

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Mémoire de Master

Présenté à l'Université 8 Mai 1945 – Guelma

Faculté des sciences et de la technologie

Département d'Architecture

Spécialité : Architecture

Option : Architecture, Environnement et Technologies

Présenté par : SAIHI Fadia

Optimisation des Ambiances Lumineuses dans Les Equipements d'Exposition (Musée)

Cas d'étude : Musée El-Moudjahid Oum Bouagui

Sous la direction de : Mr. MEDDOUR Larbi

Mr. DECHAICHA Assoul

Septembre : 2020.



Dédicace



*Je dédie ce modeste travail avec un grand amour, une
profonde sincérité et immense fierté.*

*A mes chers parents sources de tendresse, de noblesse,
de patience et d'encouragements.*

*Mes sœurs : **Khawla**, **Douaa** et **Ghofrane**.*

*Sans oublier mes amies et camarades pour leur
soutien, et leurs compréhensions.*

*Enfin, je voudrais dédier ce mémoire a toute personnes
ayant participé de près ou de loin à la réalisation de
ce travail.*





Remerciements

*Je remercie **Dieu** le tout puissant pour m'avoir donné toute cette force et ce courage, Pour faire aboutir ce travail.*

*En premier lieu, Je tiens à remercier mes encadrateurs, Mr. **DECHAICHA Assoul** et Mr. **MEDDOUR Larbi**, pour avoir accepté de m'encadrer tout au long de ce travail, pour leurs patiences, leurs aides, leurs disponibilités et leurs conseils et suggestions qui ont beaucoup contribué à alimenter ma réflexion et aidé à atteindre mon objectif.*

Mes remerciements vont également aux membres du jury, pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre travail, et qui m'ont fait l'honneur d'accepter l'évaluation de ce travail.

Mes remerciements vont enfin aux tous mes enseignants du département et tous les personnes qui ont contribué, par la mise à ma disposition des informations, à l'élaboration de ce travail.

Il me reste à ne pas oublier de remercier tant de personnes, que je ne peux nommer, de peur d'en oublier ; que toutes sachent qu'elles sont bien présentes dans mon esprit et dans mon cœur.



Résumé

Avec les préoccupations grandissantes du développement durable, le secteur du bâtiment doit répondre à deux exigences fondamentales : maîtriser à la fois les impacts sur l'environnement extérieur, et s'assurer des ambiances intérieures saines et confortables pour les occupants.

La lumière naturelle par ces caractéristiques propres représente pour les musées non seulement une lumière parfaite en ce qui concerne le rendu des couleurs mais aussi, malheureusement, une source de danger potentiel pour les collections. A partir de là, que l'optimisation réfléchi de la lumière naturelle en muséographie permet de combattre ses effets néfastes tout en conservant ses qualités au niveau du rendu des couleurs, et permet aussi d'améliorer le confort visuel a l'intérieure du musée.

A cet égard, notre travail traite de l'importance de la lumière naturelle dans les musées, et ses effets sur la présentation et la conservation des œuvres d'art. Notre objectif est de déterminer l'efficacité de ce mode d'éclairage à répondre aux besoins d'un musée en lumière naturelle. Et de classifier les différentes techniques et méthodes de l'optimisation de la lumière naturelle.

Mots clés :

Lumière naturelle, l'éclairage muséographique, les musées, le confort visuel, optimisation.

Abstract :

With growing concerns for sustainable development, the building sector must meet two fundamental requirements: control both the impact on the external environment, and ensure healthy and comfortable indoor environments for occupants.

Natural light through these specific characteristics represents for museums not only perfect light as regards color rendering but also, unfortunately, a source of potential danger for the collections. From there, that the reflected optimization of natural light in museography makes it possible to combat its harmful effects while maintaining its qualities in terms of color rendering, and also makes it possible to improve visual comfort inside the museum.

In this regard, our work deals with the importance of natural light in museums, and its effects on the presentation and conservation of works of art. Our goal is to determine the effectiveness of this lighting mode in meeting the needs of a museum for natural light. And to classify the different techniques and methods of optimizing natural light.

Keywords :

Natural light, museum lighting, museums, visual comfort, optimization.

الخاص:

مع تزايد المخاوف بشأن التنمية المستدامة، يجب على قطاع البناء والعمارة أن يحقق مطلبين أساسيين ألا وهما التحكم في كل من التأثير على البيئة الخارجية، وضمان بيئات داخلية صحية ومريحة للمستخدمين. إن الضوء الطبيعي من خلال خصائصه المحددة لا يمثل للمتاحف ضوءًا مثاليًا فقط ولكن للأسف يعتبر مصدر خطر محتمل للمجموعات المعروضة. من هنا، فإن تحسين الضوء الطبيعي في المتحف يمكن من مكافحة آثاره الضارة مع الحفاظ على خصائصه، كما أنه يحقق الراحة البصرية داخل المتحف. في هذا الصدد، يتناول عملنا أهمية الضوء الطبيعي في المتاحف، وتأثيراته على عرض الأعمال الفنية وحفظها. هدفنا هو تحديد مدى فعالية وضع الإضاءة في تلبية احتياجات المتحف من الضوء الطبيعي. وتصنيف التقنيات والأساليب المختلفة لتحسين الضوء الطبيعي.

الكلمات المفتاحية:

الضوء الطبيعي، إضاءة المتاحف، المتاحف، الراحة البصرية، التحسين.

Table des Matières

Introduction générale :.....	2
Problématique :.....	3
Les hypothèses :.....	5
Les objectifs :.....	5
Méthode et outils de travail :.....	6
Structure de mémoire :.....	6

Partie -I- : Partie Théorique.

Chapitre -I- : Architecture écologique, Lumière naturelle et confort visuel

Introduction :	9
I.1 L'architecture bioclimatique :	10
I.1.1 Définition de l'architecture bioclimatique :.....	10
I.1.2 L'évolution de l'architecture bioclimatique :	11
I.1.3 Principes de base de l'architecture bioclimatique :	11
I.1.4 Intérêts de l'architecture bioclimatique :	12
I.1.5 Stratégies et concepts :.....	13
I.1.5.1 La stratégie du chaud :.....	13
I.1.5.2 La stratégie du froid :	13
I.1.5.3 La stratégie de l'éclairage naturel :.....	13
I.2 L'éco-conception :	14
I.2.1 Définition de la conception « desing » :	14
I.2.2 La conception écologique :.....	15
I.2.2.1 Définition de l'éco-conception :.....	15
I.2.3 L'éco-conception et l'éclairage naturel :	15
I.3 La lumière naturelle :.....	16
I.3.1 Définition :.....	16
I.3.2 Historique :.....	17
I.3.3 Les sources de la lumière naturelle :.....	18
I.3.3.1 Le soleil :.....	19
I.3.3.2 Le ciel :.....	21
I.3.4 Le champ visuel :	22
I.3.5 La perception des couleurs :	23
I.3.6 Les caractéristiques physiques de la lumière naturelle :.....	24
I.3.6.1 Le rayonnement et le spectre électromagnétique :.....	24

I.3.6.2 Les Spectres lumineux (Light Spectrum) :	24
I.3.7 Les phénomènes physiques de la lumière :	25
I.3.7.1 La propagation de la lumière :	25
I.3.8 Les grandeurs photométriques :	31
I.3.8.1 La photométrie :	31
I.3.9 La stratégie de la lumière naturelle :	35
I.3.9.1 La lumière naturelle et le bâtiment :	35
I.3.9.2 La stratégie de la lumière naturelle :	35
I.3.10 Les types de l'éclairage naturel :	38
I.3.10.1 L'éclairage latéral :	38
I.3.10.2 L'éclairage zénithal :	40
I.3.10.3 L'éclairage composé :	44
I.3.11 Dispositifs de l'éclairage naturel :	44
I.3.11.1 Environnement extérieur :	44
I.3.11.2 Ouvertures en Façade :	45
I.3.11.3 Ouvertures en Toiture :	49
I.4 Le confort visuel :	50
I.4.1 Le confort :	50
I.4.1.1 Définition :	50
I.4.2 Le confort visuel :	51
I.4.2.1 Définition :	51
I.4.2.2 Les critères :	53
I.4.2.3 Les paramètres :	53
I.4.3 L'éblouissement :	55
I.4.3.1 Définition :	55
I.4.3.2 Les sources d'éblouissement :	55
I.4.3.3 Les types d'éblouissement :	55
I.4.3.4 Le contrôle d'éblouissement :	57
I.5 Les ambiances lumineuses :	57
I.5.1 Définition :	57
I.5.2 Langage de qualification d'une ambiance lumineuse :	58
I.5.3 L'ambiance lumineuse et l'espace architectural :	61
I.5.4 Les types d'ambiances lumineuses :	62
Conclusion :	63

Chapitre -II- : Les musées, des ambiances spécifiques.

Introduction :	66
II.1 Concepts fondamentaux :	66
II.1.1 Qu'ce qu'une muséologie ?	66
II.1.2 Qu'ce qu'une muséographie ?	67
II.1.3 Notions fondamentales sur les musées :	67
II.1.3.1 Qu'est-ce qu'un musée ?	67
II.1.3.2 Historique :	68
II.1.3.3 Les fonctions du musée :	70
II.1.3.4 Les types de musée :	72
II.1.3.5 Les exigences des musées :	78
II.1.3.6 Les risques qu'il faut prendre en compte :	83
II.2 L'éclairage et les musées :	83
II.2.1 Qualité d'observation :	83
II.2.1.1 Niveau d'éclairage disponible :	83
II.2.1.2 Rendu des couleurs :	84
II.2.1.3 L'éblouissement :	84
II.2.1.4 Les ombres gênantes :	84
II.2.1.5 La distribution de la lumière :	85
II.2.1.6 Ambiance colorée :	85
II.2.1.7 Absence de reflets :	86
II.2.2 L'éclairage dans les musées :	87
II.2.2.1 Type d'éclairage muséal :	87
II.2.2.1 La lumière pour guider le visiteur :	88
II.2.2.2 Les techniques de l'éclairage d'exposition :	89
Conclusion :	94

Partie -II- : Partie Pratique.

Chapitre -III- : Méthodes d'évaluation et d'application.

Introduction :	98
III.1 L'optimisation de l'éclairage naturel :	98
III.1.1 Définition :	98
III.1.2 Principe :	98
III.1.3 Les objectifs :	99
III.1.4 Comment optimiser ?	99
III.1.4.1 Programmation :	99

III.1.4.2 Esquisse :	99
III.1.4.3 Avant-projet :	99
III.1.5 Les techniques d'optimisation :	100
III.1.5.1 Les baies vitrées :	100
III.1.5.2 Les stores volets et brise-soleil :	100
III.1.5.3 Dispositifs de l'éclairage zénithal :	101
III.2 La simulation en architecture :	104
III.2.1 Définition de la simulation :	104
III.2.2 Objectifs de la simulation :	105
III.2.3 Les avantages de simulation :	105
III.2.4 Les méthodes de simulation :	105
III.2.4.1 Méthode de simulation du Confort thermique :	105
III.2.4.2 Climat, données et analyse :	105
III.2.4.3 Accès solaire, ombrages	105
III.2.4.4 Eclairage naturel / artificiel	105
III.2.5 Méthodologie de la simulation :	105
III.2.6 La simulation de l'éclairage naturel :	106
III.2.6.1 Les logiciels :	106
III.2.6.2 ECOTECT :	106
III.2.6.2.1 Description de logiciel ECOTECT :	106
III.2.6.2.2 Les fonctions principales :	107
III.2.6.2.3 Les caractéristiques :	107
III.2.6.2.4 Les avantages d'ECOTECT by Autodesk :	108
III.2.6.2.5 Cas d'étude :	108
Conclusion :	125
Chapitre -IV- : Etude de projet: Analyse, Programmation et Intervention.	
Introduction :	128
La ville de Guelma :	128
IV.1 Contexte géographique : situation et les limites de la ville de Guelma :	129
IV.1.1 Situation :	129
IV.1.1.1 Situation de la ville par rapport à la willaya :	129
IV.1.2. Guelma dans l'histoire :	130
IV.1.3 L'accessibilité :	131
IV.2 Analyse climatique :	132

IV.2.1 Classification du climat en Algérie :	132
IV.2.2 Analyse climatique de la ville de Guelma :	132
IV.2.2.1 Température :	133
IV.2.2.2 L'humidité :	134
IV.2.2.3 Les vents dominants :	135
IV.2.2.4 La pluviométrie :	135
IV.2.2.5 Précipitations moyennes annuelles :	135
IV.2.3 Application de la méthode de S. Szokolay :	136
Le site d'intervention :	137
IV.3 Présentation du site d'intervention :	138
IV.3.1 La situation :	138
IV.3.2 L'accessibilité :	138
Le terrain d'intervention :	138
IV.4 Présentation du terrain d'intervention :	139
IV.4.1 La situation :	139
IV.4.2 L'accessibilité :	139
IV.4.3 Les points d'appel :	140
IV.4.4 Les points de repère :	140
IV.4.5 Morphologie du terrain :	141
IV.4.5.1 Forme et surface :	141
IV.4.5.2 La topographie du terrain :	141
IV.4.6 Les limites du terrain :	142
IV.4.7 Climatologie :	144
IV.4.7.1 L'ensoleillement :	144
IV.4.7.2 La ventilation :	144
IV.5 Analyse des exemples :	145
IV.5.1 Musée Cirta de Constantine :	145
Motivation du choix :	145
IV.5.1.1 Le contexte urbain :	145
IV.5.1.2 Forme et accessibilité au terrain :	146
IV.5.1.3 L'orientation du musée :	147
IV.5.1.4 Les limites du musée :	147
IV.5.1.5 L'étude de masse :	147
IV.5.1.6 L'étude des façades :	149

IV.5.1.7 L'étude spatial :	150
IV.5.1.8 L'aspect technique :	152
IV.5.1.9 Structure et matériaux de construction :	152
IV.5.1.10 L'éclairage :	152
IV.5.2 Musée de GUGGENHEIM à BILBAO :	154
IV.5.2.1 Présentation du projet :	154
IV.5.2.2 La situation :	155
IV.5.2.3 Implantation et intégration urbaine :	156
IV.5.2.4 L'étude de masse :	157
IV.5.2.5 L'environnement immédiat :	158
IV.5.2.6 L'accessibilité :	159
IV.5.2.7 Les accès :	159
IV.5.2.8 La volumétrie :	160
IV.5.2.9 Les façades :	161
IV.5.2.10 Les matériaux de construction :	162
IV.5.2.11 La texture et couleurs :	162
IV.5.2.12 Intérieur :	163
IV.5.2.13 La structure :	166
IV.5.2.14 L'éclairage :	167
IV.5.3 Musée D'art Contemporain De Denver, Colorado, USA :	168
IV.5.3.1 Le contexte géographique :	168
IV.5.3.2 Etude extérieur :	169
IV.5.3.3 Etude de masse :	170
IV.5.3.4 Etude des façades :	172
IV.5.3.5 Etude intérieur :	173
IV.5.3.6 Etude technique :	175
IV.5.3.7 L'éclairage :	176
IV.6 La programmation :	177
IV.7 Genèse et démarche de projet :	190
IV.8 Schéma de principe :	191
Conclusion générale :	192
Bibliographie :	196
La liste des figures :	202
La liste des tableaux :	207



Introduction Générale



« Le soleil ne se lève pas en vain tous les jours. La lumière, au contraire, avec ou sans théorie corpusculaire est quelque chose de concret, de précis, de certain. C'est une matière mesurable et quantifiable, comme le savent bien les physiciens mais semblent l'ignorer les architectes ».

Alberto Campo BAEZA

Introduction générale :

La conception bioclimatique et l'architecture solaire passive sont des termes qui recouvrent des choix techniques et philosophiques de construction. Ils utilisent les ressources qui sont toujours présentes dans la nature : le soleil, le vent, la végétation et la température ambiante. (RODITI, juin 2011)

En effet, le soleil est une source d'énergie renouvelable envoyée sur terre quasiment 18000 fois quoi couvrir la totalité des besoins de l'humanité en énergie, chaque jour la terre reçoit de soleil l'équivalent d'un demi-siècle de consommation d'énergie de l'humanité moderne (DUTREIX, mars 2010). De nos jours et à une échelle mondiale, un grand intérêt est porté à cette source naturelle d'énergie dans le domaine de l'urbanisme et d'architecture, l'une des exploitations de cette énergie c'est l'éclairage naturel des bâtiments qui est un excellent bactéricide. Sur l'homme, elle régule les processus métaboliques et immunologiques. Elle est un élément majeur de l'équilibre psychologique (luminothérapie). L'idée d'exploiter la lumière naturelle pour éclairer les espaces intérieurs n'est pas à proprement parler nouvelle.

L'importance de l'éclairage naturel s'impose du fait qu'il permet une réduction significative de la consommation de l'énergie électrique dans les bâtiments notamment dans les secteurs secondaires et tertiaires (PASINI, 1994). Effectivement il a été révélé qu'en Europe, par exemple, 50% de l'énergie consommée est destinée à l'éclairage artificiel des constructions à usage non-domestique (SCARTEZZINI, 1991). Il a été aussi démontré qu'une réduction de l'ordre de 30 à 70% de cette consommation est possible grâce à la combinaison de l'éclairage naturel et artificiel. [Mc. Nichol, A. and Owen L. J,1994]

Pour des bâtiments tertiaires typiques, il est possible de réduire la consommation énergétique due à l'éclairage d'environ 40 % grâce à une conception intelligente de l'enveloppe du bâtiment et à un système de gestion de l'éclairage artificiel. Ce dernier permet un contrôle du flux lumineux en fonction de l'apport d'éclairage naturel. Pour estimer le confort visuel et/ou le potentiel d'économie d'énergie, il importe de (pré) déterminer correctement la pénétration de l'éclairage naturel à l'intérieur d'un bâtiment. Dans un

registre durable, la maîtrise de la lumière naturelle peut être un facteur déterminant dans la production de bâtiments à faible consommation énergétique.

A l'échelle mondiale, des chiffres pareils ont suscité un intérêt croissant pour l'éclairage naturel. Par contre en Algérie bien que le ciel dans le territoire algérien soit plus clair (plus de 3000 heures d'ensoleillement possible par ans) il n'y a aucune stratégie officielle pour utiliser cette énergie inépuisable. [A. BELAKEHAL, k. TABET AOUL, 2003]

L'une des exploitations de l'éclairage naturel dans les bâtiments tertiaires c'est l'exposition des œuvres d'art et les monuments historiques dans le musée. Ce dernier est un édifice tellement riche de sens et de significations qu'il permet plus que tout autre, une liberté d'expression architecturale, mais il reste encore très académique.

L'éclairage professionnel des œuvres d'art est certainement une exigence centrale de l'éclairage muséographique. Pourtant, la lumière des espaces d'exposition n'est qu'un aspect de l'éclairage des musées. L'éclairage commence à l'extérieur du bâtiment, pour instaurer un repère nocturne dans l'espace urbain, pour mettre en valeur les œuvres disposées aux abords du musée et guider le visiteur vers l'exposition suivant un parcours clair et accueillant. A l'intérieur, la librairie et la cafétéria, qui complètent le musée, exigent un éclairage attrayant et une ambiance lumineuse agréable. Dans les zones de circulation, comme le hall d'entrée, les couloirs ou les circulations, l'éclairage contribue aussi beaucoup à l'orientation des visiteurs, puisqu'il souligne les éléments importants par la luminosité et d'intenses faisceaux lumineux. Dans les espaces d'exposition, l'éclairage d'accentuation sert à hiérarchiser les œuvres pour détacher les pièces centrales de la collection du cadre spatial et leur accorder une importance particulière.

