1576">Figure97: courbe iso à ciel couvert, ,(source :ecotect ;radiance)</p>
<i>Ciel dégagé</i>	 <p data-bbox="320 1879 855 1953">Figure98: Mesure de niveau d'éclairage à ciel dégagé ,(source :ecotect ;radiance)</p>	 <p data-bbox="880 1879 1425 1953">Figure99 : courbe iso à ciel dégagé , ,(source :ecotect ;radiance)</p>

	<u>Période d'hiver :</u> le 21 décembre à <u>12 :00h</u>				
<i>Etat de ciel</i>	<i>éclairage min (lux)</i>	<i>éclairage moye (lux)</i>	<i>éclairage max (lux)</i>	<i>FLJ moyen (%)</i>	<i>indice d'uniformité</i>
<i>Ciel couvert</i>	31.70	377.90	724.10	2.57	0.08
<i>Ciel dégagé</i>	134.70	1083.54	2032.83	/	0.12

Tableau 08: les resultats de simulation d'éclairage naturel -cas initial -le 21 décembre à 12h-(source :auteur)

➤ commentaire : A 12h on remarque que l'éclairage moyen est faible avec une valeur de 377.90 lux en cas de ciel couvert, mais en cas de ciel dégagé, la valeur de 1083.54 lux est trop élevée. Aussi la valeur 0.12 de l'indice d'uniformité indique que l'éclairage naturel à l'intérieure de l'espace est mal réparti.

IV.7.3. hiver 21 décembre à 15h ciel dégagé/ciel couvert :

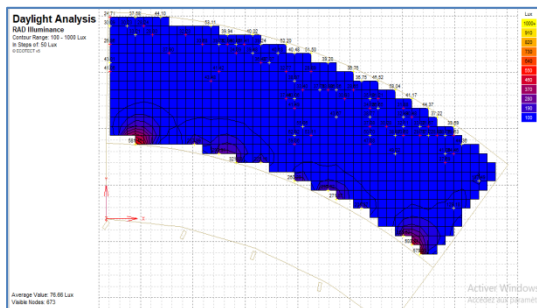


Figure100 : niveau d'éclairage à ciel couvert 21 Décembre à 15 h. (source :ecotect)

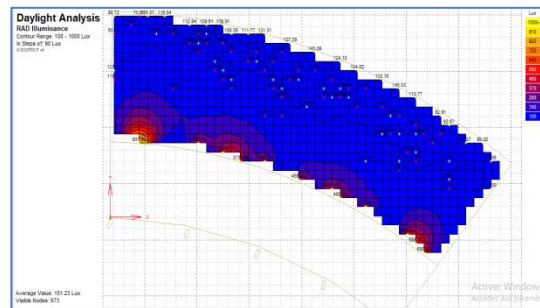

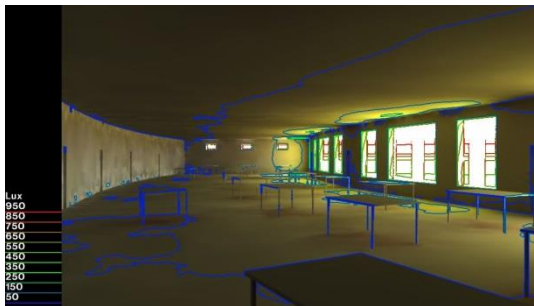

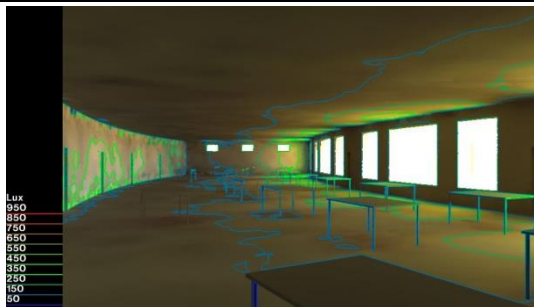


Figure101: niveau d'éclairage à ciel dégagé 21 Décembre à 15 h. (source :ecotect)

<i>Etat de ciel</i>	<u>Période d'hiver :</u> le 21 décembre à <u>15 :00h</u>	
<i>Ciel couvert</i>	 <p>Figure102 : Mesure de niveau d'éclairage à ciel couvert, (source :ecotect ;radiance)</p>	 <p>Figure103 : courbe iso à ciel couvert, (source :ecotect ;radiance)</p>
<i>Ciel dégagé</i>	 <p>Figure104 : Mesure de niveau d'éclairage à ciel dégagé, (source :ecotect ;radiance)</p>	 <p>Figure105 : courbe iso à ciel dégagé, (source :ecotect ;radiance)</p>

	<u>Période d'hiver :</u> le 21 décembre à <u>15 :00h</u>				
<i>Etat de ciel</i>	<i>éclairement min (lux)</i>	<i>éclairement moye (lux)</i>	<i>éclairement max (lux)</i>	<i>FLJ moyen (%)</i>	<i>indice d'uniformité</i>
<i>Ciel couvert</i>	28.3	304.85	581.40	2.57	0.09
<i>Ciel dégagé</i>	68.65	502.875	937.10	/	0.14

Tableau 09: les résultats de simulation d'éclairage naturel -cas initial -le 21 décembre à 15h-(source :auteur)

commentaire : La simulation à 15h en hiver montre que l'éclairement est faible d'une valeur moyenne de 304.85 lux et une valeur maximale de 581.40 lux sous des conditions de ciel couvert. En revanche dans de conditions du ciel dégagé l'éclairement moyen 502.875 lux est acceptable mais les valeurs de l'indice d'uniformité de 0.14 (cas de ciel dégagé) et 0.09 (cas de ciel couvert) indiquent une répartition d'éclairage non uniforme dans l'espace.

IV.7.4. Eté 21 juin à 09h ciel dégagé:

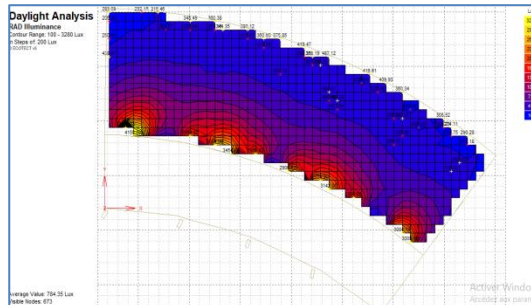


Figure106 : niveau d'éclairement à ciel dégagé 21 Décembre à 09 h. (source :ecotect)

<i>Etat de ciel</i>	<u>Période d'été :</u> le 21 Juin à <u>09 :00h</u>	
<i>Ciel dégagé</i>	<p>Figure107 : Mesure de niveau d'éclairement à ciel dégagé ,(source :ecotect ;radiance)</p>	<p>Figure108 : courbe iso à ciel dégagé , (source :ecotect ;radiance)</p>

	<u>Période d'été :</u> le 21 juin à <u>09 :00h</u>				
<i>Etat de ciel</i>	<i>éclairement min (lux)</i>	<i>éclairement moye (lux)</i>	<i>éclairement max (lux)</i>	<i>FLJ moyen (%)</i>	<i>indice d'uniformité</i>
<i>Ciel dégagé</i>	285.80	2218.15	4150.50	2.57	0.13

Tableau 10: les résultats de simulation d'éclairage naturel -cas initial -le 21 juin à 09h-(source :auteur)

➤ **commentaire :** En période d'été à 9h lorsque Le soleil en été est plus haut, on remarque que l'éclairage avec sa valeur moyenne de 2218.15 lux est supérieure à la valeur recommandée et dans ce cas le risque d'éblouissement est présent surtout au niveau des tables proches des ouvertures. L'indice d'uniformité 0.13 indique aussi que l'éclairage naturel est non uniforme.

IV.7.5. Eté 21 juin à 12h ciel dégagé:

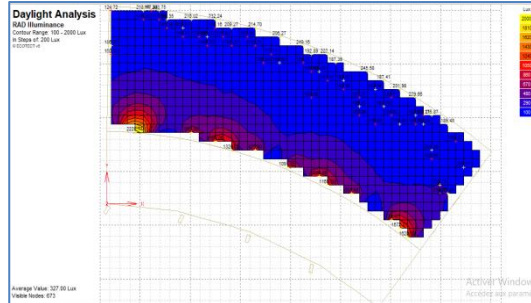


Figure109 : niveau d'éclairage à ciel dégagé 21 Décembre à 12h. (source :ecotect)

<i>Etat de ciel</i>	<i>Période d'été : le 21 Juin à 12 :00h</i>	
<i>Ciel dégagé</i>	<p>Figure110: Mesure de niveau d'éclairage à ciel dégagé,(source :ecotect ;radiance)</p>	<p>Figure111: courbe iso à ciel dégagé, ,(source :ecotect ;radiance)</p>

	<i>Période d'été : le 21 juin à 12 :00h</i>				
<i>Etat de ciel</i>	<i>éclairage min (lux)</i>	<i>éclairage moye (lux)</i>	<i>éclairage max (lux)</i>	<i>FLJ moyen (%)</i>	<i>indice d'uniformité</i>
<i>Ciel dégagé</i>	148.30	1188.55	2228.80	2.57	0.12

Tableau 11:les résultats de simulation d'éclairage naturel -cas initial -le21juin à12h-(source :auteur)

➤ **commentaire :** Après la simulation au 21 juin à 12h on remarque que la valeur de l'éclairage moyenne 1188.55 lux reste supérieure à la norme (500lux) .la valeur d'indice d'uniformité 0.12 indique aussi que l'éclairage naturel est non uniforme.

IV.7.6. Eté 21 juin à 15h ciel dégagé:

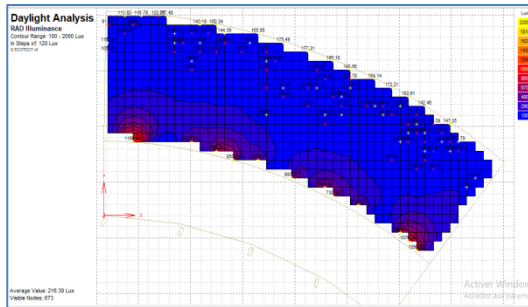


Figure112 : niveau d'éclairément à ciel dégagé 21 Décembre à 15h. (source :ecotect)

Etat de ciel	<u>Période d'été :</u> le 21 Juin à 15 :00h	
Ciel dégagé	<p>Figure113: Mesure de niveau d'éclairément à ciel dégagé, (source :ecotect ;radiance)</p>	<p>Figure114: courbe iso à ciel dégagé, (source :ecotect ;radiance)</p>

	<u>Période d'été :</u> le 21 juin à 15 :00h				
Etat de ciel	éclairement min (lux)	éclairement moye (lux)	éclairement max (lux)	FLJ moyen (%)	indice d'uniformité
Ciel dégagé	105.90	648.40	1190.90	2.57	0.16

Tableau 12: les résultats de simulation d'éclairage naturel -cas initial -le 21 juin à 15h- (source :auteur)

➤ **commentaire :** Le 21 juin à 15h on remarque que la valeur de l'éclairément moyenne 648.40 lux est acceptable mais la valeur de l'indice d'uniformité 0.16 indique une répartition d'éclairage non uniforme.

IV .8. Récapitulation des résultats de simulation de cas initial:

Sachant que le niveau de l'éclairément influence directement le confort visuel des lecteurs, il est recommandé d'assurer un éclairément moyen de 500 lux, et d'éviter l'éblouissement et l'obscurité.

Le tableau suivant montre que les valeurs obtenues de l'éclairément moyen sont inférieures par rapport aux normes recommandées, donc la salle de lecture devient sombre en période hivernale, dans le cas du ciel couvert .Mais dans le cas du ciel dégagé, l'espace reçoit un excès de lumière plus particulièrement la zone proche des ouvertures ,la zone intermédiaire de la salle contient un éclairément favorable, ces deux zone s'étendent sur une distance de 4.55m (cette distance est mesurée par la règle de pouce :2.40m

IV CHAPITRE EXPERIMENTALE

hauteur d'ouverture et 0.65m hauteur d'allège).par contre il reste très faible au fond de l'espace (moins de 100 lux) ce qui crée un état d'inconfort visuel. (voir figure115)

Jour et heure		Etat de ciel	éclairage moy(lux)	FLJ moyen (%)	indice d'uniformité
21 décembre	09h	Ciel couvert	153.50	2.57	0.09
		Ciel dégagé	2845.55	/	0,04
	12h	Ciel couvert	377.90	2.57	0.08
		Ciel dégagé	1083.54	/	0.12
	15h	Ciel couvert	304.85	2.57	0.09
		Ciel dégagé	502.875	/	0.14
21 juin	09h	Ciel dégagé	2218.15	2.57	0.13
	12h	Ciel dégagé	1188.55	2.57	0.12
	15h	Ciel dégagé	648.40	2.57	0.16

Insuffisant	Adéquat	Désirable	Inconfortable
$Em < 450$ $FLJm < 6$ $IU < 0.6$	$450 < Em < 500$ $0.6 \leq IU < 0.8$ $FLJm = 6$	$500 \leq Em \leq 650$ $6 \leq FLJm < 7$ $0.8 \leq IU \leq 1$	$850 \leq Em$ $7 < FLJm$ $1 \leq IU$

Tableau 13:Récapitulation des résultats de simulation de cas initial (source: auteur)

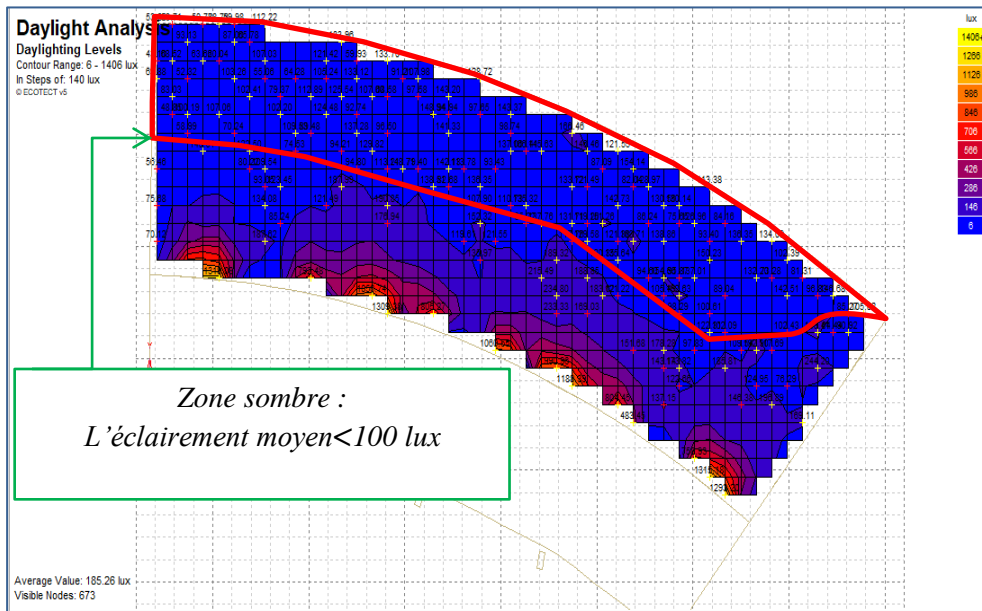
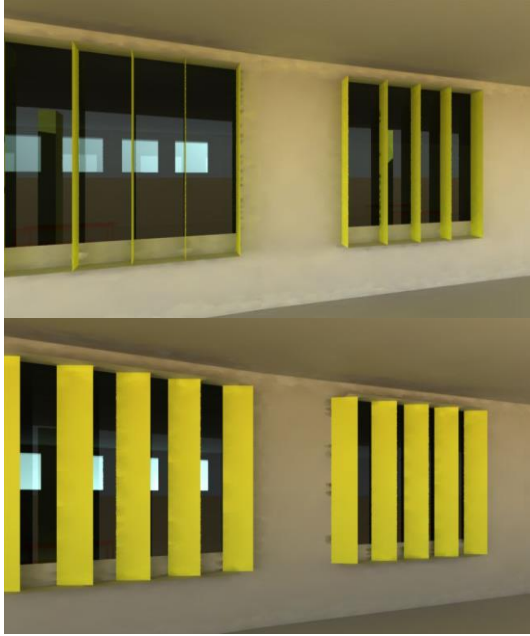
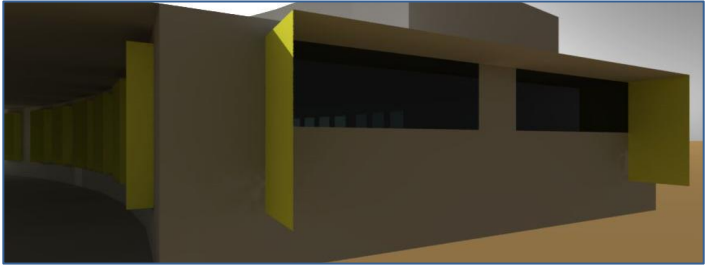
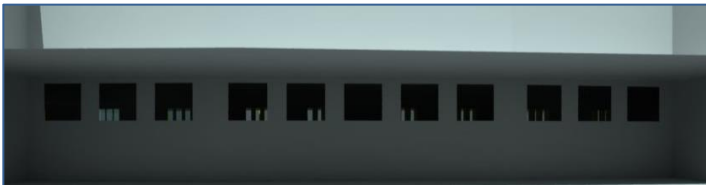


Figure115: niveau d'éclairage annuel de cas initial. (source :ecotect)

IV.9. Cas amélioré :

IV .9.1.les corrections proposées: Après plusieurs scénarios de corrections, il a été choisi d'apporter les corrections suivantes : La correction de confort visuel était au niveau des dimensions, la forme et la position des ouvertures et l'intégration des brises soleil.

<i>La correction</i>	<i>Figure</i>
<p>-Un redimensionnement des ouvertures de façade Est (largeur =2.00m, hauteur =2.65, hauteur d'allège=1.20) .</p> <p>-l'ajout des brises soleil verticaux mobiles (largeur =0.35m) qui s'orientent à 60° durant l'été pour contrôler la pénétration de soleil (pour éviter la présence des taches solaires, la réflexion des rayons solaire et l'éblouissement).</p>	 <p>Figure116: orientation de brises soleil pendant l'hiver -90°- et l'été - 60°- (source :ecotect)</p>
<p>-Un redimensionnement des ouvertures de façade Nord-Est pour le but de bénéficier au maximum de la lumière naturelle (agrandir les ouvertures au lieu des petites impostes, largeur =4.00m, hauteur =1.50m, hauteur d'allège=2.45m)</p> <p>-l'intégration de brise soleil (un auvent de 1.50m de largeur)</p>	 <p>Figure117: vue sur la façade nord-est (source :ecotect)</p>
<p>-pour la façade Ouest, l'ajout des ouvertures (largeur =1.00m, hauteur =1.50m, hauteur d'allège=2.45) donnant sur l'atrium pour améliorer la répartition de l'éclairage à l'intérieur de la salle de lecture.</p>	 <p>Figure118: les ouvertures donnant sur l'atrium (source :ecotect)</p>

IV .10.résultat de simulation de cas amélioré :

IV.10.1 hiver 21 décembre à 09h ciel dégagé/ciel couvert :

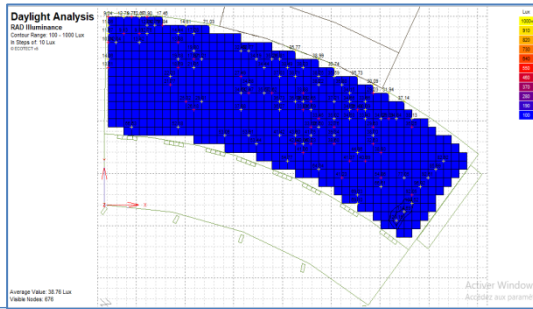


Figure119: niveau d'éclairément à ciel couvert 21 décembre à 09 h. (source : ecotect)

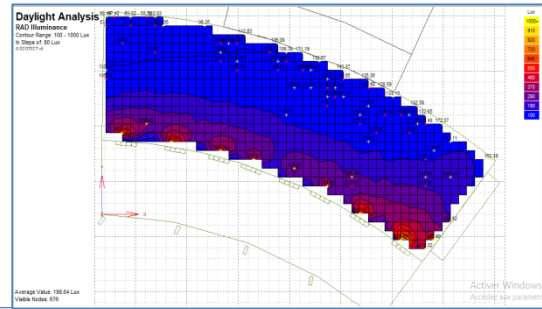


Figure120: niveau d'éclairément à ciel dégagé 21 décembre à 09 h. (source : ecotect)

Etat de ciel	<u>Période d'hiver :</u> le 21décembre à <u>09 :00h</u>	
Ciel couvert	<p>Figure121: Mesure de niveau d'éclairément à ciel couvert,(Source : ecotect,radiance)</p>	<p>Figure122: courbe iso à ciel couvert, ,(Source : ecotect,radiance)</p>
Ciel dégagé	<p>Figure123: Mesure de niveau d'éclairément à ciel dégagé,(Source : ecotect,radiance)</p>	<p>Figure124: courbe iso à ciel dégagé, ,(Source : ecotect,radiance)</p>

	<u>Période d'hiver :</u> le 21décembre à <u>09 :00h</u>				
Etat de ciel	éclairage min (lux)	éclairage moy (lux)	éclairage max (lux)	FLJ moyen (%)	indice d'uniformité
Ciel couvert	13.45	67.30	121.15	3.36	0.20
Ciel dégagé	59.75	456.90	854	/	0.13

Tableau 14:les résultats de simulation d'éclairage naturel -cas amélioré-le21décembre à09h-(source :auteur)

➤ **commentaire :** la simulation de décembre à 9h montre que les améliorations portées sont nettement appréciés en cas de ciel dégagé avec une valeur adéquate d'éclairément de 456.90 lux. Cette amélioration est due au redimensionnement des ouvertures aussi l'ajout des brises soleil verticaux mobile

qui participent directement à effacer les taches solaire à l'intérieur de l'espace. Cependant l'éclairage reste faible en cas de ciel couvert et l'indice d'uniformité 0.20 indique une répartition d'éclairage non uniforme. La valeur de FLJ est améliorée à 3.39 %.