Le musée a toujours été un des monuments les plus importants, dans une ville, depuis le XVIIIe siècle. À l'intérieur du musée de Bilbao, l'architecture a été conçue pour créer une relation entre la lumière et les œuvres et non entre le visiteur et les œuvres. [Catherine Perret ; Ghislaine Azemard ; Myriam Prot-Poilvet, 2007]

Il existe ainsi, des systèmes performants permettent de régler de façon efficace les éclairages en fonction des besoins et d'optimiser le temps de vie des sources lumineuses. L'éclairage muséographique est ajusté zone par zone, objet par objet, pour assurer le confort visuel des visiteurs et surtout de préserver les œuvres exposées.

Problématique :

L'éclairage représente un facteur non négligeable dans la conception des projets architecturaux. La lumière naturelle est au cœur des besoins architecturaux. Elle a

une grande influence sur le confort visuel et la qualité architecturale des espaces intérieurs, notamment dans les projets artistiques. **[Sigrid Reiter et André De Herde, 2004]**

Partout dans le monde, les musées sont devenus les symboles de la fierté nationale et des indicateurs de la vitalité non seulement culturelles mais aussi économique et sociale dans un pays. **[EZARTI Jean-Jacque, 1999]**

Le rôle principal d'un musée est à la fois la conservation, la protection, et la présentation de ses collections d'œuvres. Aujourd'hui, plusieurs musées dans le monde ont été conçus de manière à assurer un éclairage naturel qui permet une présentation de qualité sans endommager les objets d'exposition. **[EZARTI Jean-Jacque, 2002]**

L'extrême complexité du comportement de la lumière naturelle conduit de nombreux architectes à négliger les qualités intrinsèques de l'éclairage naturel au profit d'un éclairage artificiel plus adaptable pour les besoins muséographiques. Rappelons que la lumière naturelle est le mode d'éclairage le plus performant, le plus agréable, et le plus économique pour peu qu'on puisse s'en préserver lorsque c'est nécessaire. Dans la démarche de développement durable, l'utilisation de la lumière naturelle est vivement recommandée à la place de l'éclairage artificiel. C'est à partir de là que le concept de l'éclairage dans les musées prend racine. **[Alain LIEBARD et André De HERDE, 2005]**

Comment concilier entre les impératifs de muséographie et celle de durabilité dans un musée ?

Etant architecte, comment répondre aux particularités des musées en matière d'ambiance lumineuse, dans cette perspective de durabilité architecturale ?

Guelma est une ville de nord-est Algérien. Petite, sous-préfecture, dans une cuvette jalonnée de ruines romaines, entourée par les montes de l'Aloua (Ain Safera), des Beni Mezzline, du Debar et de la Mahouna, repaires naturels de bandes rebelles. Calama, cette ancienne cité dispose d'un patrimoine naturel et architectural historique remarquable on citant : la fascinante cascade de hammam Debar, la large vallée de Seybouse, les cavités de l'immense grotte souterraine de Bir-Ben-Osman...etc, et de nombreux lieux emblématiques, dédiés au spectacle : l'impressionnant Théâtre romain avec ses statues colossales d'Esculape et de Neptune, la piscine romaine de Hammam Bredaâ, le théâtre municipal du centre-ville... etc, et bien sûr l'ancien stade municipale Ali-Abda, un bâtiment qui fait revivre aux citoyens les grands jours de l'Escadron noir, cette glorieuse équipe de football. A cela s'ajoutent des lieux d'exposition et musées : un jardin archéologique et des colonnes romaines, « Thibilis », la cité numide dans la commune de Sellaoua-Announa. Ces lieux de vie qui devraient servir pour une animation riche et régulière de la ville, sont mal ou très peu exploités,

déplorent les Guelmis. Ces derniers ne ressentent aucune volonté de la part des responsables locaux du secteur de redynamiser la vie culturelle à Guelma. Et d'enchaîner : « **Il n'existe pas de politique culturelle claire et animée** ». Ce constat se traduit par un faible engagement qui se résume à quelques activités timides et temporaires. Il y a un véritable manque d'animations et de manifestations culturelles. Donc, Guelma comme la majorité des anciennes villes de la région, d'innombrables empreintes historiques ont forgé son existence et sa civilisation. Mais malgré cette richesse historique, la ville de Guelma, qui aurait pu être le moteur de la vie culturelle non seulement de la wilaya mais aussi de toute la région de l'Est algérien, a connaît un manque d'équipement culturelle notamment des musées qui réservent cette richesse. [www.algerie360.com]

Les hypothèses :

Afin de pouvoir répondre aux questionnements précédemment cités, la présente étude propose les hypothèses suivantes :

- Nous pouvons combiner entre les impératifs de muséographie et ceux de durabilité à travers **une optimisation de l'éclairage naturel**, dans une perspective de réduction de consommation énergétique.
- L'architecte peut adopter pour **une démarche d'éco-conception** qui permet une meilleure intégration des sources naturelles tel que la lumière afin de mieux optimiser les ambiances particulières des musées.

Les objectifs :

Ce travail de recherche s'intéresse à la question de la lumière naturelle comme facteur participant au processus de conception architecturale dès les premières phases et à l'intégration de l'éclairage naturel aux bâtiments culturels dans une perspective de développement durable de l'architecture.

Cette étude s'intéresse au thème de l'éclairage naturel dans les musées. Notre objectif est de :

- Déterminer l'efficacité de mode d'éclairage naturel à répondre aux besoins muséographiques d'un musée en lumière naturelle.
- Traiter l'effet de la lumière naturelle sur la représentation et la préservation des collections et les objets d'art dans les musées.
- Mettre en évidence le rôle de la lumière naturelle dans la muséographie.
- Classifier les différentes techniques et méthodes de l'optimisation de la lumière naturelle.
- Valoriser la ville de Guelma dans le domaine culturel.
- Construire un projet qui répond aux critères de la culture durable.

Méthode et outils de travail :

Mon travail de recherche se repose d'abord sur une méthode qui consiste à une approche théorique qui vise à présenter quelques aspects théoriques sur l'architecture bioclimatique, la lumière naturelle dans les bâtiments et les exigences de l'éclairage naturelle dans l'espace muséal. Dans la deuxième partie de cette démarche, sera consacrée à l'approche empirique au cours des analyses des exemples et des simulations d'évaluation des conditions de confort visuel et de la lumière naturelle à l'aide de logiciel ECOTECH.

Structure de mémoire :

Mon travail est commencé par un chapitre introductif, qui est consacré à l'introduction générale qui synthétise le champ de l'étude, présente la formulation de la problématique et les hypothèses. Il définit les objectifs de la recherche et décrit la méthodologie utilisée.

Mon mémoire de recherche est structuré en deux parties :

- ✓ **Une partie théorique :** Cette partie consiste à une analyse conceptuelle des différents concepts clés énoncés dans l'hypothèse. Généralement, cette étude est structurée en deux chapitres :
 - Le premier chapitre, est une revue bibliographique concernant les aspects généraux des concepts clés concernant notre thème de recherche, aussi, il englobera les différentes connaissances de base sur l'architecture bioclimatique et l'éclairage naturelle dans les bâtiments.
 - Le deuxième chapitre, rassemble des généralités sur les musées et la muséographie et traitera le sujet de l'éclairage dans les musées, il ciblera notamment l'effet de l'éclairage naturel sur la présentation, et la préservation des œuvres d'arts.
- ✓ **Une partie analytique :** Cette partie est divisé en deux chapitres :
 - Le premier chapitre, est consacré pour la partie pratique dont nous faisons une simulation d'évaluation des conditions de confort visuel et de la lumière naturelle dans un musée existant (El-Moudjahid – Oum Bouagui –) à l'aide de logiciel ECOTECH.
 - Le deuxième chapitre, étudiera les musées existants et livresques, en analysant les points importants dans chaque projet et comment la lumière a y été intégré, la deuxième partie du chapitre sera l'étude de terrain (choix de site), le programme proposé du musée et finalement l'esquisse du projet.

Chaque chapitre comporte une introduction, des définitions des concepts et des méthodes d'analyse pour arriver à une conclusion.



Partie -I- :

Partie Théorique





Chapitre -I- :

*Architecture écologique, Lumière
naturelle et Confort visuel.*



Introduction :

Le concept d'architecture bioclimatique est basé sur la recherche de la meilleure adéquation entre la conception et la construction de l'habitat, le climat, l'environnement dans lequel il s'implante ainsi que l'habitant et ses rythmes de vie. L'architecture bioclimatique est très contextuelle ; elle met au premier plan les ressources et les savoir-faire locaux. Du point de vue énergétique, elle passe par l'utilisation des ressources en présence constante dans la nature telles celles du soleil et du vent. Elle tente de tirer parti de ces énergies sous forme de lumière en favorisant la relation « Homme/Environnement » et de chaleur en s'intégrant dans la logique de l'environnement durable.

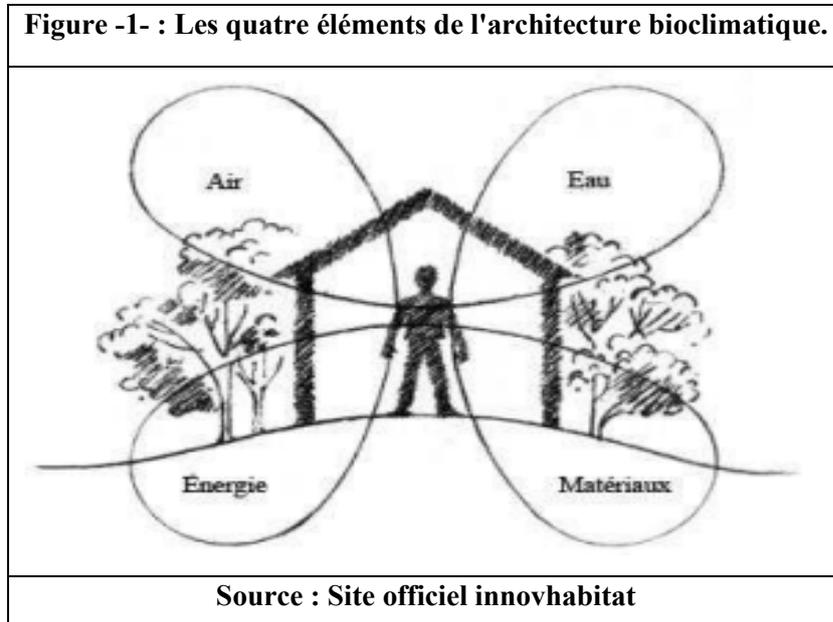
Les êtres humains possèdent une extraordinaire capacité à s'adapter à leur environnement immédiat. De tous les types d'énergie que les humains peuvent utiliser, la lumière est la plus importante. La lumière est un élément nécessaire à la vision et fondamentale pour apprécier la forme, la couleur et l'ambiance de l'environnement qui nous entoure dans notre vie quotidienne et nous permet d'exercer nos travaux dans des situations de confort visuel. Elle donne un sentiment de gaieté et de luminosité qui peuvent avoir un impact positif et significatif sur les personnes. La valorisation de l'éclairage naturel dans les bâtiments répond à un double objectif : le premier est la recherche du confort visuel et de l'ambiance lumineuse car la lumière du jour est la plus adaptée à la physiologie de l'homme ; le deuxième objectif est la recherche d'efficacité énergétique et la maîtrise des consommations d'énergie (en termes d'électricité). Les stratégies de l'éclairage naturel peuvent contribuer à réduire la consommation énergétique dans les bâtiments ainsi que les émissions de gaz à effet de serre par la réduction des besoins de leur éclairage électrique et de refroidissement [<https://www.academia.edu/14733591/>]. C'est pour cette raison que l'éclairage naturel d'un bâtiment doit prendre en compte des facteurs influençant l'orientation, la taille, l'emplacement des fenêtres, les caractéristiques du vitrage, le contrôle d'éclairage, l'effet psychologique de la lumière ...etc.

A travers ce chapitre, nous essaierons de décrire le thème général de cette recherche qui est l'architecture bioclimatique et l'éco-conception et de définir la notion de la lumière naturelle, de décrire son origine et ses bienfaits ainsi que les outils qui permettent de l'évaluer, de comprendre ces phénomènes, faire un aperçu sur les différentes grandeurs photométriques et enfin étudier la stratégie de la lumière naturelle.

I.1 L'architecture bioclimatique :

I.1.1 Définition de l'architecture bioclimatique :

« L'architecture bioclimatique rétablit l'architecture dans son rapport à l'homme "l'occupant" et au climat extérieur et intérieur "les ambiances" ». [Alain Liébard et André De Herde, 2005]



L'architecture bioclimatique est une architecture qui profite au maximum des apports naturels du soleil par des aménagements simples et une conception adéquate. L'architecture bioclimatique permet de se protéger du froid, de capter la chaleur, de la stocker, de la distribuer et de se protéger des surchauffes. Elle apporte à la construction la garantie de profiter au maximum des apports solaires qui constituent une source d'énergie gratuite et inépuisable. C'est une architecture qui cherche un équilibre entre les conditions climatiques, l'habitat et le confort de l'occupant. [Alain Liébard et André De Herde, 2005]

« L'architecture bioclimatique tente de tirer parti de ces énergies ambiantes disponibles sous forme de lumière et de chaleur : plus de lumière naturelle pour mieux relier l'homme à son environnement et réduire le coût de fonctionnement de l'éclairage artificiel ; plus de chaleur gratuite pour freiner les consommations en énergie marchande et limiter les atteintes à l'environnement ». [Alain Liébard et André De Herde, 2005]

La conception bioclimatique consiste à mettre à profit les conditions climatiques favorables tout en se protégeant de celles qui sont indésirables, ceci afin d'obtenir le meilleur confort thermique.

En période froide, une architecture bioclimatique favorise les apports de chaleur gratuits, diminue les pertes de chaleur et assure un renouvellement d'air suffisant. En période chaude, elle réduit les apports caloriques et favorise le rafraîchissement.

I.1.2 L'évolution de l'architecture bioclimatique :

Redécouverte au début des années 70, l'architecture bioclimatique recherche une synthèse harmonieuse entre la destination du bâtiment, le confort de l'occupant et le respect de l'environnement, en faisant largement appel aux principes de l'architecture. L'architecture bioclimatique permet de réduire les besoins énergétiques et de créer un climat de bien être dans les locaux avec des températures agréables, une humidité contrôlée et un éclairage naturel abondant.

Le concept « bioclimatique » fait référence à la bioclimatologie qui est une partie de l'écologie. Elle étudie plus particulièrement les relations entre les êtres vivants et le climat d'où une définition générale de l'architecture bioclimatique se résumant à ceci : « Cette expression vise principalement l'amélioration du confort qu'un espace bâti peut induire de manière « naturelle » c'est à dire en minimisant le recours aux énergies non renouvelables, les effets pervers sur le milieu naturel et les coûts d'investissement et de fonctionnement.

L'intérêt du Bioclimatique va donc du plaisir d'habiter ou d'utiliser un espace à l'économie de la construction, ce qui fait un élément fondamental de l'art de construire.

[www.urcaue-paysdelaloire.com]

En effet, une architecture bioclimatique tire le meilleur parti du rayonnement solaire et de la circulation naturelle de l'air. Il s'agit de trouver l'équilibre idéal entre l'habitat, le mode de vie des occupants et le climat local, en ajustant l'orientation de la maison, la disposition des ouvertures et la répartition des pièces. Même la végétation a son rôle à jouer : un simple écran végétal peut protéger efficacement contre le vent et le rayonnement solaire **[Ahmed Ali Ep et Ait Kadi Salima]**. Elle constitue par conséquent un mode de conception architecturale qui recherche la meilleure adéquation possible entre le climat, le bâtiment et le confort de l'occupant.

I.1.3 Principes de base de l'architecture bioclimatique :

S'inscrivant dans une démarche de développement durable, l'architecture bioclimatique se base sur les principes suivants :

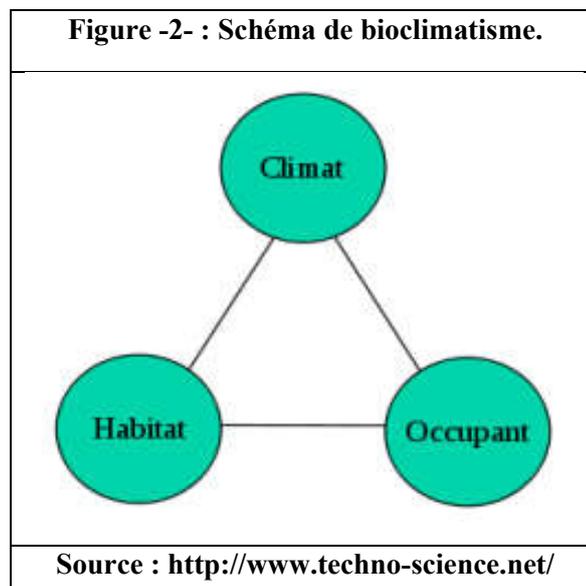
- ✚ Minimisation des pertes énergétiques en s'adaptant au climat environnant :
 - Compacité du volume.
 - Isolation performante pour conserver la chaleur.

- Réduction des ouvrants et surfaces vitrées sur les façades exposées au froid ou aux intempéries.
- ✚ Privilégier les apports thermiques naturels et gratuits en hiver :
 - Ouvertures et vitrages sur les façades exposées au soleil.
 - Stockage de la chaleur dans la maçonnerie lourde.
 - Installations solaires pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire.
- ✚ Privilégier les apports de lumière naturelle :
 - Intégration d'éléments transparents bien positionnés.
 - Choix des couleurs.
- ✚ Privilégier le rafraîchissement naturel en été :
 - Protections solaires fixes, mobiles ou naturels (avancées de toiture, végétation, ...).
 - Ventilation.
 - Inertie appropriée.

I.1.4 Intérêts de l'architecture bioclimatique :

L'objectif de l'architecture bioclimatique consiste à trouver la meilleure adéquation entre la conception et la construction d'un bâtiment, le climat et l'environnement dans lequel il doit être (ou est déjà) implanté, et ses occupants et leurs rythmes de vie. La conception étant à comprendre comme la création et l'agencement des espaces, la construction recouvrant les caractéristiques physiques des matériaux utilisés ainsi que leur mise en œuvre.

Donc le but de l'Architecture Bioclimatique est d'exploiter les effets bénéfiques du climat tout en offrant une protection contre les effets négatifs.



L'architecture bioclimatique permet de réduire les besoins énergétiques, de maintenir des températures agréables, de contrôler l'humidité et de favoriser l'éclairage naturel.

I.1.5 Stratégies et concepts :

Les concepts de l'architecture climatique peuvent se regrouper en fonction de trois stratégies suivantes :

I.1.5.1 La stratégie du chaud :

Lorsqu'il est nécessaire de chauffer le bâtiment. Cette stratégie recouvre les concepts de captage de l'énergie solaire, son stockage, sa distribution et sa conservation.