IV.10.2. hiver 21 décembre à 12h ciel dégagé/ciel couvert :

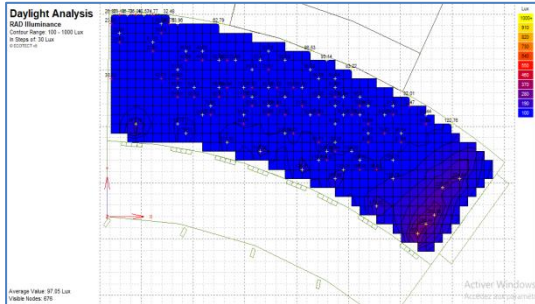


Figure125: niveau d'éclairage à ciel couvert 21 décembre à 12 h. (source :ecotect)

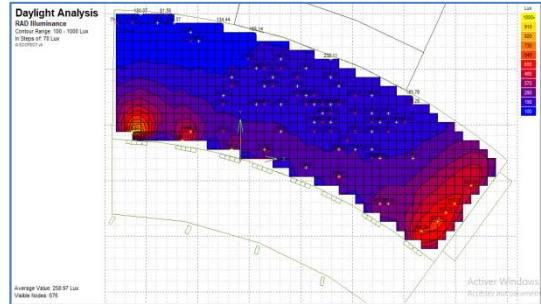


Figure126: niveau d'éclairage à ciel dégagé 21 décembre à 12 h. (source :ecotect)

Etat de ciel	<u>Période d'hiver :</u> le 21 décembre à <u>12 :00h</u>	
Ciel couvert	<p>Figure127: Mesure de niveau d'éclairage à ciel couvert, (Source : ecotect, radiance)</p>	<p>Figure128: courbe iso à ciel couvert, (Source : ecotect, radiance)</p>
Ciel dégagé	<p>Figure129: Mesure de niveau d'éclairage à ciel dégagé, (Source : ecotect, radiance)</p>	<p>Figure130: courbe iso à ciel dégagé, (Source : ecotect, radiance)</p>

	<u>Période d'hiver :</u> le 21 décembre à <u>12 :00h</u>				
Etat de ciel	éclairage min (lux)	éclairage moy (lux)	éclairage max (lux)	FLJ moyen (%)	indice d'uniformité
Ciel couvert	28.10	165.63	303.15	3.39	0.17
Ciel dégagé	94.2	466.40	836.6	/	0.20

Tableau 15 : les résultats de simulation d'éclairage naturel -cas amélioré-le 21 décembre à 12h-(source :auteur)

➤ **commentaire :** À 12h l'éclairage moyen est diminué à une valeur adéquate de 466.40 lux en cas de ciel dégagé à l'aide des améliorations portées; en revanche l'éclairage reste insuffisant dans le cas de ciel couvert aussi l'éclairage est non uniforme qui se traduit par la valeur 0.17 de l'indice d'uniformité.

IV.10.3. hiver 21 décembre à 15h ciel dégagé/ciel couvert :

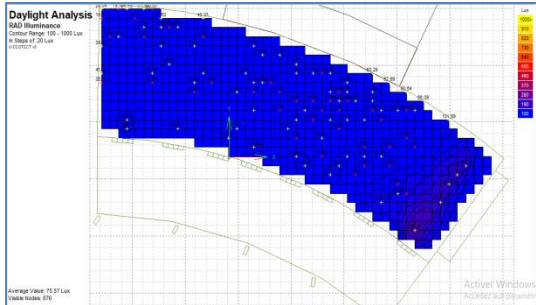


Figure131: niveau d'éclairage à ciel couvert 21 décembre à 15 h. (source :ecotect)

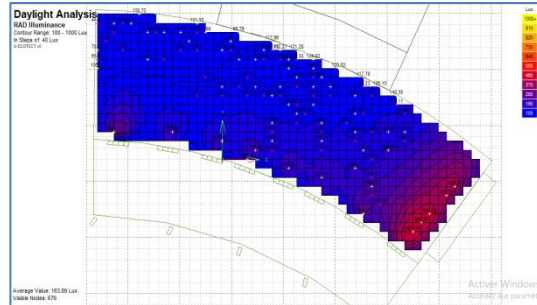


Figure132: niveau d'éclairage à ciel dégagé 21 décembre à 15 h. (source :ecotect)

<i>Etat de ciel</i>	<i>Période d'hiver : le 21décembre à 15 :00h</i>	
<i>Ciel couvert</i>	<p>Figure133: Mesure de niveau d'éclairage à ciel couvert,(Source : ecotect,radiance)</p>	<p>Figure134: courbe iso à ciel couvert, ,(Source : ecotect,radiance)</p>
<i>Ciel dégagé</i>	<p>Figure135: Mesure de niveau d'éclairage à ciel dégagé,(Source : ecotect,radiance)</p>	<p>Figure136: courbe iso à ciel dégagé, ,(Source : ecotect,radiance)</p>

	<i>Période d'hiver : le 21décembre à 15 :00h</i>				
<i>Etat de ciel</i>	<i>éclairage min (lux)</i>	<i>éclairage moy (lux)</i>	<i>éclairage max (lux)</i>	<i>FLJ moyen (%)</i>	<i>indice d'uniformité</i>
<i>Ciel couvert</i>	24.75	130.07	235.4	3.39	0.19
<i>Ciel dégagé</i>	52.70	258.53	464.35	/	0.20

Tableau 16: les résultats de simulation d'éclairage naturel -cas amélioré-le21décembre à15h-(source :auteur)

➤ **commentaire :** À 15h le 21 décembre, l'éclairage moyen affiche des valeurs faibles de 130.07 lux à l'état de ciel couvert et 258.53 lux à l'état de ciel dégagé l'indice d'uniformité 0.19 et 0.20 indique une répartition non uniforme d'éclairage.

IV.10.4. Eté 21 juin à 09h ciel dégagé:

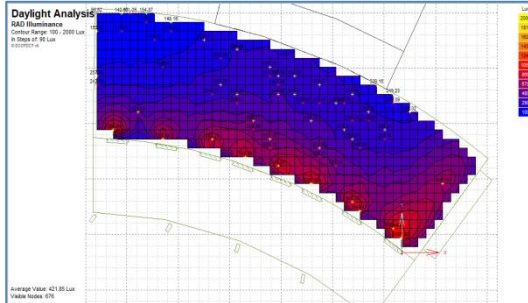


Figure137: niveau d'éclairage à ciel dégagé 21 décembre à 09h. (source :écotect)

<i>Etat de ciel</i>	<u>Période d'été :</u> le 21 Juin à <u>09 :00h</u>	
<i>Ciel dégagé</i>	<p>Figure138: Mesure de niveau d'éclairage à ciel dégagé ,(Source : ecotect,radiance)</p>	<p>Figure139: courbe iso à ciel dégagé ,(Source : ecotect,radiance)</p>

	<u>Période d'été :</u> le 21 juin à <u>09 :00h</u>				
<i>Etat de ciel</i>	<i>éclairage min (lux)</i>	<i>éclairage moy (lux)</i>	<i>éclairage max (lux)</i>	<i>FLJ moyen (%)</i>	<i>indice d'uniformité</i>
<i>Ciel dégagé</i>	99.62	598.76	1097.9	3.39	0.17

Tableau 17: les résultats de simulation d'éclairage naturel -cas amélioré-le21juin à09h-(source :auteur)

➤ **commentaire :** Après la simulation le 21 juin à 9h, on a réussi à diminuer la valeur d'éclairage jusqu'à 598.76 lux .Cette amélioration est due au fait que les brises soleil verticaux mobile qui sont orientés à 60° nous permettons de tamiser l'excès d'éclairage entrant de façade Est.et l'ajout des ouvertures de côté ouest et l'agrandissement des ouvertures de façade nord nous aident à améliorer le niveau d'éclairage au fond de l'espace. Mais l'éclairage reste non uniforme.

IV.10.5. Eté 21 juin à 12h ciel dégagé:

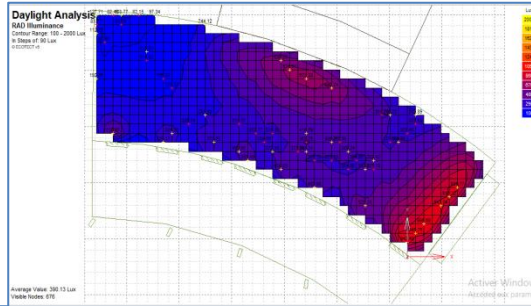


Figure140: niveau d'éclairément à ciel dégagé 21 décembre à 12h. (source :ecotect)

<i>Etat de ciel</i>	<u>Période d'été :</u> le 21 Juin à <u>12 :00h</u>	
<i>Ciel dégagé</i>		
	<i>Figure141: Mesure de niveau d'éclairément à ciel dégagé,(Source : ecotect,radiance)</i>	<i>Figure142: courbe iso à ciel dégagé, ,(Source : ecotect,radiance)</i>

	<u>Période d'été :</u> le 21 juin à <u>12 :00h</u>				
<i>Etat de ciel</i>	<i>éclairement min (lux)</i>	<i>éclairement moy (lux)</i>	<i>éclairement max (lux)</i>	<i>FLJ moyen (%)</i>	<i>indice d'uniformité</i>
<i>Ciel dégagé</i>	83.6	541.15	998.70	3.39	0.15

Tableau 18:les résultats de simulation d'éclairage naturel -cas amélioré-le21juin à12h-(source :auteur)

➤ commentaire : Après la simulation à 12h ; l'éclairément moyen arrive à une valeur acceptable de 541.15 lux qui est rapproché à la valeur recommandée (500 lux), l'indice d'uniformité 0.15 indique que la répartition de l'éclairage est non uniforme à l'intérieur de l'espace.

IV.10.6. Eté 21 juin à 15h ciel dégagé:

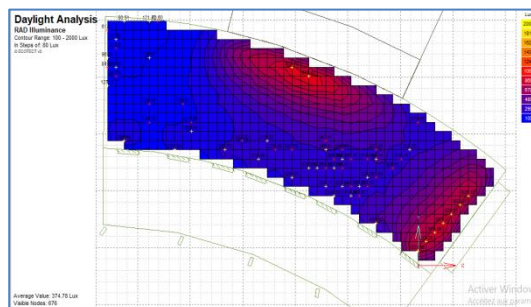

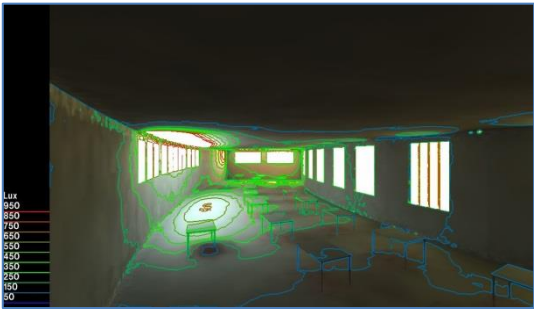


Figure143: niveau d'éclairément à ciel dégagé 21 décembre à 15 h. (source :ecotect)

<i>Etat de ciel</i>	<u><i>Période d'été :</i></u> <i>le 21 Juin à 15 :00h</i>	
<i>Ciel dégagé</i>	 <p>Figure144: Mesure de niveau d'éclairément à ciel dégagé,(Source : ecotect,radiance)</p>	 <p>Figure145: courbe iso à ciel dégagé, (Source : ecotect,radiance)</p>

	<u><i>Période d'été :</i></u> <i>le 21 juin à 15 :00h</i>				
<i>Etat de ciel</i>	<i>éclairage min (lux)</i>	<i>éclairage moy (lux)</i>	<i>éclairage max (lux)</i>	<i>FLJ moyen (%)</i>	<i>indice d'uniformité</i>
<i>Ciel dégagé</i>	72.19	502.80	933.41	3.39	0.14

Tableau 19:les résultats de simulation d'éclairage naturel -cas amélioré-le21juin à15h-(source :auteur)

➤ *commentaire :*

Après la simulation à 15h ; l'éclairément moyen affiche une valeur de 502.80 lux qui est rapproché à la valeur recommandée (500lux), l'indice d'uniformité 0.14 indique que la répartition de l'éclairage est non uniforme à l'intérieur de l'espace.