I.1.5.2 La stratégie du froid :

Lorsqu'il est nécessaire de refroidir le bâtiment. Cette stratégie fait appel aux concepts de protection vis à vis de rayons solaires, de minimisation des sources d'augmentation de température, de dissipation de la chaleur excessive. Pour les climats chauds, il faut veiller particulièrement à éviter les apports de chaleur provenant des parois et des toitures échauffées par le soleil. Il est également possible d'augmenter la vitesse de l'air et de le refroidir naturellement par des dispositifs extérieurs comme des plans d'eau, des fontaines, de la végétation...ou encore tirer avantage des radiations nocturnes vers la voûte céleste.

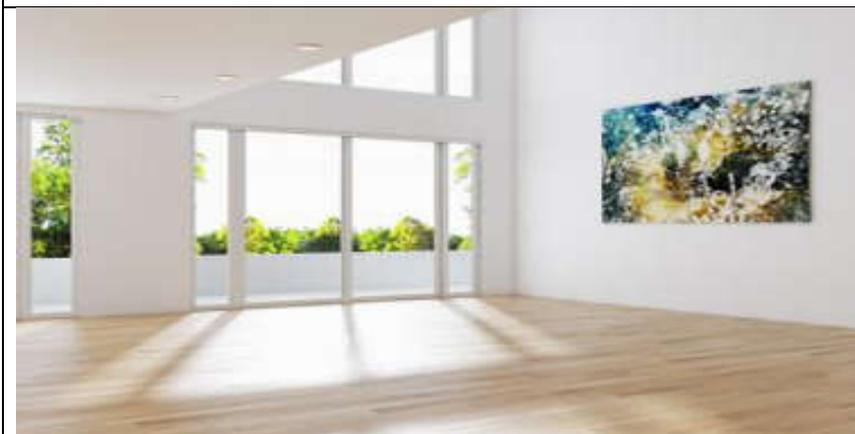
I.1.5.3 La stratégie de l'éclairage naturel :

Cette stratégie couvre les concepts de captage de la lumière naturelle dans toutes les directions, la pénétration de cette lumière dans le bâtiment, sa répartition sur l'ensemble des surfaces intérieures des locaux et sa focalisation par des techniques appropriées. La pénétration du rayonnement solaire peut être la cause de gêne visuelle. On peut s'en protéger par la construction d'éléments architecturaux fixes (surplombs, murs de refend, débords de toiture, etc.) associés ou non à des écrans mobiles tels que marquises, volets ou stores. [E R I C KRUMMENACHER TPFE 2005 EAN].

➤ L'architecture bioclimatique est donc favorisée l'éclairage naturel :

La réduction de la consommation d'éclairage des bâtiments est l'un des points essentiels de la conception bioclimatique. Afin de favoriser l'éclairage naturel, la surface et l'emplacement des fenêtres devront être intelligemment choisis, la forme des pièces devra favoriser la pénétration de la lumière, etc. Il faudra cependant ne pas en abuser. Si une pièce est trop exposée à l'éclairage naturel, l'occupant sera ébloui et fermera les volets, pour allumer l'éclairage artificiel.

Figure -3- : Pénétration de la lumière naturelle à travers les fenêtres.



Source : eRT2012.

I.2 L'éco-conception :

I.2.1 Définition de la conception « desing » :

Le processus de conception en anglais est défini par le verbe design, qui n'a pas de traduction directe en français. « *Concevoir (to design), c'est dessiner, exprimer un dessein par un dessin ou par une forme ou par un système de symboles (...) c'est créer, ou construire, quelque modèle symbolique à l'aide duquel on inférera ensuite le réel.* »

[Bonnardel. N, 2009] [Demailly & Lemoigne, 1986.]

Les définitions les plus connues de la conception sont données dans l'ouvrage de Christopher Jones « *Design Methods : Seeds of Human Future* » **[Jones. J, Design Methods, 1970] :**

- ❖ Trouver les vrais composants physiques de la structure physique. **[Alexander, 1963]**
- ❖ La prise de décision dans le contexte d'incertitude avec des risques élevés pour l'erreur. **[Asimov, 1962]**
- ❖ La simulation de ce que nous voulons faire avant de faire. **[Booker, 1964]**
- ❖ « Engineering design » est l'utilisation des principes scientifiques, des informations techniques et de l'imagination dans la définition d'une structure mécanique, une machine ou un système pour exécuter des fonctions prédéfinies avec une économie et une efficacité maximale. **[Feilden, 1963]**
- ❖ Une activité créatrice, autrement dit, produire une chose nouvelle et utile qui n'a pas existé auparavant. **[Reswick, 1965]**
- ❖ Le saut d'imagination à partir des faits présents pour les possibilités futures. **[Page, 1966]**

- ❖ La solution optimale pour des besoins réels d'un ensemble de circonstances particulières. [Matchett, 1968]

Ces définitions données par nombreux de théoriciens de la conception diffèrent les unes des autres principalement du fait que les concepteurs définissent la conception sur la base de leurs expériences et le domaine de la conception (mécanique, architecturale...etc.) auquel ils appartiennent.

I.2.2 La conception écologique :

Une conception écologique est un bâtiment qui tire le meilleur parti du rayonnement solaire (en s'en protégeant ou en profitant de ses bienfaits) et de la circulation naturelle de l'air pour maintenir des températures agréables, contrôler l'humidité, favoriser l'éclairage naturel, tout en réduisant les besoins énergétiques. [CAUE Martinique, 1982]

L'énergie solaire arrivant sur notre planète représente une source d'énergie extraordinaire : la terre reçoit plus de 10 000 fois la puissance énergétique totale installée par l'homme aujourd'hui. Les principaux avantages apportés par l'énergie solaire sont sa propreté et sa disponibilité. Dans une habitation bioclimatique, cette énergie apporte à ses occupants de la lumière et de la chaleur.

I.2.2.1 Définition de l'éco-conception :

D'après la norme internationale ISO 14062, l'éco-conception peut être définie comme l'intégration des contraintes environnementales dans la conception et le développement de produits (l'agence française de normalisation).

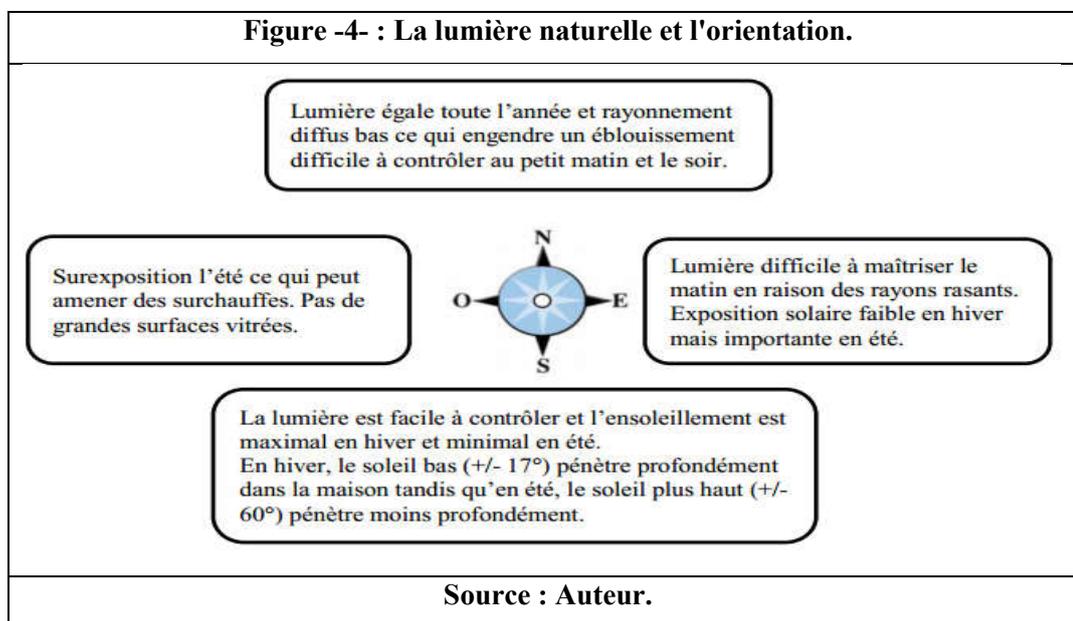
L'éco-conception est une approche systématique et globale permettant de concevoir des produits plus respectueux de l'environnement. Souvent, l'éco-conception est menée avec l'objectif d'améliorer l'impact environnemental de produits existants.

L'éco- conception s'inscrit, de ce fait, précisément dans le champ du développement durable. En s'installant à l'interface de deux des trois piliers du développement durable, l'économie et l'environnement, l'éco conception en forme un outil concret et efficace.

I.2.3 L'éco-conception et l'éclairage naturel :

Le rayonnement solaire apporte naturellement éclairage et chaleur. Une conception écologique doit être conçue pour profiter de ces deux ressources. L'enveloppe du bâtiment et son orientation jouent des rôles prépondérants. L'enveloppe transforme le climat extérieur instable et inconfortable en un climat intérieur agréable par le biais de quelques astuces et de bon sens.

Les dépenses d'éclairage ne sont pas négligeables et une maison bien conçue permet de réduire les besoins même par ciel couvert. La connaissance de la capacité d'éclairement du site à différentes heures et périodes de l'année aide à organiser l'aménagement et tirer au mieux parti de l'éclairage naturel.



La lumière naturelle se décompose trois sources d'éclairement :

- ✓ Provenant du soleil.
- ✓ Provenant du ciel.
- ✓ Issu des réflexions de la lumière sur les surfaces intérieures et extérieures.

Pour profiter des apports solaires de façon passive, la maison doit être orientée au sud car le soleil y est disponible toute l'année. Cette façade doit donc s'ouvrir à l'extérieur par de larges surfaces vitrées. Les orientations est-ouest ne sont jamais favorables. En effet, trop de surfaces vitrées à l'ouest engendrent des surchauffes en été. Des vitres à l'est peuvent être envisagées si les brumes matinales sont absentes.

Elles apportent de la lumière et de la chaleur le matin. Enfin, l'orientation au nord n'est jamais favorable et il faut minimiser les ouvertures sur cette façade.

Il convient de souligner que le principal avantage de l'éco-conception est d'abord environnemental (réduction des impacts environnementaux et préservation des ressources). Une telle démarche a pour objectif la réduction des impacts d'un produit sur l'environnement notamment en améliorant le recyclage ou la récupération des ressources.

I.3 La lumière naturelle :

I.3.1 Définition :

La lumière naturelle est un concept aussi large. Elle est l'ensemble des rayons solaires capable de rendre notre univers visible. Le soleil comme principale source, nous

offre par l'intermédiaire du mouvement de la terre tout autour, une quantité importante de lumière pendant la journée. L'acte d'utiliser cette lumière d'une manière savante renvoie à l'éclairage naturel.

Le besoin en lumière est de deux genres ; qualitatif et quantitatif. Le qualitatif exprime le besoin de satisfaire l'utilisateur sur le plan émotionnel pour mieux dire sensationnel, d'où les concepteurs essayent depuis le lobe du temps de donner différentes interprétations. Les recherches qualitatives de la lumière naturelle se penchent sur les perceptions, les comportements comme réactions des usagers [Belakhel, 2010], ainsi que les pensées et les démarches conceptuelles des architectes. Quant au quantitatif qu'est « *relatif aux études d'évaluation des gisements lumineux, de la disponibilité de la lumière naturelle, des méthodes de prédiction des quantités de lumière à l'intérieur des espaces* » [Belakhel, 2010].

La lumière influence l'espace architectural de trois manières : (i) fonctionnelle, qui s'exprime par le confort lumineux ; (ii) esthétique : apercevoir l'espace qualitativement par un jeu de couleur, d'ombre et de lumière ; (iii) émotionnellement : par l'affectation sensible des différents effets lumineux.

I.3.2 Historique :

Le rôle de la lumière est déterminant dans la conception de l'espace de par sa perception et sa symbolique. Une brève historiographie de l'antiquité à nos jours, permet de comprendre le sens de cette relation.

Antiquité et Moyen-âge :

Durant l'antiquité, le seul moyen de faire entrer la lumière naturelle à l'intérieur d'un bâtiment était à l'aide de percements.

Siècle des Lumières :

Durant la période des Lumières (dont l'impact dépasse le domaine de l'architecture), la Raison, la Science remplacent la vérité divine pour éclairer l'humanité. Elles se matérialisent en architecture par les jeux d'optiques, de perspectives, de miroirs, de rythme civil. Les baies étaient fermées par des moyens rudimentaires : volets de bois, toiles cirées, peaux ou papiers huilés protégés de grillages et peu favorables à l'éclairage naturel.

La découverte de la voûte en ogive, de la croisée d'ogive et de l'arc-boutant permet l'allègement des structures et la construction des cathédrales gothiques. L'architecture gothique établit alors un rapport inédit à la lumière naturelle.

Période moderne :

« Jeu savant, correct et magnifique des volumes sous la lumière ». LE CORBUSIER

L'époque moderne bénéficie des progrès techniques de l'industrie verrière. Les nouveaux modes de fabrication et de laminage produisent des vitrages de grandes dimensions, et rendent possible la construction de grandes verrières comme celles du Crystal Palace à Londres (1851), et du Grand Palais à Paris (1900).

Durant la première moitié du XXe siècle, Le Corbusier prône le principe de lumière naturelle en continu. Dans ses « cinq points d'une architecture moderne » (1927), le Corbusier propose la fenêtre en longueur rendue possible par la construction en acier et en béton armé. Opposées aux fenêtres classiques verticales, elles améliorent l'éclairage naturel avec une radicalité presque hygiéniste.

✚ Architecture contemporaine :

L'architecture contemporaine joue avec la lumière naturelle de multiples manières. Louis Kahn définit l'architecture comme « le seuil entre le silence et la lumière » : « *Même une pièce qui doit être obscure a besoin au moins d'une petite fente pour qu'on se rende compte de son obscurité. Mais les architectes qui aujourd'hui dessinent des pièces ont oublié leur foi en la lumière naturelle. Assujettis à la facilité d'un interrupteur, ils se contentent d'une lumière statique et oublient les qualités infinies de la lumière naturelle grâce à laquelle une pièce est différente à chaque seconde de la journée.* » [Louis Khan, 1996].

✚ La vision de l'ICEB sur l'architecture durable de demain :

Le XXIe siècle impose des exigences plus fortes aux architectes et aux autres acteurs de la construction, en matière de respect de l'environnement et de lutte contre le dérèglement climatique. Ces contraintes amènent de plus en plus les maîtres d'œuvre à être conscients du triptyque lumière naturelle / surchauffes / déperditions. Il s'agit d'optimiser l'équilibre entre la performance thermique de l'enveloppe (Facteur solaire, confort thermique) et sa performance en éclairage naturel (FLJ, transmission lumineuse, confort lumineux) en tenant compte des exigences programmatiques spécifiques à l'opération. Ces exigences peuvent se baser sur des retours d'expérience ainsi que des exigences réglementaires, des certifications environnementales, des recommandations locales ou divers garde-fous.

I.3.3 Les sources de la lumière naturelle :

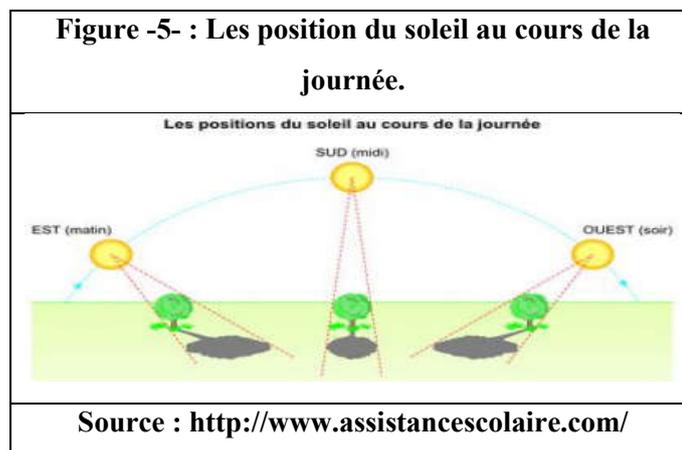
La source de l'éclairage naturel est d'abord **le soleil** et ensuite **le ciel**. Les constructions qui abritent l'homme sont essentiellement opaques et limitent l'effet de la luminosité du ciel. Il importe donc de connaître les conditions dans lesquelles des baies

transparentes ou translucides permettent de répondre aux différents besoins en lumière naturelle à l'intérieur des espaces, pour cela il demeure nécessaire d'apprendre les notions fondamentales et les données de base inhérentes à la lumière naturelle.

I.3.3.1 Le soleil :

Le soleil est la seule origine du rayonnement visible direct, défini comme étant (la partie de l'irradiation solaire qui atteint la surface terrestre sous forme de rayons parallèles et qui résulte d'une atténuation sélective par l'atmosphère).

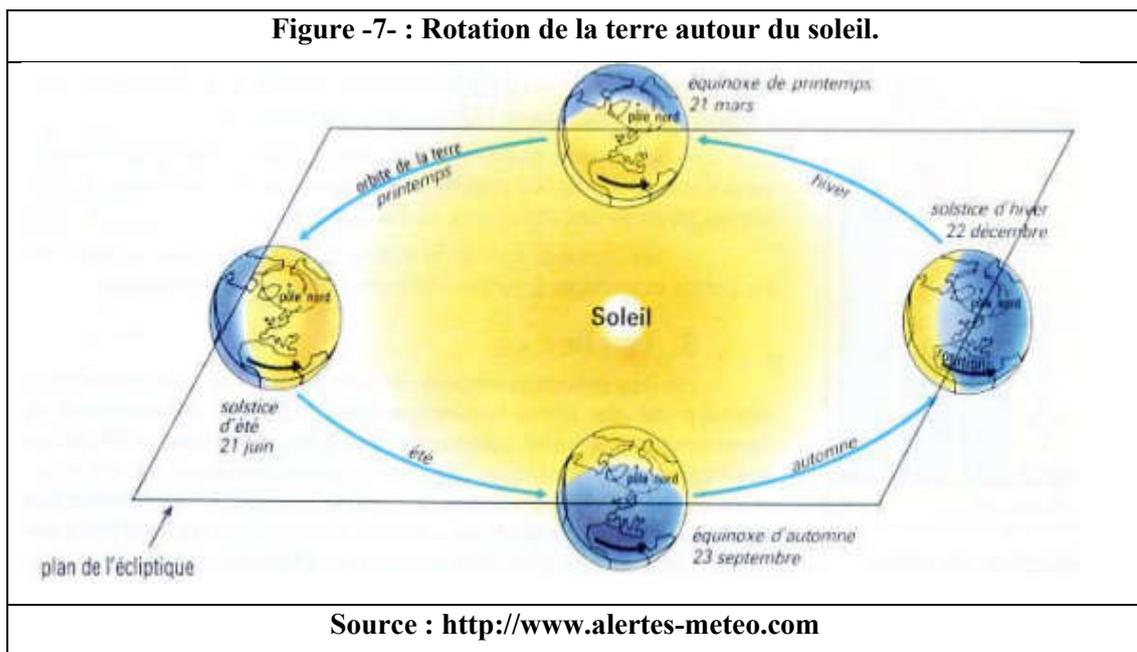
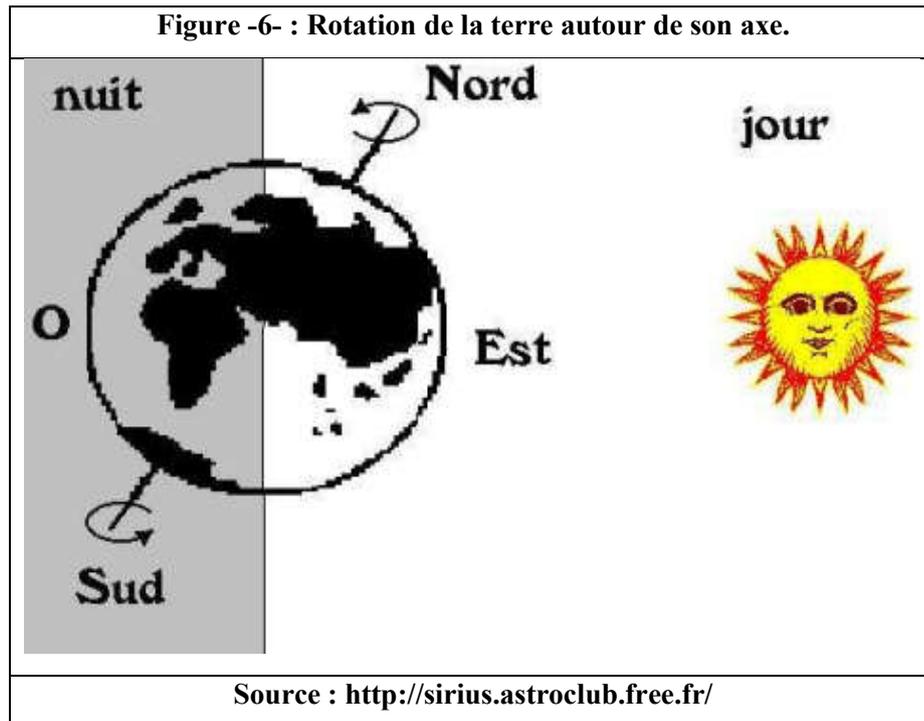
La lumière naturelle sous un ciel claire atteint un éclairement au sol de 60.000 à 100.000 lux qui s'avèrent faciles à capter et à diriger. Cette source présente une dynamique intéressante qu'on peut utiliser en tant qu'énergie lumineuse et thermique. En revanche le rayonnement solaire direct est souvent une source d'éblouissement et de surchauffe des espaces exposés et même des ombres portés et propres, contrastées qui seront gênant pour l'exécution d'une tâche visuelle.