IV .11. Récapitulation des résultats de simulation de cas amélioré:

Les corrections portées au modèle de simulation, nous permettent d'améliorer le niveau d'éclairément en cas de ciel dégagé, mais on a obtenu un niveau d'éclairément faible en dessous de la moyenne recommandée, pour la totalité des horaires simulées pour le 21 décembre en cas du ciel couvert ;et concernant les temporalités simulées pour le 21 juin on a réussi de diminuer les grandes valeurs d'éclairément de cas initial à des valeurs acceptables.

Après le redimensionnement des ouvertures et l'intégration des brises soleil verticaux au niveau des façades Est et Nord-Est, ainsi que l'ajout des ouvertures du côté ouest qui donne sur l'atrium; on a remarqué que la répartition de l'éclairage naturel a été améliorée, à l'exception d'une zone sombre au fond de l'espace qui contient un niveau d'éclairément très faible (inférieure à 100lux) ce qui justifie les valeurs faibles de l'indice d'uniformité. (Voir figure146)

Jour et heure		Etat de ciel	éclairement moy (lux)	FLJ moyen (%)	indice d'uniformité
21 décembre	09h	Ciel couvert	67.30	3.39	0.20
		Ciel dégagé	456.90	/	0.13
	12h	Ciel couvert	165.63	3.39	0.17
		Ciel dégagé	466.40	/	0.20
	15h	Ciel couvert	130.07	3.39	0.19
		Ciel dégagé	258.53	/	0.20
21 juin	09h	Ciel dégagé	598.76	3.39	0.17
	12h	Ciel dégagé	541.15	3.39	0.15
	15h	Ciel dégagé	502.80	3.39	0.14

Insuffisant	Adéquat	Désirable	Inconfortable
$Em < 450$ $FLJm < 6$ $IU < 0.6$	$450 < Em < 500$ $0.6 \leq IU < 0.8$ $FLJm = 6$	$500 \leq Em \leq 650$ $6 \leq FLJm < 7$ $0.8 \leq IU \leq 1$	$850 \leq Em$ $6 \leq FLJm < 7$ $0.8 \leq IU \leq 1$

Tableau 20: comparaison des résultats de simulation de cas amélioré (source: auteur)

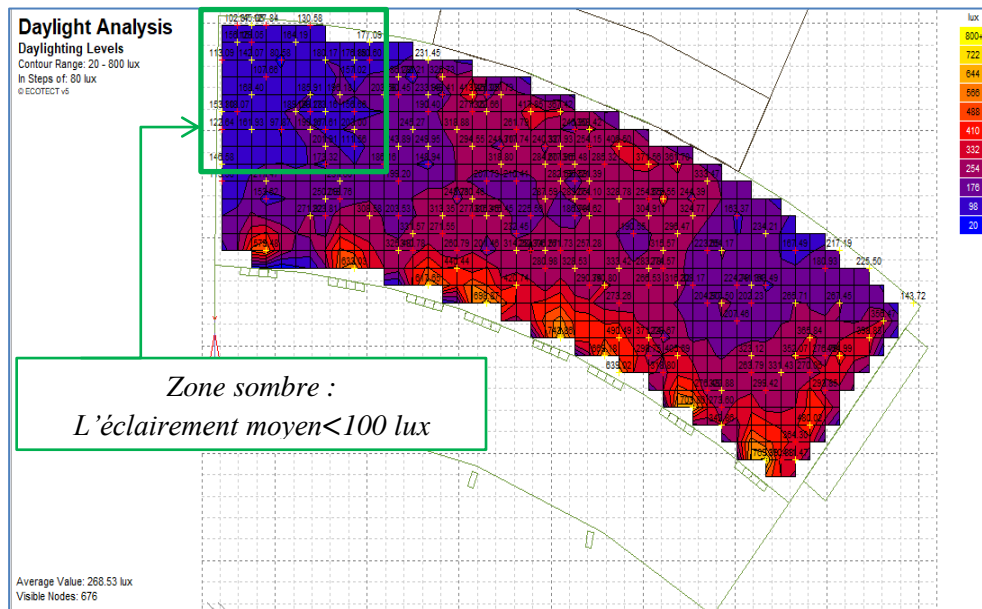


Figure 146: niveau d'éclairement annuel de cas amélioré. (source : ecotect)

IV.13. Synthèse et recommandations:

Cette simulation numérique nous a permis d'expérimenter plusieurs scénarios et d'évaluer les niveaux d'éclairage pour arriver à un confort visuel optimum à l'intérieur de la salle de lecture. Ces scénarios se sont effectués au niveau de la configuration des ouvertures (dimensions, forme et position) ainsi que sur l'intégration des brises soleil.

Le cas d'étude initial « salle de lecture » avec ces grandes ouvertures qui s'orientent à l'Est reçoit une quantité excessive de lumière la matinée en cas du ciel dégagé. Les niveaux d'éclairage sont trop élevés ce qui engendra un environnement lumineux contrasté caractérisé par la présence des taches solaires, la réflexion des rayons solaires et d'éblouissement, ainsi qu'une quantité peu suffisante l'après-midi. En revanche, en cas du ciel couvert, les niveaux d'éclairage sont faibles, ce qui rend l'environnement lumineux sombre.

Dans le cas amélioré, nous avons proposé des corrections pour abaisser le niveau d'éclairage sous ciel dégagé, les corrections étaient de redimensionner les ouvertures de la façade Est et de la façade nord-est et d'intégrer des brises soleil verticaux mobiles qui s'orientent à 60° en l'été.

Aussi, on a proposé d'ouvrir de petites ouvertures sur l'atrium afin de résoudre le problème de pénombre l'après-midi.

Les résultats obtenus étaient satisfaisants, on a obtenu une valeur adéquate d'éclairage moyen estimée à 456.90 et 466.40 lux des temporalités simulées pour la matinée et la mi-journée d'hiver et des valeurs de 598.76 ; 541.15 et 502.80 lux pour la totalité des temporalités simulées d'été. Mais le niveau d'éclairage était faible en cas du ciel couvert.

Pour assurer le confort visuel des occupants notamment pour le cas du ciel couvert où le niveau d'éclairage est insuffisant ; il est indispensable qu'un éclairage artificiel performant et économique soit un élément complémentaire de l'éclairage naturel. Nous recommandons d'utiliser des lampes basses consommation (Les lampes fluorescentes compactes) assemblées à des capteurs qui permettent de mesurer la quantité de lumière naturelle d'une zone et de réguler l'éclairage artificiel pour atteindre le niveau d'éclairage souhaité et surtout de réaliser des économies appréciables d'énergie.

Pour éviter l'inconfort visuel due aux valeurs d'éclairage trop élevées ou trop faibles, nous recommandons aussi d'effectuer des changements au niveau d'aménagement intérieure de la salle de lecture, notamment d'éloigner le plan de travail (les tables) des ouvertures pour la zone le plus éclairées et de remplacer le plan de travail par des rangements de livres pour les zones le plus sombres. Ainsi de favoriser les revêtements absorbants (de sol) et d'utiliser des couleurs claires et mates (des murs et du plafond) pour le but de minimiser le risque d'éblouissement indirect. De plus, le choix du type de vitrage peut aussi contribuer à contrôler la quantité de lumière par son opacité ou sa transparence et l'utilisation des verres de basse transmission pour diminuer la luminance du ciel et contrôler l'éblouissement.

V. CONCLUSION GENERALE

V.CONCLUSION GENERALE :

Aujourd'hui la conception architecturale donne la priorité au confort des occupants afin de promouvoir la santé et le bien-être. L'intégration de la lumière naturelle dans la conception architecturale doit être un élément essentiel, et ça par la maîtrise de confort visuel des occupants et d'assurer une ambiance lumineuse agréable à l'intérieur de l'espace.

À travers cette recherche, on a essayé de mettre l'accent sur l'importance du confort visuel et précisément l'impact de la configuration des ouvertures (forme, position et dimension) sur l'activité de la lecture qui est la tâche visuelle principale dans une bibliothèque au sein d'un centre culturel et d'artisanat à la ville Laghouat qui se caractérise par un gisement solaire important.

D'abord, on a commencé notre travail par une recherche bibliographique afin de maîtriser notre thématique qui traite l'architecture durable, qui prend en considération le confort et le bien-être des utilisateurs de l'espace, ainsi que la préservation de l'environnement. Et on a mis l'accent sur le confort visuel qui est l'un des éléments les plus importants dans l'architecture durable. Puis on a traité l'un des types d'éclairage naturel qui est l'éclairage latéral pour voir l'influence de ce dernier sur le confort visuel.

Ensuite, on a analysé des exemples d'équipements similaires à notre projet centre culturel et d'artisanat de point de vue environnementale afin de comprendre les différents dispositifs liés à la durabilité qui peuvent améliorer le confort visuel dans un équipement culturel.

Après, on a procédé à une évaluation du niveau de confort visuel au sein de la salle de lecture, cette évaluation basée sur l'instrumentation numérique (logiciel Ecotect, radiance) nous a permis de manipuler les paramètres citées au paravent (la configuration des ouvertures : forme, position et dimension).

Les résultats obtenus concernant le confort visuel après avoir apporté les solutions proposées tel que le redimensionnement des ouvertures et l'ajout des protections solaires verticales mobiles, nous permet de réduire le niveau important d'éclairement due à des excès de la lumière naturelle en cas de ciel dégagé et par conséquent l'amélioration du niveau du confort visuel à l'intérieur de la salle de lecture.

Enfin, on note qu'une telle expérience reste une simple tentative et nous souhaitons à travers laquelle avoir apporté certaines clarifications au sujet du confort visuel et spécialement souligner l'impact de l'ouverture comme un élément architectural sur ce dernier.

Bibliographie

❖ Ouvrage :

- Alain Liébard, André de Herde, 2005, « Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques ».
- Dominique Gauzin-Müller; 2001, « Architecture écologique ».
- MUDRI, Ljubica, 2002, « l'hygiène au bien-être, du développement sans frein au développement durable: Ambiances lumineuses ».
- W. C. BROWN et K. RUBERG. 1988, «Facteurs de performance des fenêtres ». Canada.
- BOUVIER François. 1981, « Eclairage naturel », Technique de l'ingénieur.
- The Chartered Institution of Building Services Engineers. 1987, « Applications manual: Window design», London.
- I.Pasini , 2002, « Tips for Daylighting with Windows».
- Robertson, K. 2003, « guide on daylighting of buildings ».
- ICEB institut pour la conception éco responsable du bâti, 2014, « guide boi tech éclairage naturel ».
- J. Lynes, 1979, «A Sequence for Daylighting Design, Lighting Research and Technology».
- M. Bodart, A. de Herde, 1999, « Guide d'aide à l'utilisation de l'éclairage artificiel en complément à l'éclairage naturel, pour un meilleur confort visuel et de substantielles économies d'énergie ».
- Christoffersen, J, 2006, «Evaluation methods and development of a new glare prediction model for daylight environments with the use of CCD cameras». Energy and Buildings.
- CADIERGUES in A. VANDENPLAS. 1964, « Naturel, L'éclairage naturel et ses applications », Comité National Belge de l'Eclairage- Commission de l'Eclairage. Bruxelles : S.I.C.
- G. Steven, 1988, «the Reasoning Architect», 3eme edition.
- Bernstein D., Champetier JP., Hamayon L., Mudri L., Traisnel JP., Vidal T, 2007 « Traité de construction durable ». Editions le Moniteur.
- Paul Littlefair, 2002, « Site layout planning for daylight and sunlight: a guide to good practice». 2^{eme} édition.
- DELETRE J.J. Mémento, 2003, « de prises de jour et protections solaires ». Grenoble: Ecole d'Architecture de Grenoble.
- SCHILER M, 1992, « Simplified design of building lighting», New-York – Chichester – Weinheim – Brisbane – Toronto-- Singapore: John Wiley & Sons,.
- Magali Bodart, 2007, « l'éclairage naturel des bâtiments », Les Cahiers de l'Urbanisme N°66; université de Louvain.
- Baker, N. & Steemers, K, 2002, «daylight design of buildings, a handbook for architects and engineers», james& james, Ltd, 35-37 William Road, London, NW1 3ER, UK.
- Izard .J.L, 1994, « Contrôle de l'ensoleillement et de la lumière en Architecture »Ecole d'architecture de Marseille-Luminy.
- LA TOISON, Marc , 1982, « Introduction à l'éclairagisme ». Paris: Eyrolles.

- A. Robinson et S.Selkowitz , 2013, « Tips for Daylighting with Windows».ernest orlando lawrence brekeley national labratory.USA
- M.Bodart,2000, « guide de l'éclairage naturel ».

❖ **Documentation :**

- 1- Dictionnaire Larousse ,2003.
- 2- Robert Floru, 1996, « Eclairage et vision » [Rapport de recherche] Notes scientifiques et techniques de l'INRS NS 149.
- 3- TERRIER. Christian et VANDEVYVER. Bernard,1999, « L'éclairage naturel », fiche pratique de sécurité, Paris : ED 82.
- 4- HILIPPE MADEC, 2002 , « architecture et qualité environnementale»;les annales de recherche urbaine; n°92 .
- 5- Philippe Cantié, François Lebertois, Luc Lupone et Cécile Röthlin, 2012,« La lumière dans les bibliothèques »,Presses de l'enssib[En ligne].
- 6- Anne-Marie Bertrand, Émilie Bettega, 2008, « Quel modèle de Bibliothèque », presse l'enssib[En ligne].
- 7- DE HERDE, A & al.« Le confort visuel ».Université Catholique de Louvain. Belgique [En ligne].
- 8-Comité européen de normalisation CEN, 2012, « Dossier EN 12464-1, description succincte de la norme » 2eme édition.
- 9- Mémoire de fin d'étude : Bouyahyaoui nada et Araiche amina,2016, « Les stratégies durables pour améliorer l'éclairage naturel pour un bon confort visuel dans les bibliothèques », Université L'arbi ben M'hidi Oum el Bouaghi.
- 10- Mémoire de magister : MATALLAH Zineb, 2015, « étude des effets de l'orientation sur le confort visuel dans les salles de cours avec éclairage naturel latéral » Université Mohamed Kheider, Biskra.

❖ **Sites internet:**

- www.larousse.fr;
- www.linternaute.fr
- www.persee.fr
- www.fr.wikipedia.org
- www.irc.nrc-cnrc.gc.ca/bsi/rsb.html
- fr.calameo.com
- www.energieplus-lesite.be
- www.leclairage.fr
- www.jeannouvel.com
- www.sites.uclouvain.be
- www.rse-pro.com
- www.afe-eclairage.fr
- www.energie.wallonie.be
- www.architecture-batiment.com

ANNEXES

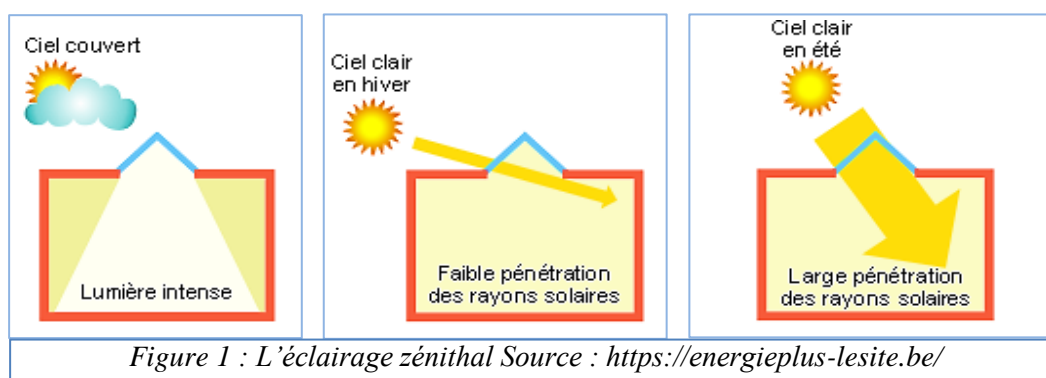
1. Types d'éclairage naturel:

1.1. L'éclairage latéral: (voir chapitre thématique)

1.2. L'éclairage Zénithal:

Les ouvertures zénithales s'ouvrent sur la totalité de la voûte céleste; elles induisent donc une large pénétration de lumière diffuse et elles limitent les phénomènes d'éblouissement. Alors que la distribution lumineuse obtenue par une ouverture horizontale est aussi beaucoup plus homogène que celle produite par une fenêtre verticale. 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 thermique¹.

D'après C. TERRIER et B. VANDEVYVER², le recours à l'éclairage zénithal est indispensable pour les constructions dont la hauteur sous plafond est supérieure à 4,50 mètres. Quant aux locaux de hauteur intermédiaire, de 3 mètres à 4,50 mètres, le choix dépend d'autres caractéristiques à l'image de la profondeur, la largeur et la forme du bâtiment. Si la profondeur du bâtiment par exemple est importante par rapport à la hauteur du local, l'éclairage zénithal sera indispensable afin d'assurer une distribution uniforme des éclairagements intérieurs.

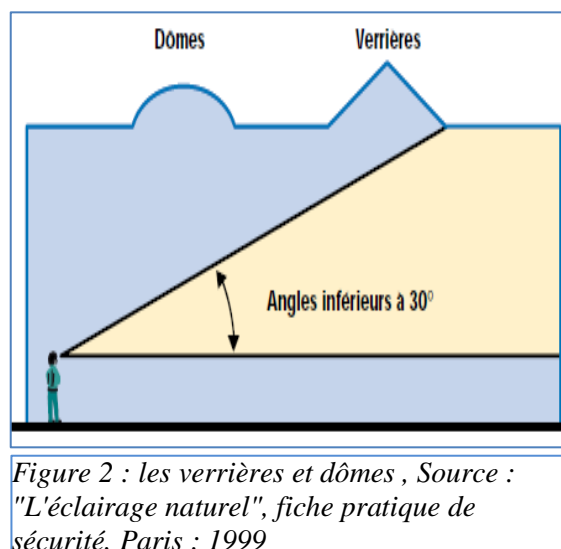


a) Dispositifs d'éclairage zénithal:

-Les verrières et Les dômes :

Les verrières et les dômes sont les plus utilisés dans l'architecture moderne. Leurs emplois ne nécessitent pas une structure lourde et répondent aux besoins pour un indice de vitrage égale à 10%.

L'inconvénient le plus important dans les verrières et les dômes est l'abaissement (voir figure 2), qui ne doit pas être dans un angle inférieur à 30° par rapport à la hauteur de l'utilisateur de l'espace à fin d'éviter l'éblouissement³.



¹ Alain Liébard, André de Herde 2005 « Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques ».

² TERRIER. Christian et VANDEVYVER. Bernard, 1999. "L'éclairage naturel", fiche pratique de sécurité, Paris : ED 82, Travail et Sécurité, p1.

³ TERRIER. Christian et VANDEVYVER. Bernard, 1999. "L'éclairage naturel", fiche pratique de sécurité, Paris : ED 82, Travail et Sécurité, p3.

-Les tabatières (skylights):

La tabatière constitue le système d'éclairage zénithal le plus performant : elle procure de 3 à 5 fois plus de lumière à surface équivalente qu'un vitrage vertical car elle est exposée à une plus grande portion du ciel visible à partir de l'intérieur du local, sans aucune obstruction et dont la luminance est plus élevée ⁴.

-Toitures en dents de scie (sheds) :

Les sheds (figure3) sont constitués d'une surface transparente ou translucide «ouverture» qui collecte la lumière naturelle, et d'une surface opaque inclinée «rampant» faisant face au rayonnement lumineux et qui a pour rôle de distribuer la lumière du jour à l'intérieur du local⁵.

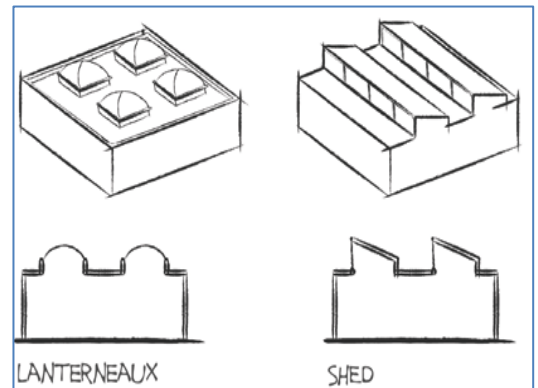


Figure 3 : shed et lanterneaux, Source : guide boi-tech éclairage naturel ,ICEB, 2014.

-Lanterneaux :

Les lanterneaux (figure3) constituent 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.⁶

-Puits de jour :

Le patio, la cour, l'atrium sont des espaces qui apportent de lumière naturelle par un volume extrudé plus ou moins grand au cœur d'un bâtiment. La hauteur du puits de lumière ne soit pas supérieure au double de son largeur. L'inconvénient de ce type est que la quantité de lumière naturelle diminue chaque fois que l'on s'éloigne de l'ouverture⁷.

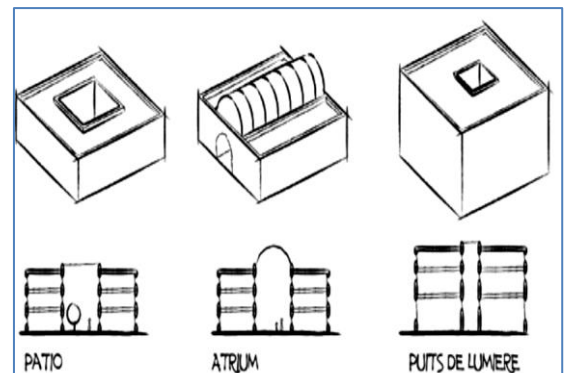


Figure 4 : types de puits de jour, Source : guide boi tech éclairage naturel ,ICEB, 2014.

-Conduits de lumière (Light pipes) : sont le système d'éclairage naturel le plus sophistiqué à cause des longues distances sur lesquelles ils peuvent opérer. En principe, ils collectent (tube en matériau ultra réfléchissant), dirigent, et canalisent la lumière solaire vers n'importe quel espace d'un bâtiment⁸.