Il est impératif de prendre en considération d'autres paramètres lors de la conception afin d'améliorer les stratégies de conception pour qu'ils soient efficace et économique. Il s'agit :

❖ Du système Soleil-Terre :

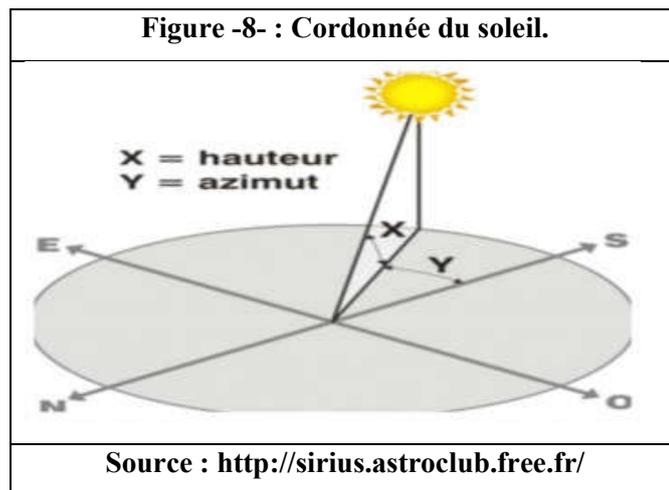
La terre tourne à l'intérieur du système solaire d'une façon très complexe et c'est au tour de l'axe équateur qu'elle tourne pour une durée de 24H ce qui définit le cycle jour/nuit, alors qu'en même temps, la Terre tourne aussi autour du Soleil ce qui provoque le changement saisonnier pendant 365 jours.



❖ **La course solaire :**

L'emplacement du soleil dans le ciel est défini par la course solaire qui est repéré par son azimut et sa hauteur angulaire par rapport au système Terre-Soleil. L'azimut est l'angle horizontal formé par un plan vertical passant par le soleil et le plan méridien du point d'observation. Par convention, l'orientation Sud-Est a une valeur égale à zéro.

La hauteur angulaire du Soleil est l'angle que fait la direction du soleil avec le plan de l'horizon.

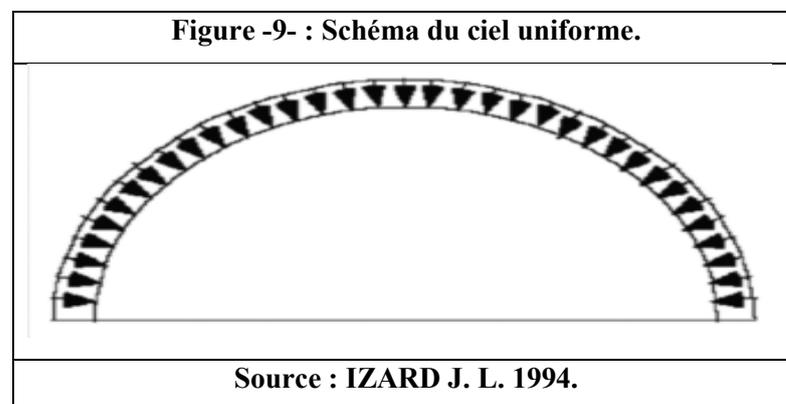


I.3.3.2 Le ciel :

La lumière diffusée du ciel est une résultante de réflexion et de réfraction des rayonnements diffusés d'abord du Soleil. On considère que la voûte céleste est uniforme bien qu'elle ne soit pas à l'origine de la composition spectrale du rayonnement diffus, de la composition de l'atmosphère et des particules en suspension. En effet, la lumière diffusée du ciel est disponible dans toutes les directions, génère peu d'éblouissement et ne provoque pas de surchauffe. Mais peut être considérée comme insuffisante dans le cas d'un ciel couvert en hiver. [IZARD, 1994]. Cette période hivernale, est la plus utilisée dans les calculs du fait qu'elle est considérée comme le cas le plus défavorable. Elle permet également un calcul plus simple que celui d'un ciel ouvert à cause des problèmes liés au positionnement variable du soleil. Parmi les principaux types adoptés pour le calcul de l'éclairage naturel on cite :

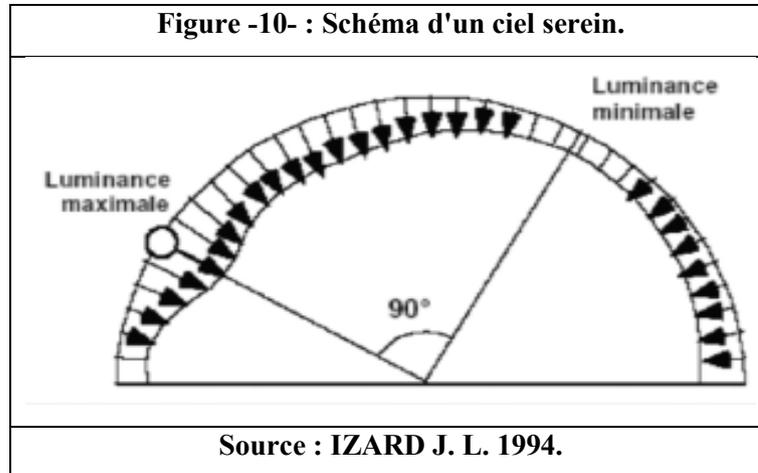
❖ **Le ciel uniforme :**

C'est un modèle de ciel dont tous les points ont la même luminance. C'est le type de ciel le plus ancien et qui donne des calculs très simples pour établir les abaques. Mais ce type n'est pas retenu pour la normalisation internationale.



❖ **Le ciel serein ou clair normalisé (C.I.E) :**

C'est le type de ciel dont la luminance varie selon le positionnement du luminaire (exp: soleil) pendant la journée et selon les saisons et les latitudes. Dans ce cas les calculs prennent en considération la variation du positionnement du soleil et donc l'angle d'insolation mais pas la variation de la luminance de la source lumineuse.

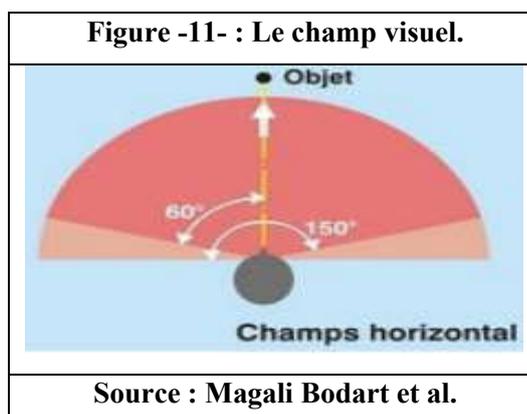


❖ **Le ciel couvert normalisé (C.I.E) :**

C'est le modèle avec lequel la majorité des abaques solaires ont été établis et pour lequel la répartition des luminances est variable selon la position du soleil. Sur le plan théorique, cette répartition et ce niveau de luminance ont un caractère cyclique annuel, pourtant, ils couvrent une infinité de ciels différents en fonction de la luminance des nuages, de leur surface, de leur position. [HERDE et LIEBARD, 2005]

I.3.4 Le champ visuel :

On ne peut pas parler de la perception visuelle sans parler du champ visuel qui est la capacité de l'œil à saisir une information visuelle qui dépend de sa position relative dans le champ visuel. Le champ visuel est l'espace délimité par la perception spatiale de l'œil, sans bouger la tête. Sachant que le champ visuel est légèrement différent pour chaque individu, la portée verticale des yeux couvre un angle d'environ 130° ; elle est limitée vers le haut par les arcades sourcilières et vers le bas par les joues. Le champ horizontal total des yeux est d'environ 180° lorsqu'ils sont dirigés vers un objet fixe.

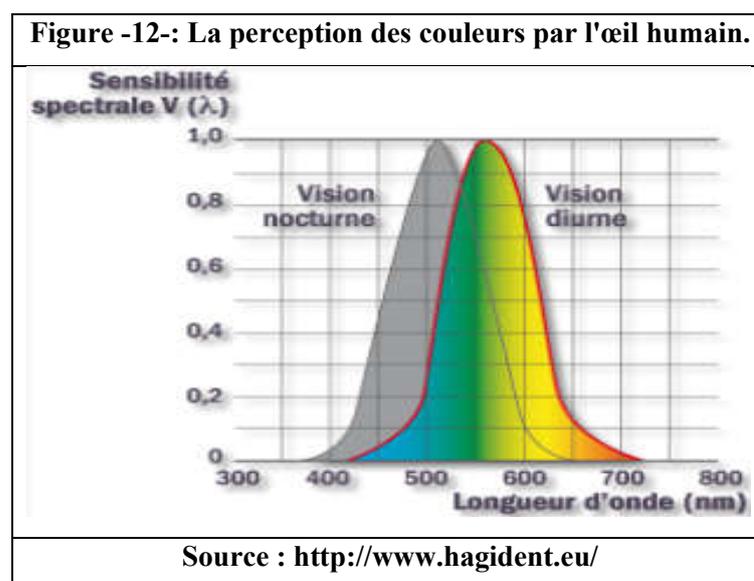


Chaque œil a un angle de vision d'environ 150°. A l'endroit où les champs visuels se recouvrent, l'homme a une vision binoculaire ; ils se superposent dans la zone médiane où un même objet est vu simultanément par les deux yeux mais sous un angle différent. La capacité de l'œil à saisir une information visuelle dépend de sa position relative dans le champ visuel.

I.3.5 La perception des couleurs :

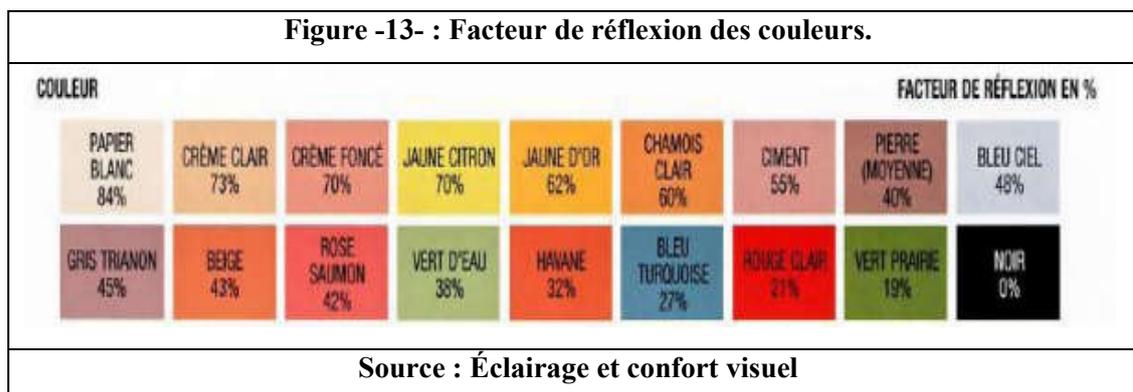
La couleur apporte une dimension supplémentaire à l'éclairage. Les comportements humains sont en effet influencés par les réponses émotionnelles à l'environnement et la couleur est l'un des facteurs principaux de sa perception. La couleur d'un objet dépend de la lumière qui l'éclaire : la couleur bleue est une couleur froide (riche en radiations bleues) tandis la couleur rouge est une couleur chaude (riche en radiations rouges). En outre, il faut savoir qu'une pièce est d'autant plus éclairée que les surfaces qui réfléchissent la lumière sont claires. Pour l'œil humain, la couleur est une sensation. Les récepteurs de l'œil servent à décomposer les informations lumineuses en signaux électriques qui seront envoyés au nerf optique puis au cerveau. Le système récepteur de la lumière (la rétine) est formé d'un ensemble de cônes et de bâtonnets : les premiers étant très sensibles à la lumière sont responsables de la perception des couleurs (bleu, vert, rouge). Les seconds, 100 à 500 fois plus sensibles que les cônes, nous permettent de voir dans des conditions de faible éclairage. L'œil voit les couleurs de façon différenciée. A chaque couleur est associée une longueur d'onde que nous percevons plus ou moins bien. Ainsi, nous sommes très sensibles au jaune et voyons mal les bleus et les rouges.

Le schéma suivant montre la perception des couleurs par l'œil humain :



La lumière est caractérisée par un facteur de réflexion qui varie d'une couleur à l'autre. Ce facteur est le rapport entre la quantité de lumière L , tombant sur une surface

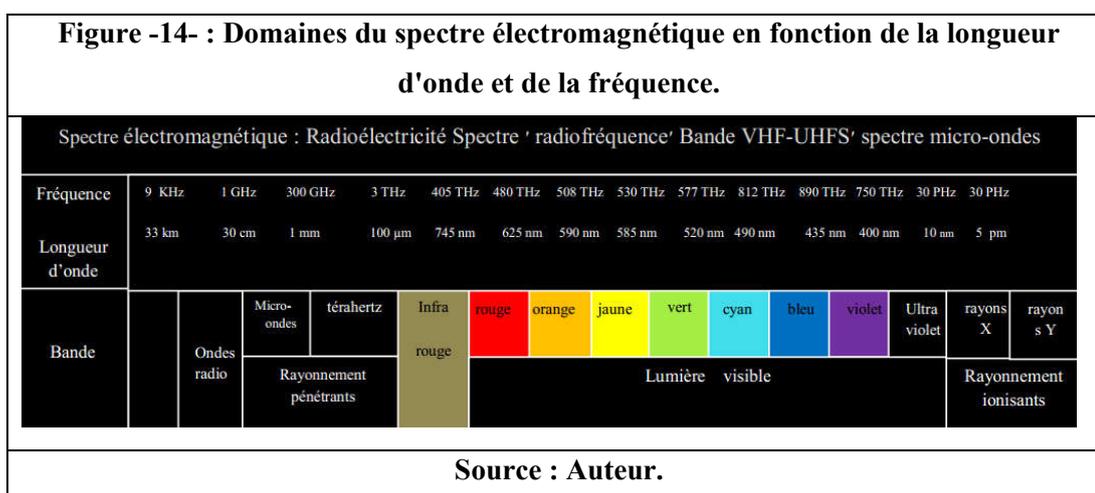
et la lumière l, réfléchi par cette surface. Il s'exprime en %. La figure suivante donne les différents facteurs de réflexion pour des couleurs :



I.3.6 Les caractéristiques physiques de la lumière naturelle :

I.3.6.1 Le rayonnement et le spectre électromagnétique :

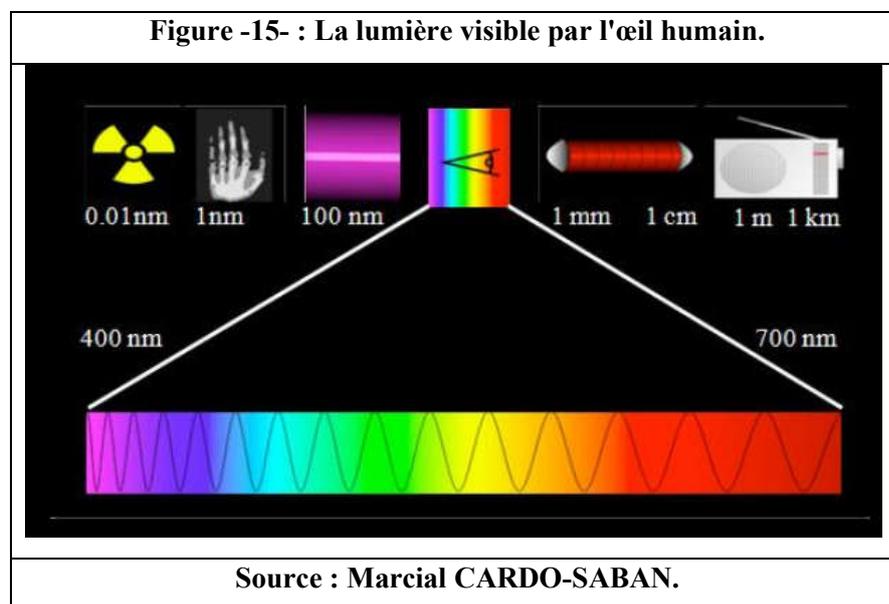
Un rayonnement électromagnétique désigne une perturbation des champs électriques et magnétiques qui a comme vecteur le photon. En physique classique, il est décrit sous la forme d'une onde électromagnétique correspondant à la propagation d'un champ magnétique et d'un champ électrique (l'un étant perpendiculaire à l'autre) en ligne droite à partir d'une source constituée par un mouvement alternatif de charges électriques. La décomposition du rayonnement électromagnétique selon ses différentes composantes en termes de fréquence, d'énergie des photons ou encore de longueur d'onde nous donne un spectre électromagnétique, ou la lumière visible constitue une petite tranche de ce large spectre.



I.3.6.2 Les Spectres lumineux (Light Spectrum) :

Ce qu'on appelle lumière blanche ou solaire est la lumière usuelle, celle du jour. La lumière se décompose en plusieurs ondes qui ont différentes fréquences, et que l'œil l'aperçoit comme des couleurs : rouge, orange, jaune, verte, bleue et violette. Ces ondes forment un faisceau de bandes parallèles qu'on appelle le spectre lumineux. Les couleurs d'un arc-en-ciel sont les couleurs du spectre qui résulte de la décomposition de la lumière

du soleil. Autrement dit, le spectre lumineux est la figure obtenue par la décomposition d'une lumière en radiations monochromatiques au moyen d'un système dispersif. Il constitue l'ensemble de toutes les vibrations du champ électromagnétique possibles. Il existe deux principaux types de spectre lumineux, le premier, est appelé le spectre d'émission qui est produit directement par la lumière émise par une source. Le deuxième, c'est le spectre d'absorption qui est obtenu en analysant la lumière blanche qui a traversé une substance gazeuse ou liquide. La lumière visible par l'œil humain est une partie infime de toutes les vibrations du champ électromagnétique. Le spectre visible correspond aux longueurs d'ondes situées entre 400 nm (vu par l'œil comme la couleur violette) et 700 nm (la couleur rouge). Au-delà de ces longueurs d'onde, l'œil ne détecte plus la lumière.



I.3.7 Les phénomènes physiques de la lumière :

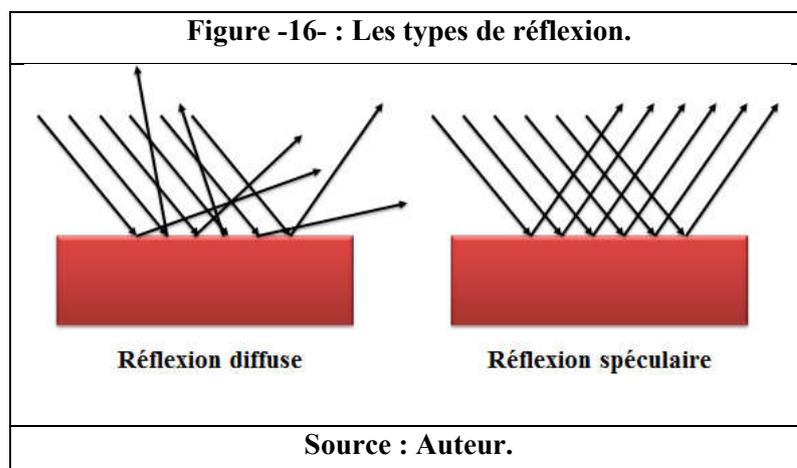
I.3.7.1 La propagation de la lumière :

La trajectoire de la lumière est rectiligne lorsqu'elle se propage dans un milieu homogène où il n'y a pas d'obstacle, le terme homogène signifie que le milieu traversé possède les mêmes propriétés en tout point. Si ce n'est pas le cas, elle n'est plus rectiligne. La propagation de la lumière dans un milieu transparent peut se faire de deux manières différentes et complémentaires; soit en terme de propagation d'une onde lumineuse ou la lumière se propage dans un milieu homogène dans toutes les directions sous forme d'une onde lumineuse sphérique, et en ligne droite, de la source de lumière vers l'objet éclairé si le milieu de propagation est homogène et transparent; soit en terme de rayons lumineux, qu'on peut la représenter en traçant la direction de propagation des ondes par des rayons perpendiculaires aux fronts d'onde. Contrairement au son, la lumière peut se propager dans le vide, elle parcourt alors dans des distances gigantesques avec une vitesse constante et universelle qui est égale à $300\,000\text{ km}\cdot\text{s}^{-1} = 3,0\cdot 10^8\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

La direction de propagation de la lumière peut uniquement être modifiée par réflexion, réfraction, diffraction ou diffusion :

❖ **La réflexion :**

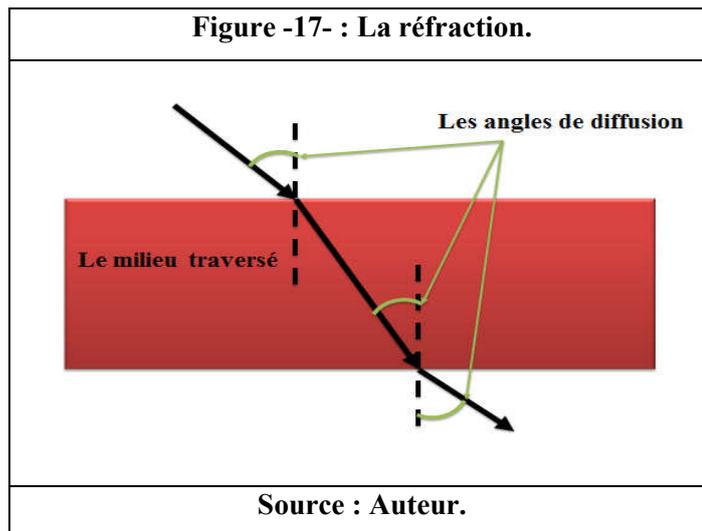
On dit qu'un rayon de lumière est renvoyé ou réfléchi, toutes les fois qu'en tombant sur une surface polie, il fait avec cette surface un angle égale à celui qu'il faisait de l'autre coté en arrivant. C'est-à-dire, quand il rencontre un objet, il va rebondir sur cet l'objet. Il existe trois formes de la réflexion, elle peut être spéculaire ou bien diffuse suivant la nature de l'interface. La réflexion est dite spéculaire lorsque la lumière est renvoyée selon un angle de réflexion égal à l'angle d'incidence du rayon lumineux. Le rayon incident donne naissance à un rayon réfléchi unique. Idéalement, l'énergie du rayon incident se retrouve totalement dans le rayon réfléchi, en pratique une partie de l'énergie peut être absorbée ou diffusée au niveau de l'interface. La qualité de la réflexion dépend de la qualité de l'interface, dès que la taille des défauts de ce dernier est inférieure de l'ordre de grandeur de la longueur d'onde, l'interface tend à devenir parfaitement réfléchissante. Le deuxième mode dite la réflexion diffuse qui intervient sur les interfaces irrégulières, la lumière est réfléchie dans un grand nombre de directions et l'énergie du rayon incident est redistribuée dans une multitude de rayons réfléchis. Cette diffusion permet de créer une source ponctuelle à partir du simple impact d'un seul rayon lumineux sur une surface diffusante, ce type de réflexion peut être une réflexion diffuse parfaite (la lumière réfléchie est distribuée dans toutes les directions) ou bien une réflexion diffuse quelconque (la lumière se répartit de manière aléatoire). Le dernier mode de réflexion est dite réflexion mixte ou la lumière est réfléchie de manière diffuse mais privilégie quand même une direction précise.



❖ **La réfraction :**

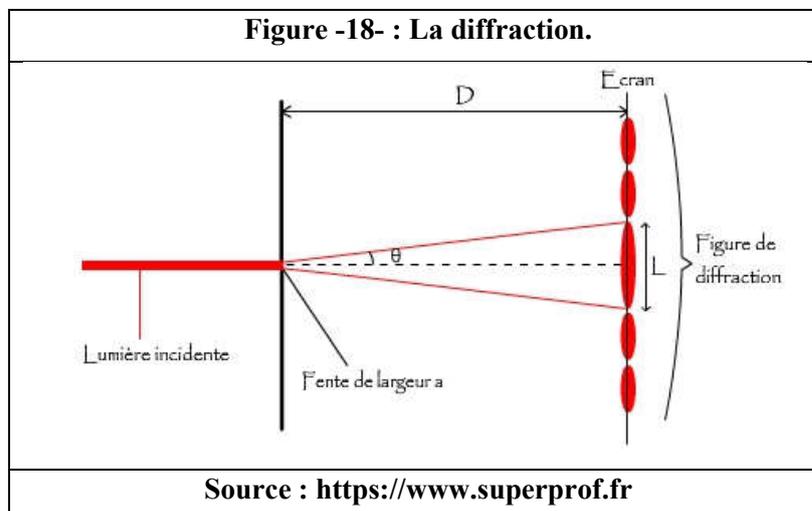
Le phénomène de réfraction est le changement de direction lorsque le rayon lumineux traverse obliquement la limite séparant deux milieux avec différentes vitesses

de propagation de lumière c'est-à-dire, la déviation d'une onde lorsque la vitesse de celle-ci change. Ces changements de direction obéissent aux lois de la géométrie optique de **Snell-Descartes**. Typiquement, cela se produit à l'interface entre deux milieux, ou lors d'un changement d'impédance du milieu. En traversant un prisme, la lumière blanche se décompose en ses différentes composantes colorées car l'angle de déviation du rayon lumineux dans un milieu transparent est d'autant plus grand que la longueur d'onde est plus petite.



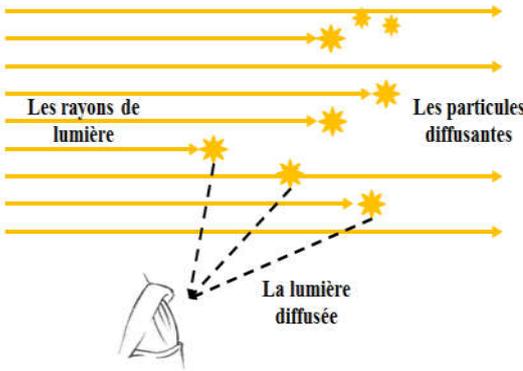
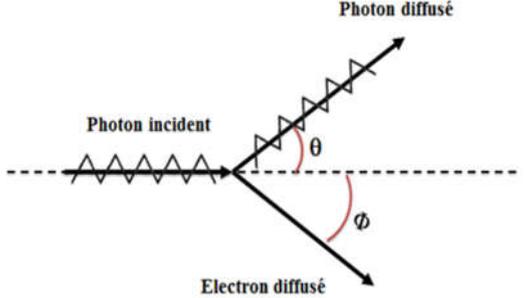
❖ **La diffraction :**

On donne le nom de diffraction aux modifications et aux espèces de pénombres qu'éprouve la lumière lorsqu'elle passe auprès des extrémités des corps. Elle a lieu lorsque la lumière passe par des fentes étroites ou à côté de lames pointues, et qui dévie de la direction rectiligne et se tord. Les phénomènes de diffraction ne se produisent que lorsque la lumière rencontre des trous ou des obstacles dont les dimensions sont de l'ordre de grandeur de la longueur d'onde ; le phénomène peut être interprété par la diffusion d'une onde par les points de l'objet.



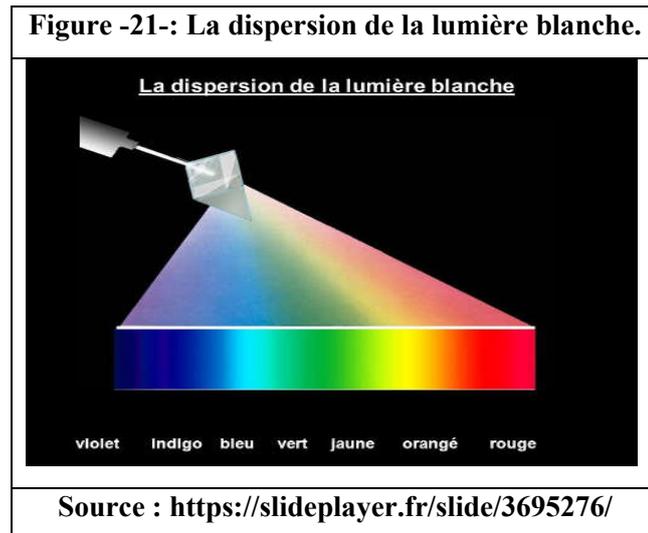
❖ **La diffusion :**

La diffusion est le phénomène par lequel un rayonnement, comme la lumière est dévié dans de multiples directions par une interaction avec d'autres objets. La diffusion peut être également répartie dans toutes les directions (isotrope) ou obéir à un patron de réémission bien particulier selon le milieu traversé (anisotrope). La diffusion peut avoir lieu à la rencontre d'une interface entre deux milieux (dioptre), ou à la traversée d'un milieu. Lorsqu'un milieu transparent, comme l'air contient de petites particules de poussières, de fumée ou de fines gouttelettes d'eau, un rayon de lumière est diffusé par chacune de ces particules. L'œil d'un observateur qui ne reçoit pas directement ce rayon, reçoit une partie de la lumière diffusée par ces particules. Si le contraste est suffisant il verra l'ensemble de ces particules, qui semblent former le faisceau de lumière, en réalité, l'ensemble des particules éclairées.

Figure -19- : La diffusion de la lumière par les particules diffusantes.	Figure -20- : La diffusion Compton.
	
Source : Auteur.	Source : Auteur.

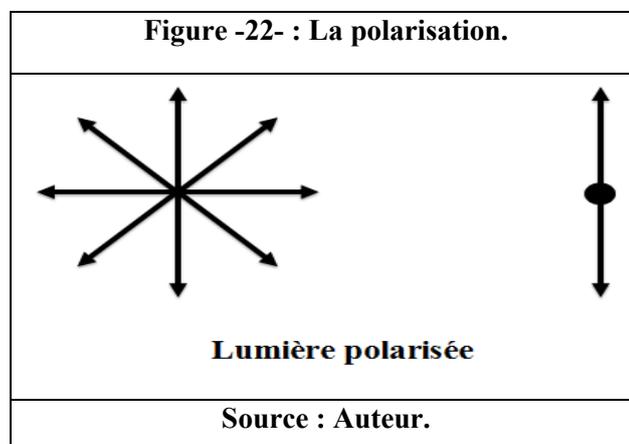
❖ **La dispersion :**

Suivant sa fréquence, le rayonnement électromagnétique interagit différemment avec la matière. Un des aspects de ce phénomène est la dispersion, c'est-à-dire la variation de l'indice de réfraction de la substance en fonction de la longueur d'onde. L'observation des faisceaux colorés émergent d'un prisme éclairé en lumière blanche s'interprète en admettant cette loi de variation. Lorsqu'un rayon lumineux monochromatique traverse deux milieux d'indice de réfraction différents, sa trajectoire sera déviée suivant la loi de **Snell-Descartes**. Chacune des couleurs qui composent la lumière blanche sera déviée suivant son indice de réfraction. Il en résulte la dispersion des couleurs du rayon lumineux incident dans l'ordre de réfrangibilité, le violet, l'indigo, le bleu, le vert, le jaune, l'orange et le rouge.



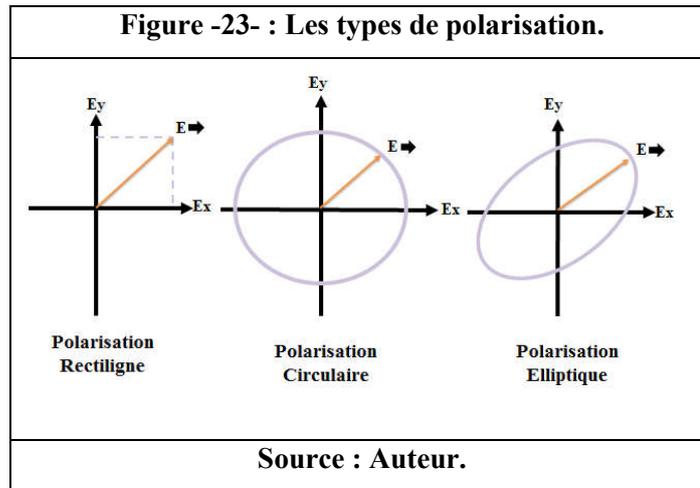
❖ **La polarisation :**

La polarisation est définie par l'orientation des vibrations selon une direction privilégiée, elle peut être causée par la réflexion ou la réfraction. Pour obtenir une onde polarisée dans un état donné on utilise des polariseurs de différents types dont les linéaires sont les plus utilisés, qui permettent de transformer la lumière incidente en lumière polarisée rectilignement, qui agissent soit sur la lumière naturelle soit sur la lumière dans un état de polarisation. Les phénomènes lumineux peuvent, selon la théorie électromagnétique être considérés comme liés à la propagation simultanée d'un champ électrique E et d'un champ magnétique B , constamment perpendiculaires entre eux ainsi qu'à la direction de propagation, et dont les valeurs sont des fonctions sinusoïdales du temps. Lorsqu'on parle de lumière naturelle la polarisation n'est pas stationnaire, la lumière est émise en même temps sous forme des ondes lumineuses qui sont distribuées autour de l'axe de propagation avec une probabilité égale. Quand la lumière traverse un polariseur, le champ électrique ne peut plus vibrer que dans une direction perpendiculaire à la direction de propagation, et la lumière sera polarisée rectilignement.



Cependant, on peut obtenir trois états de polarisation totale, la polarisation rectiligne dont l'extrémité du champ électrique E en un point donné de l'espace décrit un

segment de droite, la polarisation circulaire qui décrit un cercle et la polarisation elliptique qui décrit une ellipse.



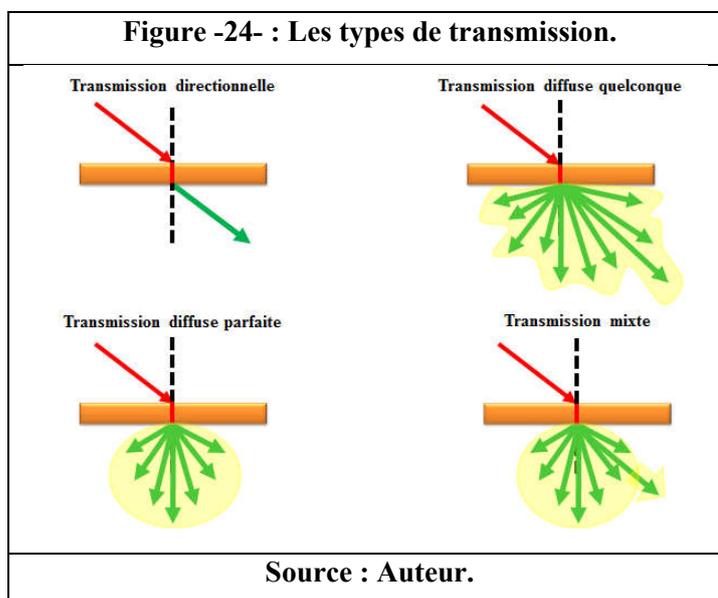
❖ **L'absorption :**

La lumière est porteuse de l'énergie qui peut être absorbée sur des objets matériels. Certains corps absorbent juste quelques fréquences du spectre électromagnétique. Les couleurs qu'on voit ne sont pas contenues dans les objets mais dans la lumière à l'aide de laquelle on les voit. Une feuille verte est verte parce qu'elle absorbe toutes les couleurs sauf la verte qu'elle réfléchit. Les corps qui absorbent de petites quantités de lumière visible sont dits transparents. L'absorption constitue le phénomène par lequel tout matériau atténue toute onde électromagnétique le traversant, l'énergie absorbée est alors convertie en chaleur (Effet Joule).

❖ **La transmission :**

La lumière traversant un corps translucide peut être partiellement absorbée par celui-ci et partiellement ou totalement transmise par cette matière. Dans un milieu homogène, la lumière se transmet en ligne droite. Si le milieu n'était pas homogène, et si la lumière le traversait dans une direction oblique aux surfaces de séparation des parties homogènes, nous verrons bientôt que le rayon changerait de direction à chaque passage d'une partie homogène dans la suivante, et que, s'il y avait continuité dans les changements de densité, la lumière parcourrait une ligne courbée. Il existe trois modes de transmission : la transmission directionnelle ou la lumière est transmise selon un angle égal à l'angle d'incidence du rayon lumineux, la transmission diffuse parfaite ou la lumière est distribuée dans toutes les directions ou transmission diffuse quelconque ou la lumière se répartit de manière aléatoire. Le dernier mode est la transmission mixte, dans ce type, la lumière est transmise de manière diffuse mais privilégie quand même une direction précise. Du point de vue de la transmission de la lumière, les corps se regroupent en trois catégories selon qu'ils sont transparents, translucides ou opaques à la lumière. La

transmission lumineuse est aussi une propriété variable en fonction de l'épaisseur d'un matériau. Le coefficient de transmission lumineuse (Tl) est le pourcentage de rayonnement solaire visible transmis au travers d'une paroi.