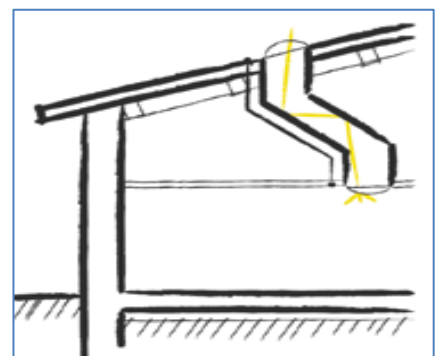


Figure 5 : light pipe, Source : « guide boi tech éclairage naturel » ICEB , Mars 2014.

⁴ DELETRE J.J.Mémento,2003. de prises de jour et protections solaires. Grenoble: Ecole d'Architecture de Grenoble, p 2.

⁵ SCHILER M, 1992, Simplified design of building lighting, New-York – Chichester – Weinheim – Brisbane – Toronto-- Singapore: John Wiley & Sons , p 89 .

⁶ EUROLUX 2017,Guide 03 « Recommandations de conception architecturale Pour maximiser l'effet des lanterneaux sur les bâtiments » .

⁷ ICEB institut pour la conception éco responsable du bâti, 2014 « guide boi tech éclairage naturel » Mars 2014. P 76.

⁸ DELETRE J.J.Mémento,2003. de prises de jour et protections solaires. Grenoble: Ecole d'Architecture de Grenoble.

1.3. L'éclairage composé:

Le principe de l'éclairage composé est d'avoir une source zénithale au fond de l'espace là où l'éclairage obtenu par la source latérale est insuffisant. Ceci permet d'obtenir une distribution équilibrée de l'éclairage horizontal en réduisant l'effet d'éclairage contrasté et donc l'éblouissement, en plus de la satisfaction des besoins psycho biologiques de contact avec l'extérieur. Mais l'éclairage composé n'est pas la solution universelle pour tous les problèmes d'éclairage, car le projet comprend plusieurs espaces avec des activités différentes avec des spécificités et des besoins hétérogènes et même complexes parfois, pour qu'il soit impératif de choisir entre les deux systèmes d'éclairage latéral ou zénithal.

2. Les différents dispositifs de l'éclairage naturel latéral :

Il existe un certain nombre de dispositifs techniques et architecturaux qui permettent d'apporter ou de redistribuer la lumière naturelle dans un local, en voici une liste non exhaustive :

2.1. La fenêtre : ouverture pratiquée dans le mur d'un bâtiment, est la façon la plus utilisée pour y laisser pénétrer l'air et la lumière. Sa forme, sa dimension, son emplacement et l'orientation de la façade dans laquelle elle est pratiquée, sont déterminants pour l'éclairage naturel d'une pièce⁹ (voir chapitre thématique).

La fenêtre traditionnellement plus haute que large (pour des raisons techniques de dimension de linteaux de pierre ou de bois) pouvait être jumelée ou géminée pour laisser pénétrer plus de lumière.

-Dans le cas de petites ouvertures(ou des parois épaisses des constructions traditionnelle), le traitement d'**embrasure** peut permettre d'augmenter sensiblement la captation de lumière.¹⁰

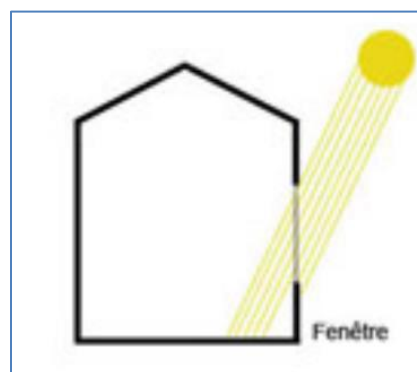


Figure 6 : la fenêtre, source : croquis Odile Besème



Figure 7: traitement d'embrasure, source : www.docplayer.fr

-Une ouverture en second-jour: Un local éclairé en second jour est un local qui n'est pas éclairé naturellement par une fenêtre donnant sur l'extérieur mais par l'intermédiaire d'un autre espace, lui-

⁹ Architecture et lumière, 2009, Odile Besème, Françoise Miller, CDDP de l'Hérault.

¹⁰ Dispositifs d'éclairage naturel, 2007, Bernard PAULE EPFL-ENAC en ligne le site : <https://docplayer.fr/> visité le 17.09.2020 à 09 :32.

même éclairé naturellement. L'éclairage fourni en second jour peut être transmis au travers de parois transparentes ou translucides. il peut également compléter un éclairage naturel direct.¹¹

Une ouverture en second-jour n'est « utile », du point de vue quantitatif, que si elle permet de « voir » le ciel depuis le point d'observation considéré.¹²

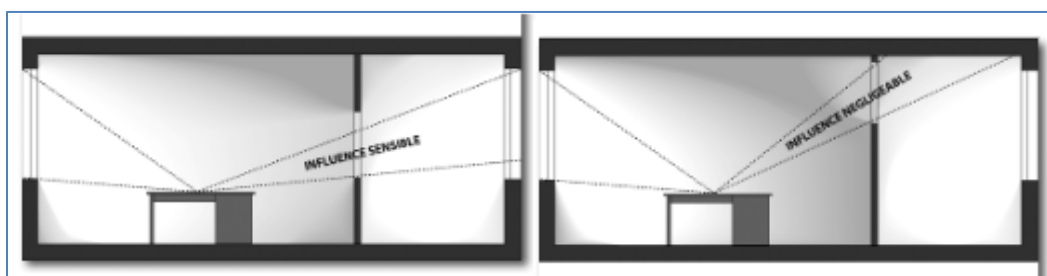


Figure 8: le second jour, source : www.docplayer.fr

2.2. Haute fenêtre : elle offre un bon éclairage naturel et libère sous l'ouverture un pan de mur qui peut être utilisé pour de multiples usages : par exemple l'accrochage d'œuvres dans un musée¹³.

2.3. Le bow-window : fenêtre faisant saillie sur un mur, permet de capter plus de lumière. Il est caractéristique de l'architecture urbaine du nord de la France et des pays anglo-saxons et nordiques¹³.

2.4. L'oculus : est une petite ouverture ronde ou ovale, ménagée dans un mur ou une voûte¹³.

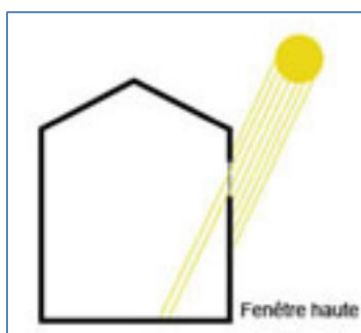


Figure 9: haute fenêtre, source : croquis Odile Besème



Figure 10: bow window, source : www.irisfenetre.com



Figure 11: Oculus, Architecture traditionnelle, Frontenay, Jura. source : Odile Besème

2.5. La fenêtre en longueur ou « en bandeau » : issue du mouvement moderne, donne libre accès à la lumière. Elle constitue un des cinq points pour une architecture moderne et peut être réalisée grâce au béton armé¹³. (L'exemple de Villas La Roche et Jeanneret, Paris, Le Corbusier, 1924, voir figure 12)

2.6. Le mur translucide : est une paroi verticale composée de matériaux translucides (laissant passer la lumière mais pas la vue) qui peuvent, dans certains cas, avoir une fonction porteuse¹³ (brique de verre, matériaux acryliques, etc.)

¹¹ Alain Liébard, André de Herde 2005 « Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques » p 271a.

¹² Dispositifs d'éclairage naturel Bernard PAULE EPFL-ENAC 2007 en ligne le site : <https://docplayer.fr/> visité le 17.09.2020 à 09 :32.

¹³ Architecture et lumière, 2009, Odile Besème, Françoise Miller, CDDP de l'Hérault.

Les façades de la Maison de Verre à Paris (figure13), conçue par l'architecte Pierre Chareau, sont constituées de briques de verre translucide. L'emploi de ce matériau permet un éclairage naturel dans un contexte urbain dense, avec tous les problèmes d'obstacles à la lumière et de vis-à-vis que cela suppose.

2.7. Le mur transparent ou mur-rideau : occupe toute la surface d'une des façades d'un bâtiment. Il constitue une ouverture latérale maximale. Il n'a pas de fonction porteuse. Les planchers et les murs sont portés par une ossature indépendante. Ce genre de percements présente des inconvénients : laisser pénétrer trop de lumière (risque d'éblouissement et de surchauffe) ou, au contraire, faire effet de paroi froide ¹⁴.(figure 14)



Figure 12: la fenêtre en bandeau.
Source : www.petit.patrimoine.com



Figure 13: le mur translucide, source : archidaily.com



Figure 14: mur rideau, source : [energyplus le site](http://energyplus.le site).

3. Les grandeurs photométriques:

3.1. La photométrie :

Où la mesure de la lumière et des phénomènes lumineux, est la science qui étudie le rayonnement lumineux du point de vue de la perception par l'œil humain. Son but est de quantifier les grandeurs relatives au rayonnement en fonction de l'impression visuelle produite¹⁵.

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

a) Le flux lumineux :

Le flux lumineux d'une source est l'évaluation, selon la sensibilité de l'œil, de la quantité globale de lumière rayonné dans toutes les directions de l'espace par cette source. Il s'exprime en lumen (Im)¹⁶.

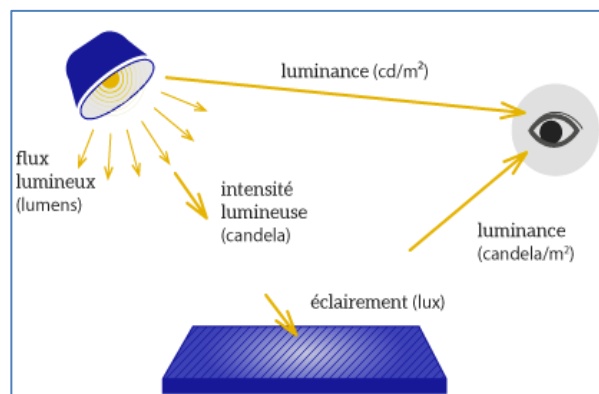


Figure 15 : Les notions de la photométrie , source : <http://leclairage.fr/th-photometrie>

¹⁴ Architecture et lumière, 2009, Odile Besème, Françoise Miller, CDDP de l'Hérault.

¹⁵ Guide de l'éclairage : Photométrie : notions de base, <https://leclairage.fr/th-photometrie/> visité le 11.05.2020 , 15 :05.

¹⁶ Guide de l'éclairage : Photométrie : notions de base, www.leclairage.fr/th-photometrie/ visité le 11.05.2020 , 15 :05



4.2.pénétrer :

La pénétration de la lumière dans un espace est influencée par les caractéristiques de l'ouverture telle que ses dimensions, sa forme, sa position, son orientation et le matériau de transmission utilisé²¹ (voir les types d'éclairage naturel : éclairage latérale).

4.3.répartir:

Une répartition harmonieuse de la lumière naturelle dans un bâtiment peut être favorisée par différentes approches basées sur²²:

- Le type de distribution lumineuse (direct, indirecte).
- Le matériau des surfaces du local.
- Les zones de distribution lumineuse.
- La répartition des ouvertures.
- Les systèmes de distribution lumineuse.
- L'agencement des parois intérieures.

4.4.protéger :

Se protéger de la lumière naturelle consiste à arrêter partiellement ou totalement le rayonnement lumineux lorsqu'il présente des caractéristiques néfastes à l'utilisation d'un local. Pour atteindre le confort visuel, il est essentiel de se protéger de l'éblouissement²³(voir conception d'ombrage).

4.5.contrôler :

Contrôler la lumière naturelle consiste à gérer la quantité et la distribution de la lumière dans un espace en fonction de la variation des conditions climatique et des besoins des occupants. La gestion de l'éclairage permet, d'une part de répondre à la variation de la lumière naturelle et, d'autre part, d'adapter l'ambiance lumineuse d'un locale pour correspondre au mieux aux besoins de ses utilisateurs²⁴.

4.6.focaliser :

Il est parfois nécessaire de focaliser l'apport de lumière naturelle pour mettre en valeur un lieu ou un objet particulier. Un éclairage zénithal-ou latéral haut; un atrium au centre du bâtiment ; par le biais de conduits lumineux²⁵.

²¹ Alain Liébard, André de Herde 2005, Livre traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques- p 49a.

²² Alain Liébard, André de Herde 2005, Livre traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques- p 49a.

²³ Magali Bodart 2007, l'éclairage naturel des bâtiments, Les Cahiers de l'Urbanisme N°66 ; université de Louvain ; p48-51.

²⁴ Idem/ Magali Bodart 2007/ p 50.

²⁵ Alain Liébard, André de Herde 2005, Livre traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques- p 49a.

5. Présentation de projet « Le centre de culture et d'artisanat à Laghouat » :

5.1.Fiche technique :

Situation : ville Laghouat, Algérie

Année de l'étude : 2010

Surface : 40 065,6m²

Programme :

- Accueil + administration
- La Bibliothèque.
- La Médiathèque.
- Musée (salles d'exposition)
- l'auditorium 1100 places
- Les Ateliers d'artisanat

Climat : Aride et chaud



Figure 17:vue sur le projet .source:auteur.

5.2.Situation et plan de masse:

Le projet se trouve sur un axe important RN1 qui est le support de la plupart des équipements principaux dans la ville (hôpital, hôtels, université.....) ;

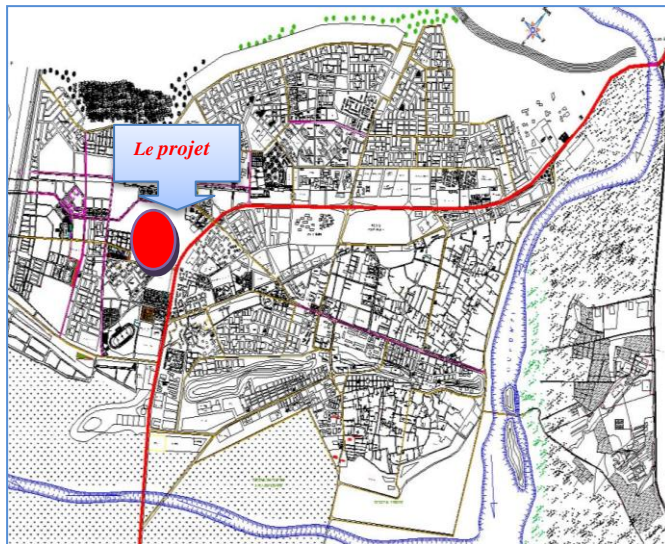


Figure 18 :la situation de projet. Source : P.D.A.U de Laghouat.

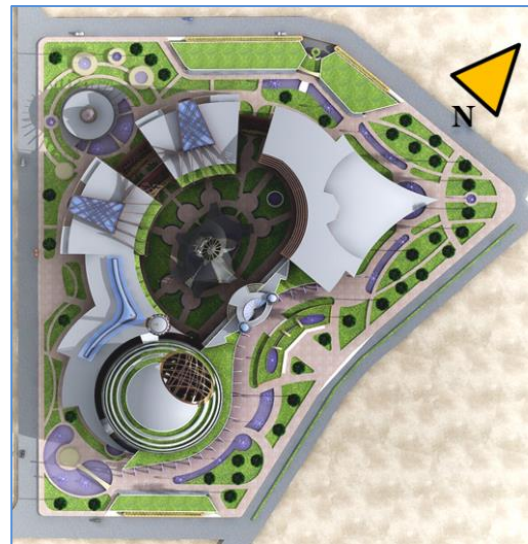


Figure 19:plan de masse deu projet,source:auteur

5.3.L'aspect de durabilité de projet :

Traitement de chaque unité séparément pour profiter au maximum à double orientation, les rayons solaire et les vents.

Les surfaces engazonnées s'étendent presque jusqu'au bâtiment pour diminuer l'Albédo ; seuls les cheminements des piétons sont pavés.

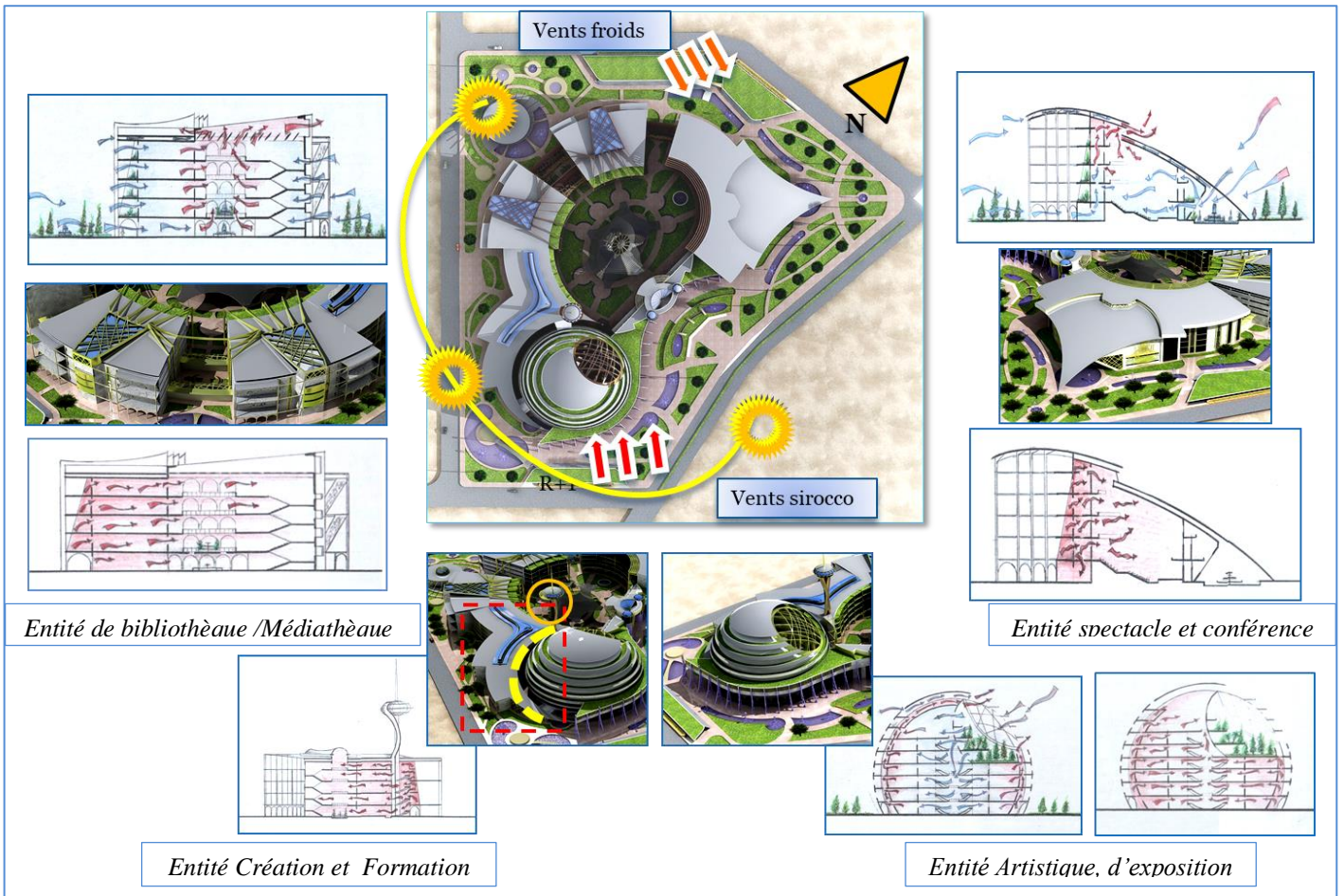


Figure 20: les stratégies de : chaud et froid, source: auteur

5.4. les plans :