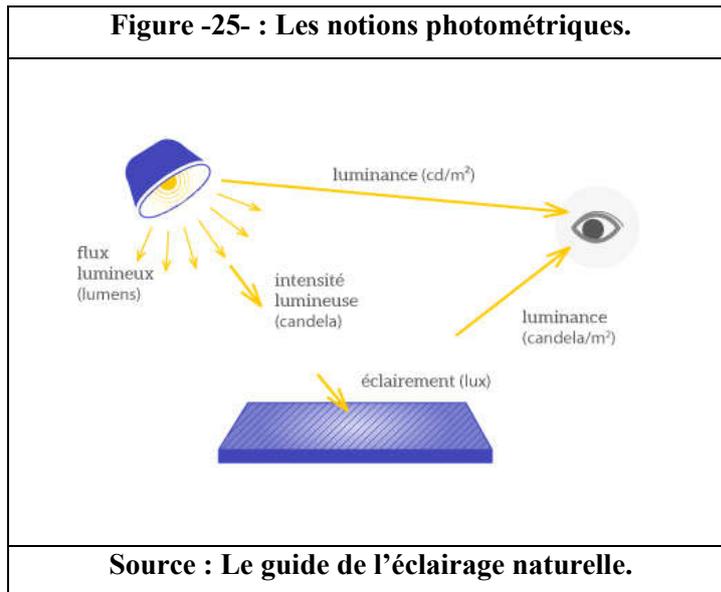
I.3.8 Les grandeurs photométriques :

I.3.8.1 La photométrie :

La photométrie, ou la mesure de la lumière et des phénomènes lumineux, est une des bases essentielles de l'éclairage. Le but de la photométrie est de quantifier les grandeurs relatives au rayonnement en fonction de l'impression visuelle produite. La photométrie est la science qui étudie le rayonnement lumineux du point de vue de la perception par l'œil humain. La plupart des appareils de mesure en photométrie, qui ne font pas intervenir directement l'œil en tant qu'élément sensible, sont étalonnés en fonction de la courbe de sensibilité relative de l'œil humain qui a été établie par la Commission Internationale de l'Éclairage (CIE) à partir d'un grand nombre d'individus. Elle montre que la sensibilité maximale de l'œil humain en vision de jour se produit pour une longueur d'onde de 555 nanomètres. Cette courbe prend des valeurs non nulles pour des longueurs d'onde allant de 400 nanomètres à 700 nanomètres. En dehors de cette plage toutes les grandeurs photométriques seront nulles. La photométrie permet d'évaluer quantitativement les performances d'un éclairage ; elle est un domaine de la physique appliquée, dédié à la mesure du rayonnement visible. Les unités utilisées en photométrie sont dérivées des unités utilisées en physique. La base de ces unités est la courbe de sensibilité spectrale de « l'observateur de référence CIE ».

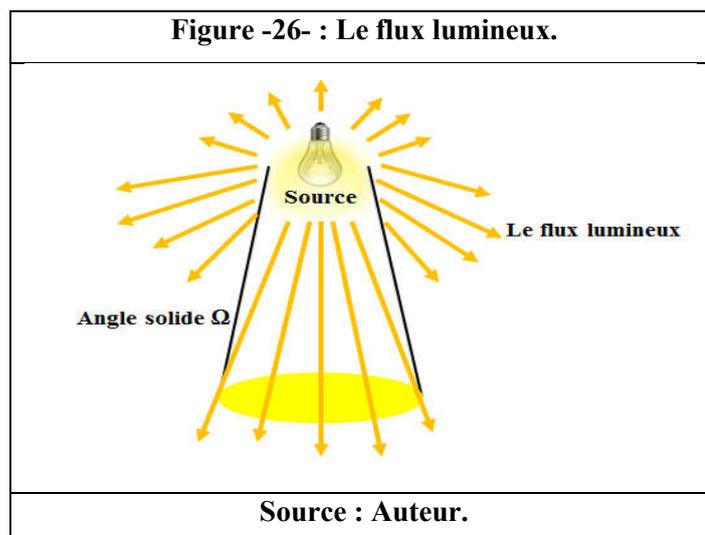
Il est difficile de parler objectivement de l'éclairage sans rappeler les quatre notions de base de la photométrie qui sont : **l'intensité, le flux lumineux, l'éclairement et la luminance.**

Ces quatre facteurs sont liés entre eux comme ceci : Une source d'éclairage naturelle ou artificielle rayonne dans toutes les directions de l'espace **un flux lumineux** dont l'unité est le **lumen (lm)**. Ce flux, dans une direction donnée, a une certaine **intensité** exprimée en **candelas (cd)**, une surface, placée à une distance donnée de la source, reçoit **un éclairage** qui s'exprime en **lux (lx)**. Enfin, cette surface éclairée renvoie une partie de l'éclairage reçu en direction de l'observateur : c'est **la luminance** exprimée en **candelas par mètre carré (cd/m²)**.



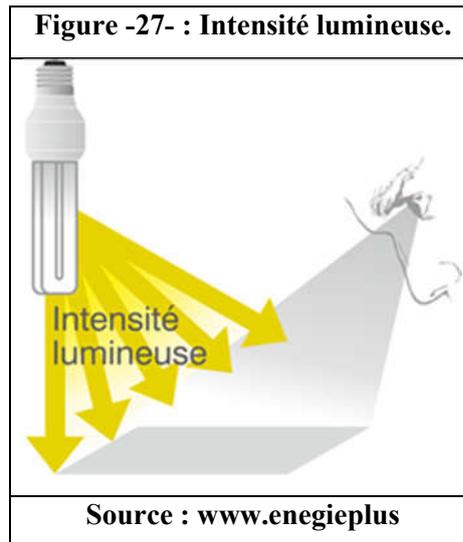
❖ **Flux lumineux :**

Le flux lumineux Φ d'une source est l'évaluation, selon la sensibilité d'œil, de la quantité de lumière rayonnée dans tout espace par cette source. S'exprime en lumen (lm).



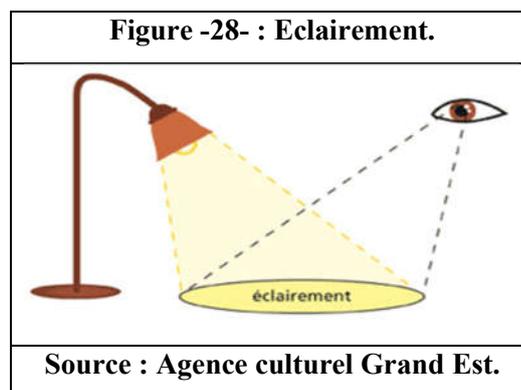
❖ **Intensité lumineuse :**

L'intensité lumineuse est le flux lumineux émis par unité d'angle solide une direction donnée. Elle se mesure en candela (cd).



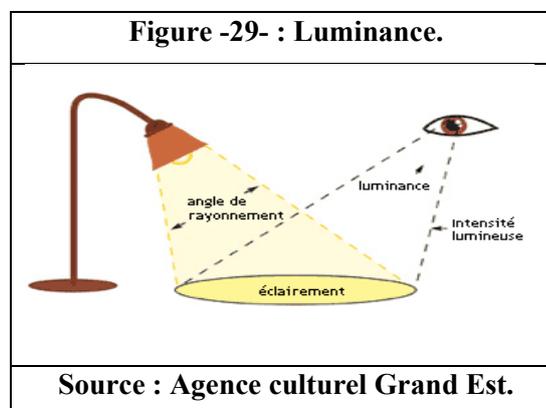
❖ **Éclairement :**

L'éclairement (E) d'une surface est le rapport du flux lumineux reçu à l'aire de cette surface. Son unité est le lux, équivalent à lm/m^2 .



❖ **Luminance :**

La luminance (L) d'une source est le rapport entre l'intensité lumineuse émise dans une direction et la surface apparente de la source lumineuse dans la direction considérée. La luminance s'exprime en candélas par mètre carré (cd/m^2).

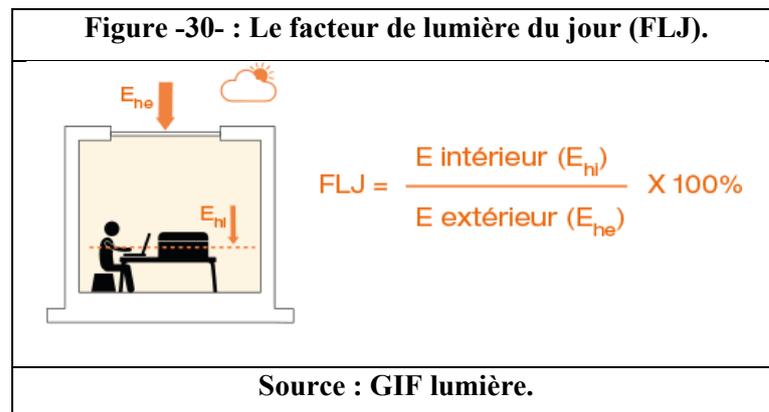


❖ **Le facteur de lumière du jour :**

En éclairage naturel, la notion d'éclairement est parfois remplacée par la notion de facteur de lumière du jour (FLJ). Le FLJ est le rapport de l'éclairement naturel intérieur

reçu en un point d'un plan de référence (généralement le plan de travail ou le niveau du sol) à l'éclairage extérieur simultané sur une surface horizontale en site parfaitement dégagé, par ciel couvert. Il s'exprime en (%). Ces deux valeurs d'éclairage sont dues à la lumière reçue d'un même ciel dont la répartition des luminances est supposée ou connue, la lumière solaire directe en étant exclu : Sous les conditions du ciel couvert (ciel normalisé par la Commission Internationale de l'Éclairage), les valeurs du FLJ sont indépendantes de l'orientation des baies vitrées, de la saison, de l'heure et de jour. Elles donnent ainsi une mesure objective et facilement

$$[\text{FLJ} = E \text{ intérieur}/E \text{ extérieur}] (\%).$$



Sous les conditions du ciel couvert (ciel normalisé par la Commission Internationale de l'Éclairage), les valeurs du FLJ sont indépendantes de l'orientation des baies vitrées, de la saison, de l'heure et de jour. Elles donnent ainsi une mesure objective et facilement comparable de la qualité de l'éclairage à l'intérieur d'un bâtiment. Le tableau ci-dessous donne les différentes valeurs de FLJ :

Figure -31- : Le facteur de lumière du jour (FLJ).

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

Source : Dr. Magali Bodart.

Plus le facteur de lumière du jour est élevé, plus le temps d'utilisation des locaux avec la lumière naturelle est élevé, limitant ainsi la consommation d'éclairage artificiel.

I.3.9 La stratégie de la lumière naturelle :

I.3.9.1 La lumière naturelle et le bâtiment :

La lumière naturelle joue un rôle essentiel sur la qualité du rapport entre le bâtiment et son environnement. L'occupant est au centre de cette interaction. La stratégie de la lumière naturelle a pour but de répondre aux exigences de confort des occupants. L'utilisation intelligente de la lumière naturelle dans le bâtiment permet, en outre, de réduire la consommation électrique consacrée à l'éclairage. La lumière naturelle reçue à l'intérieur d'un bâtiment est la résultante de trois composantes : la lumière directe due au ciel et éventuellement au soleil, déterminée par la partie de ciel visible à travers les ouvertures, la composante lumineuse due aux réflexions de la lumière sur les surfaces extérieures et, enfin, celle due aux réflexions à l'intérieur du local. La stratégie de la lumière naturelle doit tenir compte de ces trois composantes.

**La lumière reçue dans un local = lumière directe + réflexions intérieures +
réflexions extérieures.**

I.3.9.2 La stratégie de la lumière naturelle :

La stratégie de l'éclairage naturel vise à mieux capter et faire pénétrer la lumière naturelle, puis à mieux la répartir et la focaliser. On veillera aussi à contrôler la lumière pour éviter l'inconfort visuel. L'utilisation intelligente de la lumière naturelle permet de réduire la consommation électrique consacrée à l'éclairage. Choisir des teintes claires pour la décoration des murs et plafonds, ... Créer des puits de lumière (coupoles, fenêtres de toit...) qui apportent un gain considérable de lumière naturelle, ... La stratégie de la lumière naturelle est aussi l'étude de la relation entre la lumière naturelle et le bâtiment selon cinq concepts destinés à favoriser la meilleure utilisation possible de la lumière naturelle. Les cinq concepts qui permettent une meilleure stratégie de la lumière dans le bâtiment :

- Capter.
 - Transmettre.
 - Distribuer.
 - Se protéger.
 - Contrôler.
- **Capter :**

Capter la lumière du jour consiste à la recueillir pour éclairer naturellement un bâtiment. La lumière naturelle n'est ni fixe ni toujours égale dans sa qualité et son intensité. Elle dépend d'abord de la localisation choisie, c'est-à-dire de la latitude et de

l'altitude du site considéré ainsi que de la pollution de l'air à cet endroit. Pour un bâtiment d'implantation déterminée, la quantité de lumière naturelle disponible est fonction :

- ✓ Du type de ciel.
- ✓ Du moment de l'année et l'heure.
- ✓ De l'orientation de l'ouverture.
- ✓ De l'inclinaison de l'ouverture.
- ✓ De l'environnement physique.

Figure -32- : Capter la lumière naturelle.



Source : <http://art-tech.over-blog.com>

➤ **Transmettre :**

Transmettre la lumière naturelle consiste à favoriser sa pénétration à l'intérieur d'un local. La pénétration de la lumière dans un espace est influencée par les caractéristiques des ouvertures telles que ses dimensions, sa forme, sa position et le matériau de transmission utilisé. Le matériau de transmission utilisé peut être transparent ou translucide. Le matériau de transmission utilisé peut être transparent ou translucide.

➤ **Distribuer :**

Distribuer la lumière naturelle consiste à diriger et à transporter les rayons lumineux de manière à créer une bonne répartition de la lumière naturelle dans le bâtiment.

La difficulté d'utilisation de la lumière naturelle par rapport à la lumière artificielle réside dans la grande inhomogénéité des éclairagements qu'elle induit en général. La répartition de la lumière représente un facteur clé pour assurer un éclairage de qualité.

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

- ✓ Le type de distribution lumineuse (direct, indirecte).
- ✓ La répartition des ouvertures.
- ✓ L'agencement des parois intérieures.

➤ **Se 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'éblouissement.

On appelle protection solaire tout corps empêchant le rayonnement solaire d'atteindre une surface qu'on souhaite ne pas voir ensoleillée. Le fonctionnement d'une protection solaire peut être basé sur plusieurs phénomènes physiques :

- ✓ L'absorption.
- ✓ La réflexion.
- ✓ La réfraction.
- ✓ La diffraction.

En général, les protections solaires sont classées de deux manières différentes : en fonction de leur position par rapport au vitrage (intérieure, en interface ou extérieure) et de leur mobilité (permanente, fixe ou mobile).

Cependant, les deux paramètres les plus importants pour déterminer l'efficacité des protections solaires sont leur transmission lumineuse et leur facteur solaire.

➤ **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 climatiques et des besoins des occupants.

La gestion de l'éclairage permet, d'une part, de répondre à la variation continue de la lumière naturelle et, d'autre part, d'adapter l'ambiance lumineuse d'un local pour correspondre au mieux aux besoins de ses utilisateurs. On peut diviser les solutions de contrôle de l'éclairage naturel en trois catégories :

- ✓ L'utilisation de systèmes d'éclairage naturel adaptables, tels que des éléments de contrôle amovibles.
- ✓ Le zonage de l'installation d'éclairage artificiel en fonction de la lumière naturelle disponible.
- ✓ La régulation du flux des lampes en fonction de la présence de lumière naturelle.

Contrôler l'éclairage naturel d'un bâtiment participe également à la création d'un environnement qui répond de manière optimale aux besoins de ses utilisateurs. Le confort visuel est non seulement lié à l'éclairage d'un local mais aussi à son utilisation. C'est pourquoi, l'ambiance lumineuse d'un local doit pouvoir être adaptée aux

différentes activités de ses occupants. Par exemple, un bureau est avant tout un lieu de lecture et de travail sur ordinateur mais il peut aussi servir de salle de réunions.

L'adaptabilité de l'éclairage naturel d'un bâtiment est une qualité essentielle qui offre l'opportunité d'optimiser le confort visuel et de diminuer les productions de chaud et de froid à l'intérieur de ses locaux.

I.3.10 Les type de l'éclairage naturelle :

I.3.10.1 L'éclairage latérale :

C'est le type d'éclairage le plus utilisé et le plus ancien et qui répond à trois besoins fondamentaux :

- ✓ La lumière.
- ✓ La vue.
- ✓ 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.

De nos jours, l'utilisation de l'éclairage bilatérale est favorisée pour des raisons de diminution des risques d'inconfort par maximisation de la quantité d'éclairage indirecte. Ceci permet d'avoir une protection solaire suffisante ce qui aboutit à un éblouissement moindre. En plus, de ça, la liaison entre les espaces internes et externes améliore le confort des personnes.

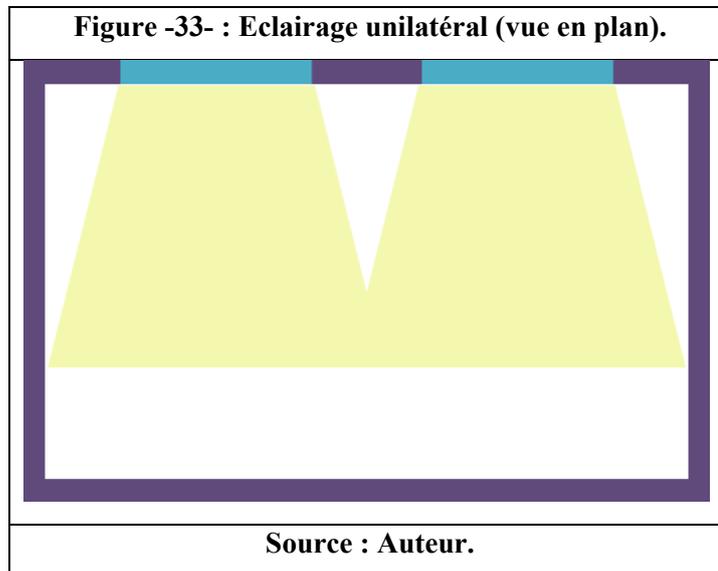
On note ici que la manière avec laquelle on veut que le flux lumineux soit réfléchi, dépend de l'activité qu'on va avoir au sein de l'espace et de sa géométrie. Un espace relativement étroit provoque des réflexions sur parois, par contre une pièce spacieuse telle que les grands plateaux, provoque une réflexion par le plafond et le sol.

➤ **Les types de l'éclairage latérale :**

✓ **L'éclairage unilatéral :**

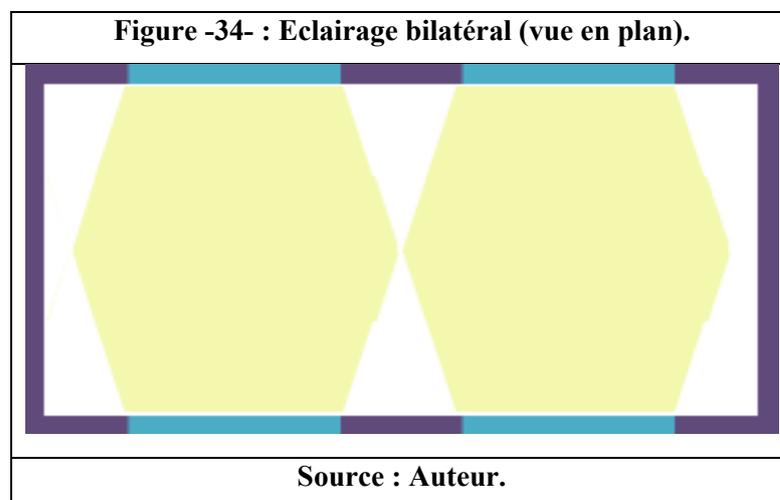
C'est le type où les ouvertures verticales se trouvent sur une seule façade. Cet emplacement est la cause des effets de reliefs et des contrastes et dans la plupart du temps et quand la pièce est très profonde par rapport à la hauteur de l'ouverture, on n'arrive pas à satisfaire les besoins et les exigences. Pour cela la profondeur de la pièce à éclairer unilatéralement doit être égale à deux fois sa hauteur. En plus, il faut augmenter la réflectivité des surfaces intérieures pour avoir une bonne quantité de lumière naturelle dans l'arrière de la pièce afin d'augmenter le niveau d'éclairage et adapter son uniformité.

Pour résoudre ce problème, on peut utiliser ce qu'on appelle le light-self qui sont des bandeaux lumineux qui dirigent la lumière naturelle vers le plafond et ce dernier la diffuse vers la zone la plus éloignée du local.



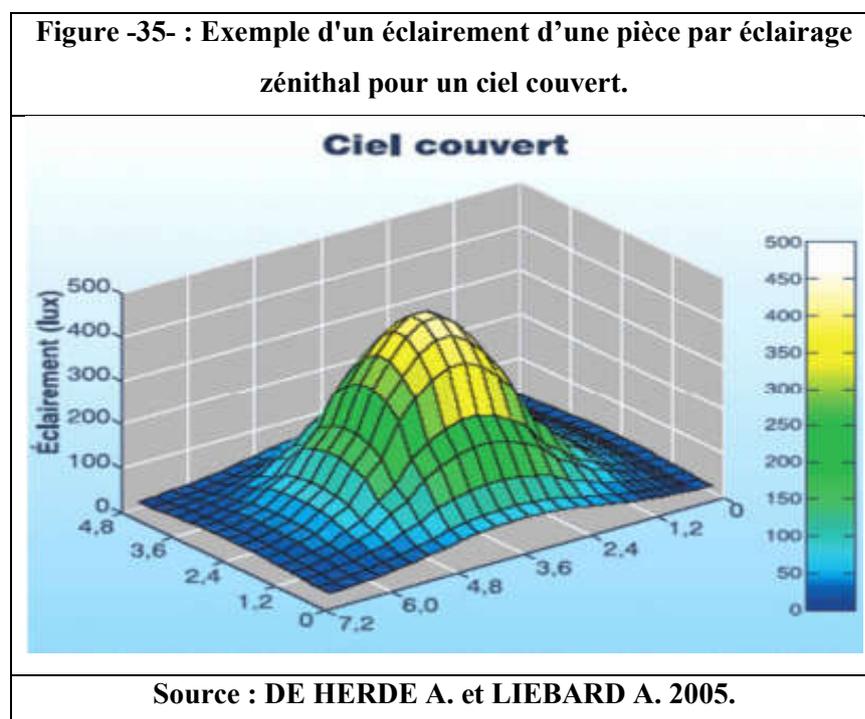
✓ **L'éclairage bilatéral :**

Pour l'éclairage bilatéral, les ouvertures se situent dans deux parois qu'elles soient parallèles ou perpendiculaires mais qui se trouvent dans la même pièce. Ce type d'éclairage est plus connu dans les établissements scolaires spécialement dans les salles de classe où il est nécessaire de fournir au niveau du plan de travail un bon niveau d'éclairage avec une bonne uniformité et moins de contraste et donc moins d'éblouissement. Selon **A. VANDENPLAS**, « *la profondeur des pièces éclairées par un dispositif bilatéral peut atteindre facilement quatre fois la distance entre le plafond et le plan utile. Ceci permet d'éclairer efficacement un local de dimensions plus importantes que celles permises par un éclairage unilatéral* ».



I.3.10.2 L'éclairage zénithal :

Ce type d'éclairage s'avère le plus efficace pour des espaces à faible et moyenne hauteur (deux ou trois niveaux) étant donné qu'il est facile d'avoir un éclairage pas très homogène mais plus confortable c'est-à-dire suffisamment intense et uniforme. Cela est dû au fait que l'éclairage horizontal peut être obtenu à travers un indice de vitrage considéré comme très faible. Ce type d'éclairage est marqué par un autre point positif étant donné, qu'il donne une certaine liberté au concepteur lors de la mise en place des sources lumineuses là où il est besoin. Contrairement à l'éclairage latéral, il n'est pas obligatoire de sur-éclairer les zones adjacentes des ouvertures pour avoir un niveau d'éclairage suffisant plus loin.



L'inconvénient de ce type d'éclairage réside dans la limitation considérable du contact avec l'extérieur et plus précisément la vue qui est considéré comme un besoin psycho biologique d'orientation dans le temps et dans l'espace.

➤ **Spécificité de l'éclairage zénithal :**

CIRIANI, 1998 considère que **(I)** « l'éclairage zénithal est la lumière sans vue ». On perçoit la lumière mais pas la transparence sur la source de lumière. **(II)** si on veut faire sentir cette lumière, « il faut lui donner une surface sur laquelle elle puisse se réfléchir ». **(III)** « si on veut augmenter l'impression de lumière, il faut la filtrer avec un verre translucide » Le travail de **Van Eyck** pour l'orphelinat d'Amsterdam, lui a permis de dire que « lorsqu'on travaille avec une lumière venant du ciel, on a envie qu'elle soit parfaite, supérieure à sa qualité réelle. Si on oriente les sheds au Nord, ce n'est pas

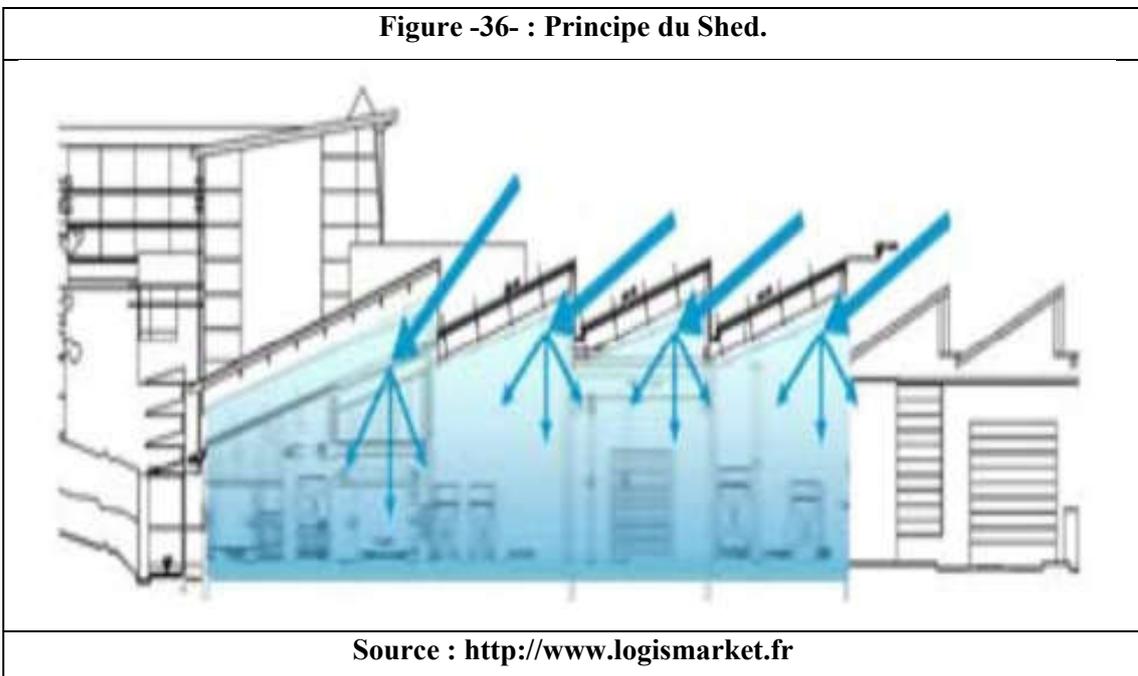
simplement pour éviter les rayons de soleil, c'est aussi parce que le Nord est dépourvu d'ombres susceptibles de diminuer la quantité de lumière ».

➤ **Les types de l'éclairage zénithale :**

✓ **Les toitures en dents de scie ou sheds :**

Les sheds qui ont fait leur apparition au tournant du siècle précédent en Europe dans les bâtiments industriels puis en Amérique en **1930**, sont aujourd'hui largement utilisés dans les constructions scolaires. Les sheds sont composés d'une surface translucide qui collecte la lumière naturelle pour la transmettre à l'intérieur du local, et d'une surface opaque inclinée appelée « rampant » qui distribue la lumière du jour à l'intérieur de la pièce.

Figure -36- : Principe du Shed.



Source : <http://www.logismarket.fr>

Ce système constitue la meilleure solution pour l'éclairage naturel en procurant de la lumière indirectement car il permet de concilier un éclairage suffisant, homogène et une limitation des apports solaires en jouant sur l'orientation et l'inclinaison du vitrage [TERRIER et VANDEVYVER, 1999]. Cette disposition permet de couvrir des grandes espaces en gardant les bénéfices de l'éclairage latéral.

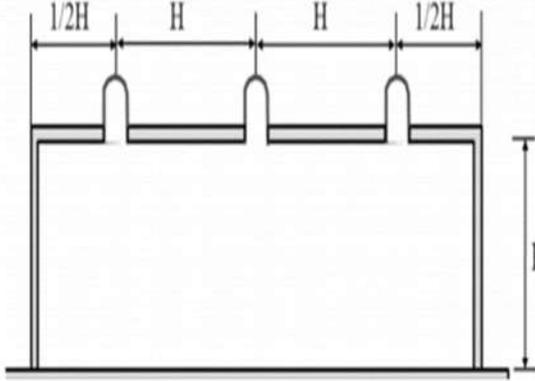
Des simulations ont été effectuées par [TERRIER et VANDEVYVER, 1999] qui ont montré qu'une inclinaison de 60° pour une latitude de 53° permet d'éviter le rayonnement solaire direct sur le plan de travail même pour l'été, alors qu'une inclinaison de 45° est moins favorable pour l'été. La peinture des rampants en couleurs claires peut diminuer l'effet des ombres portées sur le plan de travail.

✓ **Les tabatières (skylights) :**

C'est le système le plus performant car il donne un éclairage suffisant et plus uniforme. Cette surface horizontale et donc sera plus exposée au ciel à partir de l'intérieur sans obstructions ce qui donne une forte luminance des baies. Donc les valeurs du facteur de lumière du jour (FLJ) seront élevées surtout sur la zone qui se situe directement sous la baie et qui diminue chaque fois que l'on s'éloigne de cette zone.

En revanche mais du point de vue thermique, ce type d'éclairage est le plus déconseillé surtout pendant l'été, car dans cette période, une paroi horizontale reçoit une quantité d'énergie double qu'une paroi verticale orientée vers le Sud. On cite même qu'il présente une difficulté de nettoyage, d'entretien, d'étanchéité qui pourrait réduire son efficacité, sans oublier bien-sûr le problème d'éblouissement.

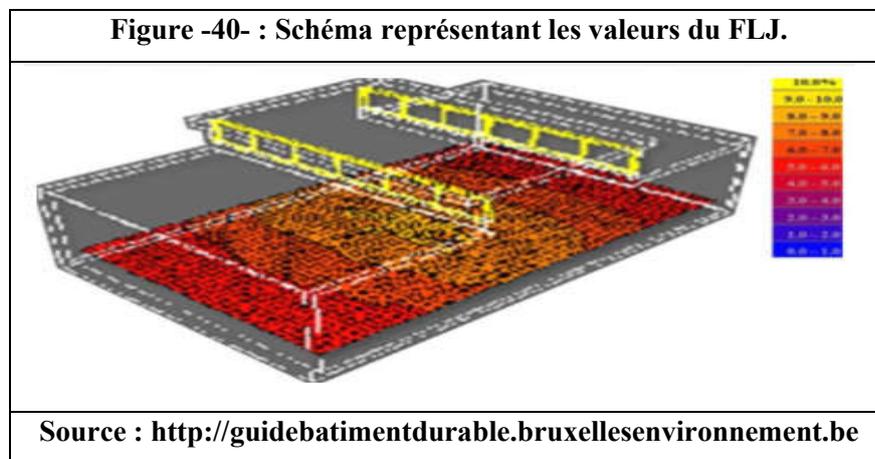
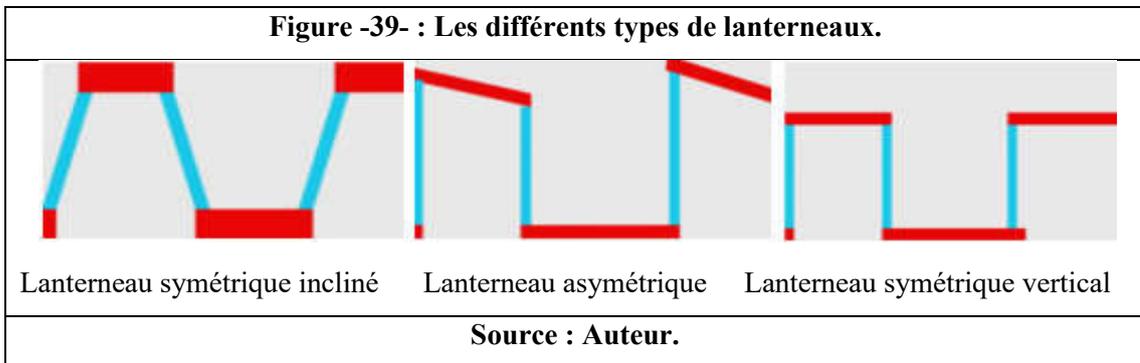
L'inclinaison des vitrages vers le Nord ou vers le Sud et/ou l'emploi de vitrage diffusant, sont parmi les solutions proposé par les concepteurs afin de résoudre le problème d'éblouissement, ainsi que le problème de surchauffe, mais cela fait perdre le bienfait psychologiques (contacte interne-externe).

<p>Figure -37- : Exemple d'éclairage zénithal de type tabatière.</p>	<p>Figure -38- : Critère pour les tabatières.</p>
	
<p>Source : www.lebloglaurielumiere.com</p>	<p>Source : I.PASINI et al. 2002.</p>

✓ **Les lanterneaux :**

Les lanterneaux constituent le type d'éclairage zénithal où l'on trouve une partie de la toiture qui est surélevé sur un matériau translucide. **Figure (39)**. Cette disposition supprime l'effet directionnel des rayons solaires qu'on trouve dans les sheds grâce à la pénétration de la lumière dans deux sens juxtaposés. Ceci rend les valeurs de FLJ symétriques par rapport à l'axe entre les deux baies. **Figure (40)**.

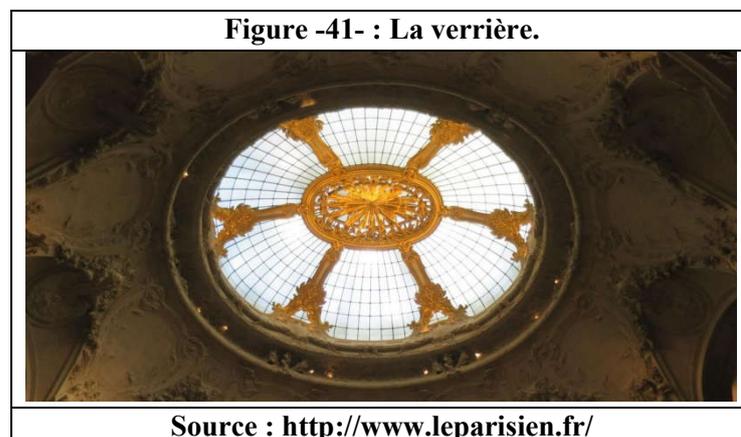
Afin d'éviter le problème d'éblouissement des occupants, il est recommandé autant que possible de ne pas ensoleiller les vitres ou les surfaces translucides en évitant de les orienter vers le Sud.



✓ **Les verrières et les dômes :**

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

L'inconvénient le plus important dans les verrières et les dômes est l'abaissement, 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'éblouissement [TERRIER et VANDEVYVER,1999].



✓ **Puits de lumières :**

Le patio, la cour, l'atrium sont quelques types de lumière du jour qui sont considérées comme la meilleure solution d'éclairage et de ventilation des espaces. Ces espaces généralement n'ont pas une liaison directe avec l'extérieur ou qui sont profonds ce qui nécessite une optimisation ou une amélioration du niveau d'éclairage ce qui permet d'apporter une meilleure distribution homogène de la lumière naturelle. La forme, le rapport l/h, la couleur des surfaces et l'indice d'ouverture sont tous des paramètres définissent l'efficacité du puits. [Alain LIEBARD et André De HERDE, décembre 2005]

Pour leurs dimensionnements, les spécialistes recommandent que la hauteur du puits de lumière ne soit pas supérieure à la double largeur du puits et le ratio optimal est égal à 1.

L'inconvénient de ce type d'éclairage est que la quantité de lumière naturelle diminue chaque fois que l'on s'éloigne de l'ouverture.

I.3.10.3 L'éclairage composé :

D'après son nom, l'éclairage composé est une résultante dans un même local de sources lumineuses latérales et zénithales au même temps. L'avantage de ce type d'éclairage, est la possibilité de la combinaison entre les avantages de l'éclairage zénithal et de l'éclairage latéral. 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.

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. Cela ne veut pas dire que l'éclairage composé est 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 sera impératif de choisir entre les deux systèmes d'éclairage latéral ou zénithal.