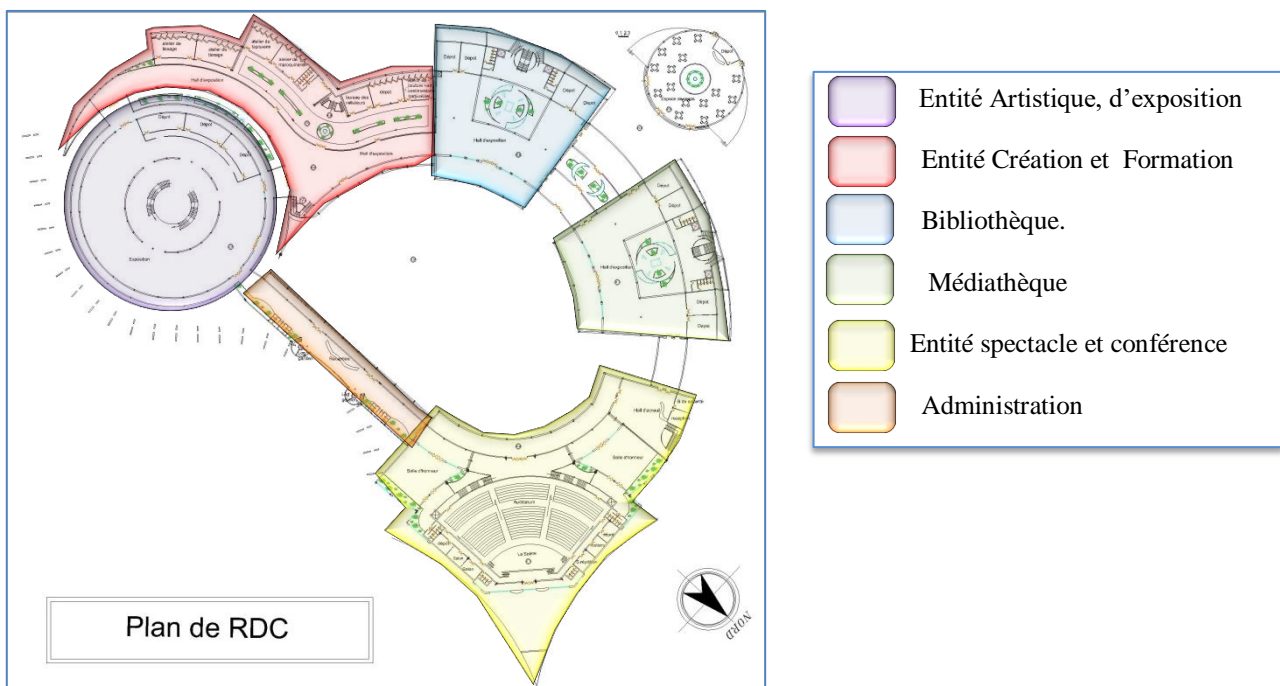


Figure 21: plan de RDC, source : auteur

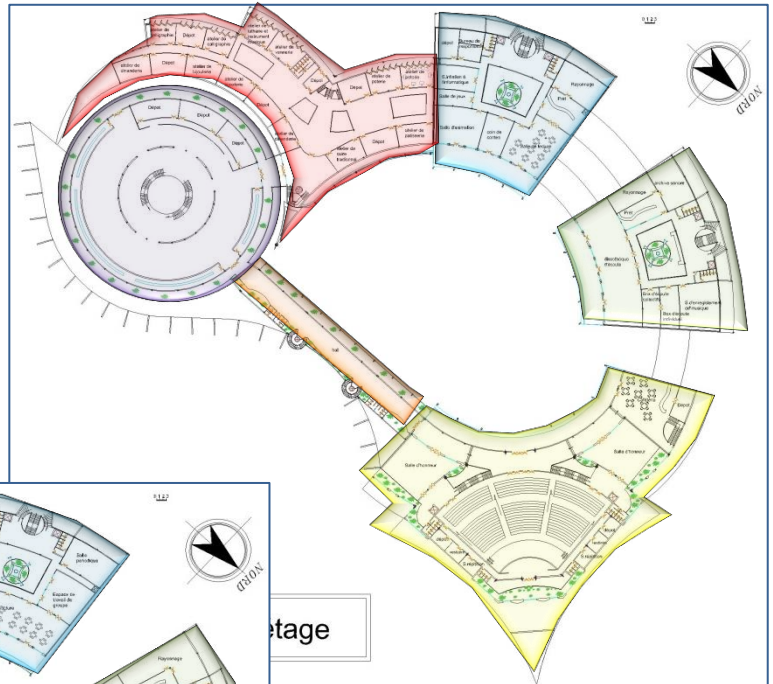
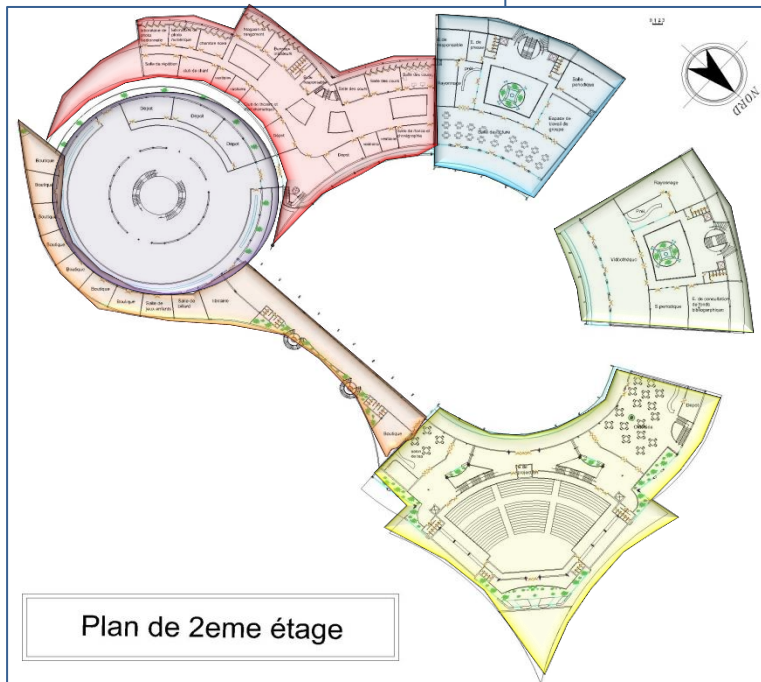


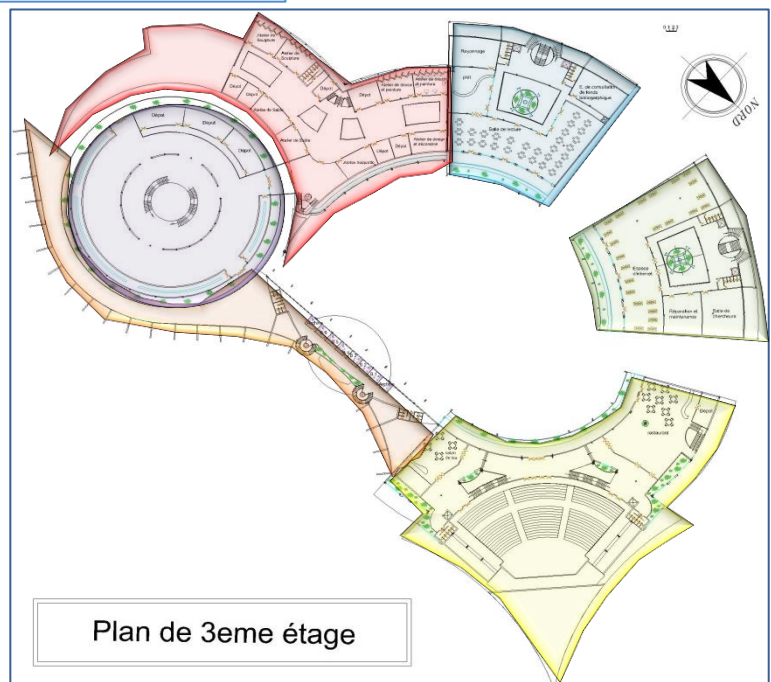
Figure 22: plan de 1^{er} étage, source: auteur



Plan de 2eme étage

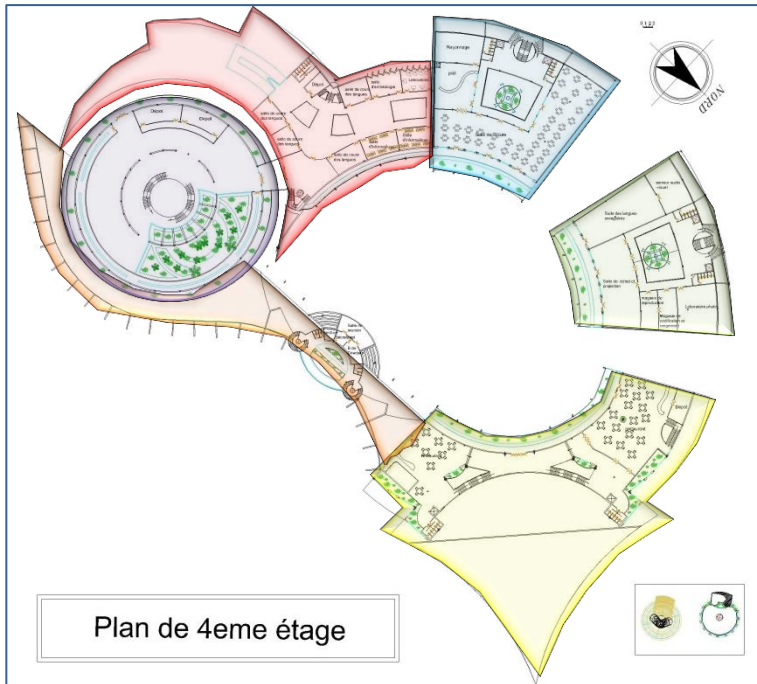
Figure 23: plan de 2^{eme} étage, source: auteur

- Entité Artistique, d'exposition
- Entité Création et Formation
- Bibliothèque.
- Médiathèque
- Entité spectacle scénique, projection et conférence
- Administration



Plan de 3eme étage

Figure 24: plan de 3^{eme} étage, source: auteur



- Entité Artistique, d'exposition
- Entité Création et Formation
- Bibliothèque.
- Médiathèque
- Entité spectacle scénique, projection et conférence
- Administration

Plan de 4eme étage

Figure 25 :plan de 4eme étage, source:auteur

5.5.les Façades :

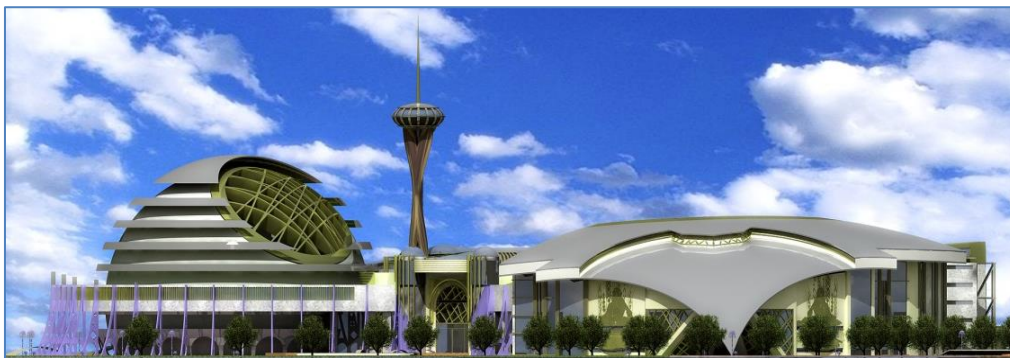


Figure 26:La Façade sud-est. source:auteur



Figure 27:La Façade nord-est.source :auteur



Figure 28: La façade sud. source: auteur.



Figure 29: La Façade nord. source: auteur

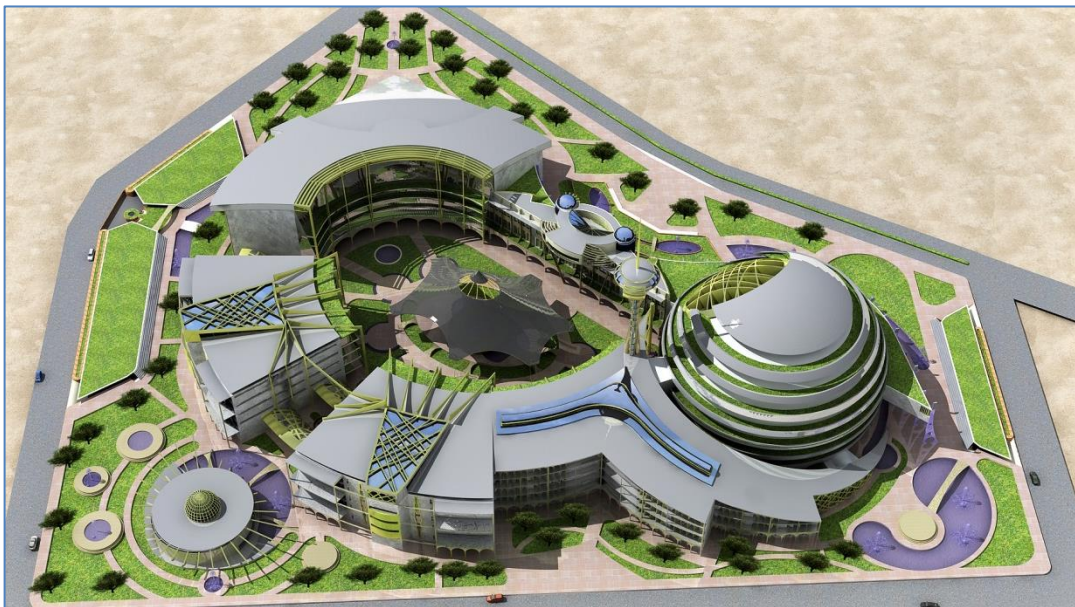


Figure 30: vue globale. source: auteur