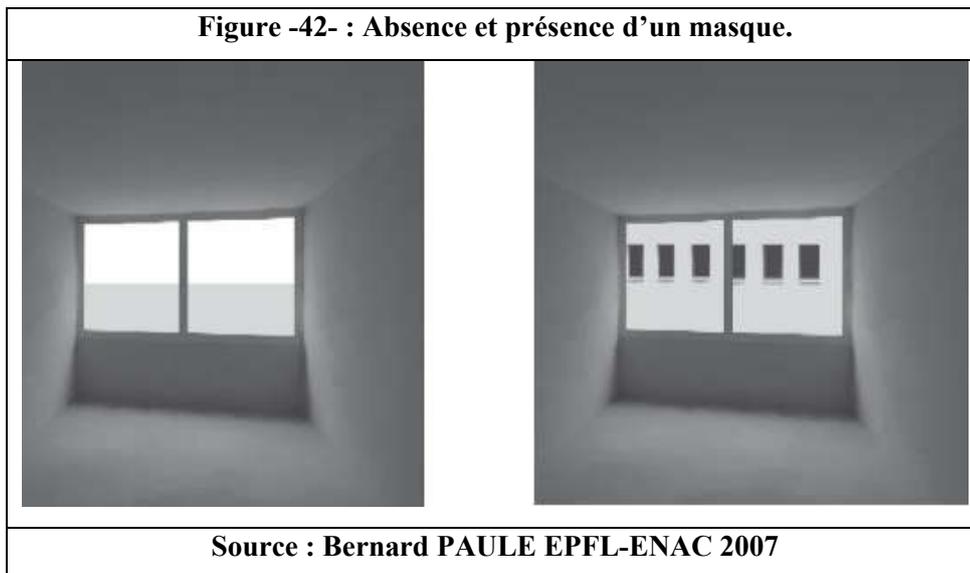
I.3.11 Dispositifs de l'éclairage naturel :

"L'expérience plastique que devait représenter l'accès au Panthéon mérite qu'on s'y arrête. (...) L'entrée plongeait le visiteur - comme elle le fait encore de nos jours - dans une sorte de stupeur extatique : l'explosion spatiale, dans le clair-obscur mystique, la stabilité paisible de l'immense coupole suspendue sans effort et tournant lentement autour de l'observateur et enfin l'extraordinaire lumière zénithale baignant l'édifice, comme aspiré vers l'ouverture béante de l'oculus central, ... ». [Henri Stierlin, 1984]

I.3.11.1 Environnement extérieur :

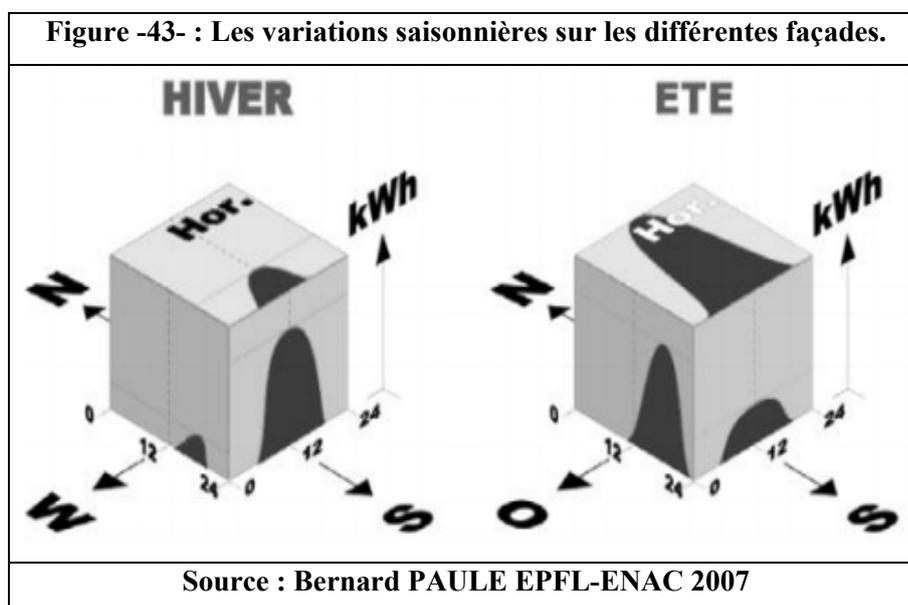
➤ Masques :

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



➤ **Orientation :**

En cumul annuel, la partie Nord de la voûte céleste est la moins lumineuse. En conséquence, les locaux dont les ouvertures donnent sur cette orientation seront nettement défavorisés.



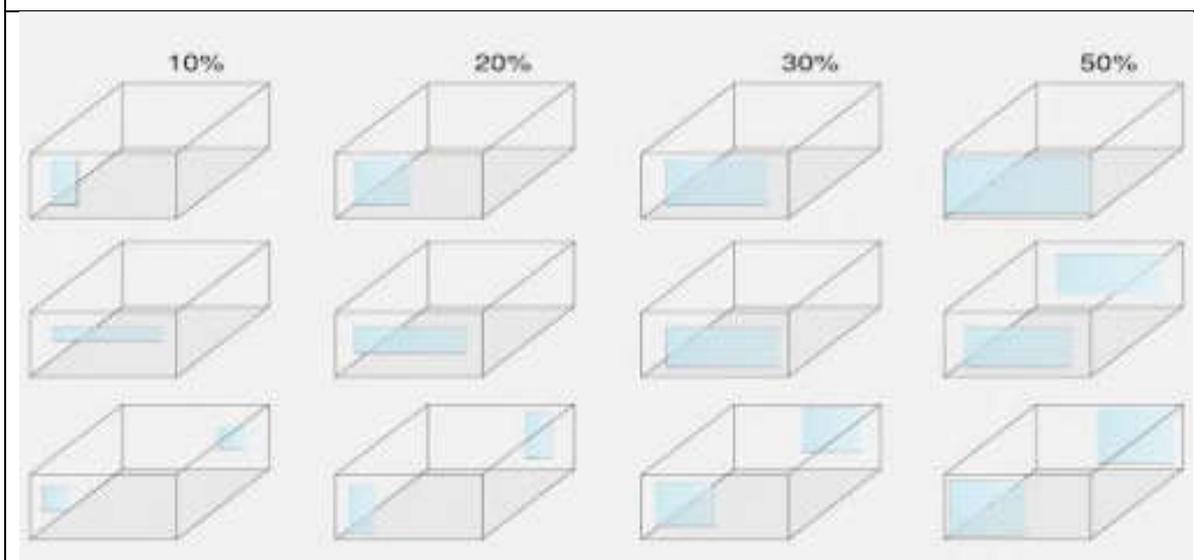
Les variations saisonnières sont très marquées sur les différentes façades. Il faut noter que seule la façade sud reçoit, relativement, moins d'énergie en été qu'en hiver.

I.3.11.2 Ouvertures en Façade :

➤ **Indice d'ouverture :**

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

Figure -44- : Indice d'ouverture pour l'éclairage naturel, augment de gauche à droite.



Source : Claude-Alain Roulet, Eco-confort

L'éclairage naturel dépend directement de la part du ciel vue au travers de l'ouverture. L'indice d'ouverture est le rapport de la surface vitrée d'un local à sa surface de plancher. Il permet d'estimer en première approximation le potentiel de l'éclairage naturel. Ce n'est toutefois pas le seul paramètre en jeu car l'orientation, la position ; la forme, et la transparence des ouvertures jouent bien évidemment un rôle non négligeable.

[Claude-Alain Roulet, 2012]

- Un indice de 10% n'est pas suffisant pour procurer un éclairage satisfaisant à l'ensemble du local.
- Un indice de 20% est généralement suffisant pour offrir une couverture satisfaisante des besoins en lumière naturelle (quantitatif + vues), à condition que l'environnement extérieur et l'orientation ne soient pas trop défavorables.
- Un indice supérieur à 30% se traduit par des risques de surchauffe accru en été (pour les façades exposées). En site urbain (masques importants) ou lorsque l'orientation est défavorable, cette valeur est souvent indispensable.
- Un indice de l'ordre de 50% se traduit par des échanges thermiques très importants (hiver et été). La mise en œuvre de triples vitrages est nécessaire pour satisfaire le label Minergie.
- Un indice de 100% correspond à des espaces extrêmement exposés du point de vue éclairage et thermique.

Figure -45- : Indices d'ouverture et de profondeur en fonction du type de local.

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

Source : Qualité environnementale des bâtiments – ADEME 2003

➤ **Menuiseries :**

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

Figure -46- : Influence des menuiseries sur la surface d'ouverture réelle.



Source : Bernard Paule.

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

Figure -47- : Indice d'ouverture = 24.1%.



Source : Bernard Paule

Figure -48- : Indice d'ouverture = 16.5%.

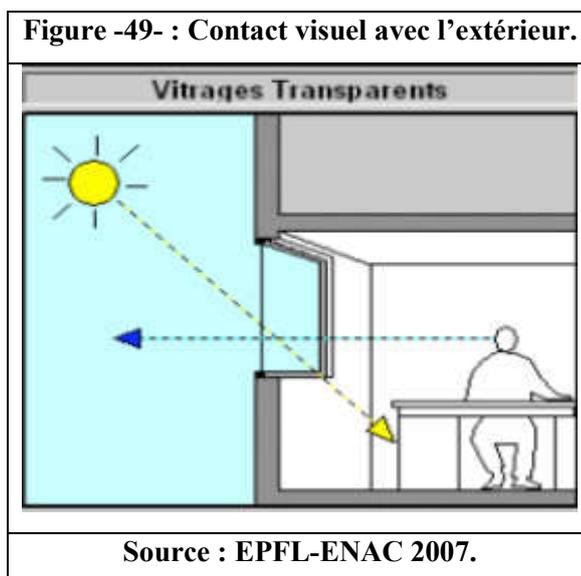


Source : Bernard Paule

➤ **Vitrages clairs :**

Appelé aussi clair de jour, c'est la proportion entre la surface vitrée et la surface totale de vos fenêtres, portes fenêtres ou baies vitrées. Plus le clair de vitrage est important, plus les profils de vos menuiseries seront fins et laisseront entrer la lumière.

L'emploi de vitrages clairs permet de maximiser les apports de lumière naturelle en toutes circonstances. [Bernard Paule, 2007]



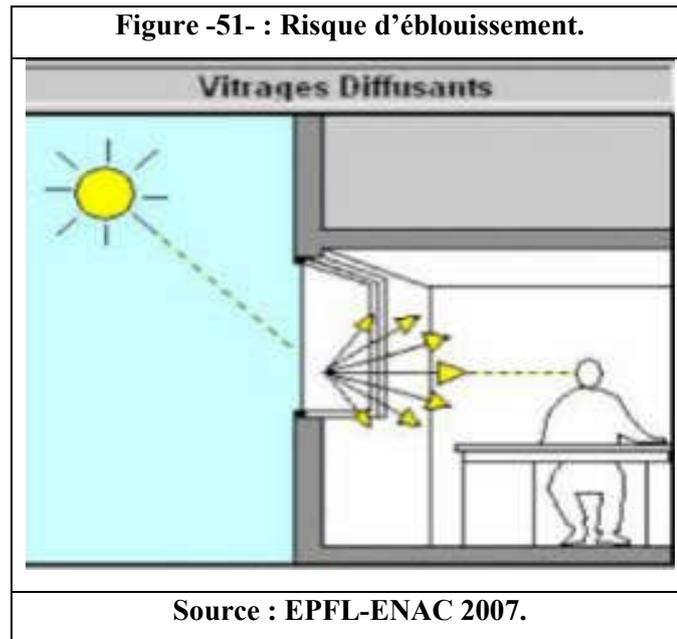
➤ **Vitrages teintés ou réfléchissants :**

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



➤ **Vitrages diffusants :**

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



➤ **Position latérale ouverture :**

Le fait de positionner une ouverture au centre d'une paroi a tendance à renforcer les contrastes de luminance (le mur de la façade, vu à contre-jour, paraît sombre).

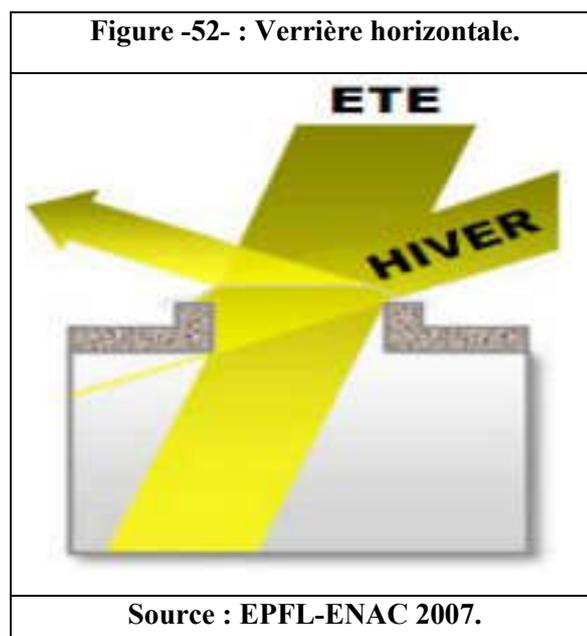
➤ **Ouvertures bilatérales adjacentes :**

La présence d'ouvertures sur deux faces contiguës d'un même local entraîne des risques d'éblouissement élevée (en direct ou par réflexion).

I.3.11.3 Ouvertures en Toiture :

➤ **Verrières horizontales :**

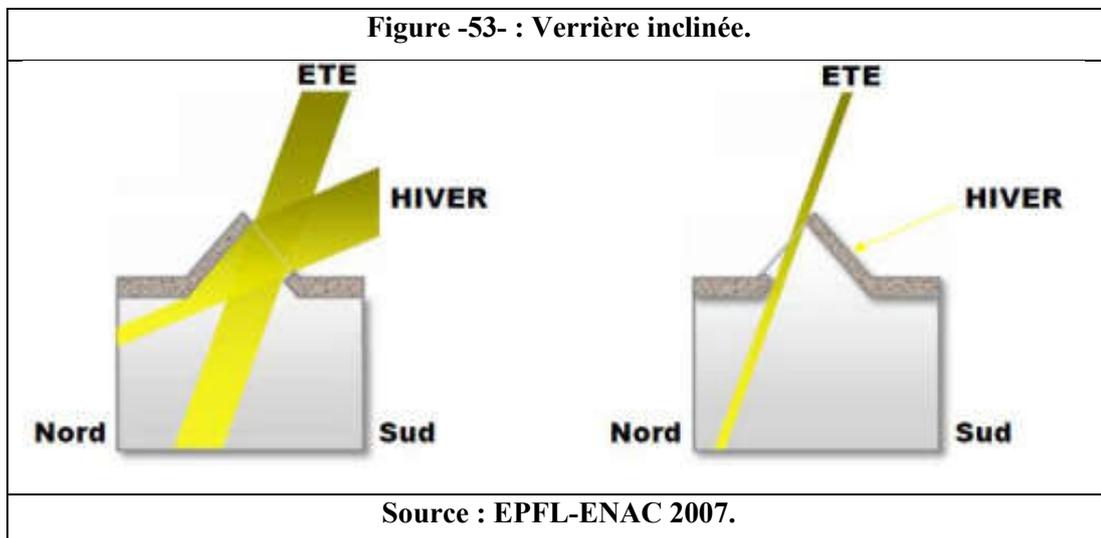
Du point de vue saisonnier, les ouvertures horizontales se comportent exactement à l'inverse de ce qui est souhaitable.



L'été le soleil est haut dans le ciel, contrairement à l'hiver où son altitude est plus basse. Donc il y a beaucoup de gains en été et un peu en hiver.

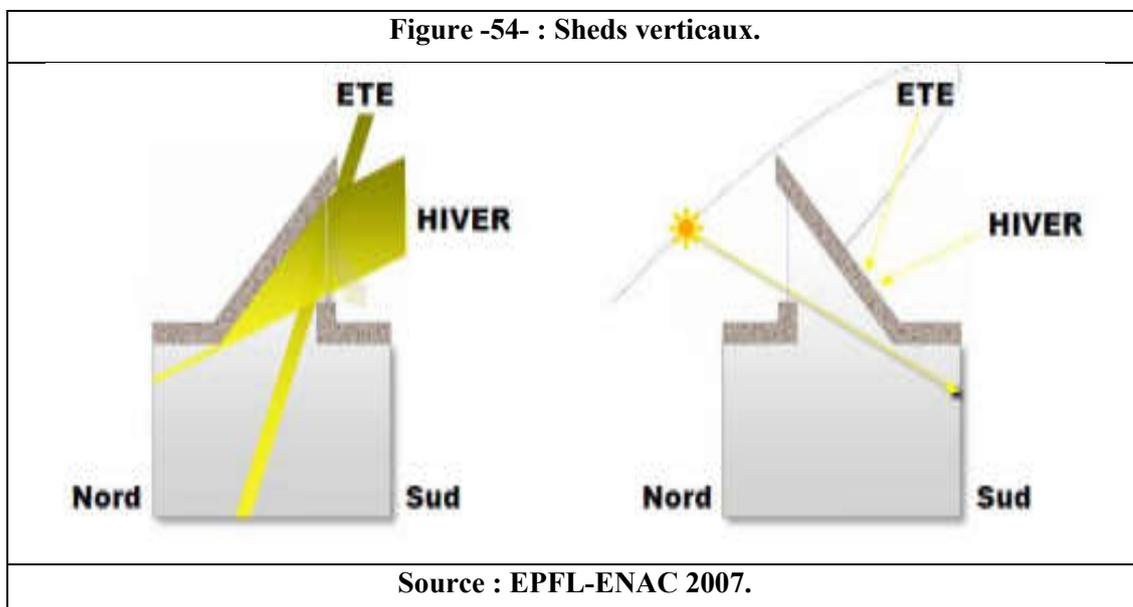
➤ **Verrières inclinées :**

L'inclinaison des ouvertures permet de rééquilibrer les apports solaires entre hiver et été. L'orientation permet de choisir le « risque » de surchauffe estivale.



➤ **Sheds verticaux :**

Orientés au Sud, les sheds verticaux permettent de favoriser les apports en hiver au détriment de l'été. Orientés au Nord, les apports sont extrêmement réduits.



I.4 Le confort visuel :

I.4.1 Le confort :

I.4.1.1 Définition :

Le confort est une notion étroitement liée à la sensation de bien-être et qui ne possède pas de définition absolue.

Le confort est une notion globale : chaleur et froid, lumière, bruit, paysage, eau, verdure, prestige.... Etc autre, sont autant d'éléments de finissant plusieurs paramètres climatiques, esthétiques, psychologiques du confort. Le confort est également la sensation subjective. Cette appréciation est différente selon la société et pour une même société suivant les individus. [MATHUYT. Promotion 2003/2004]

✚ Etymologiquement :

- A l'époque médiévale, le terme latin « **confortare** » signifiait le renforcement et la fortification.
- Au XVIII^e siècle, le terme confort signifiait aux anglais un bien-être matériel.
- Le terme ne fut introduit en France qu'au XIX^e et était très lié aux classes sociales de l'époque (noblesse, bourgeoisie, ouvrière). [Mme Belakehal]
- Le terme confort, tiré du mot anglais « **confort** », est défini comme « un sentiment de bien-être et de satisfaction » ou comme un ensemble des éléments qui contribuent à la commodité matérielle et au bien-être ». [Microsoft Encarta 2007]

Tout ce qui constitue le bien-être, tout ce qui y contribue. Etat de bien-être général et stable.

Les conditions propres à l'individu (métabolisme, activité, habillement et santé) jouent un rôle dans la perception du confort.

Les paramètres qui concernent l'architecte ou le maître d'œuvre portent sur les conditions thermiques, la qualité de l'air, la qualité acoustique, visuelle, lumineuse, le degré d'occupation des locaux et l'ambiance.

La sensation de confort est une synthèse individuelle des éléments. [PENICAUD, 1978 In LEHTIHET MOHAMED CHERIF]

I.4.2 Le confort visuel :

I.4.2.1 Définition :

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

quand nous pouvons voir les objets nettement et sans fatigue, dans une ambiance colorée agréable.

Comme le décrit aussi 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 ». [MUDRI, 2002]

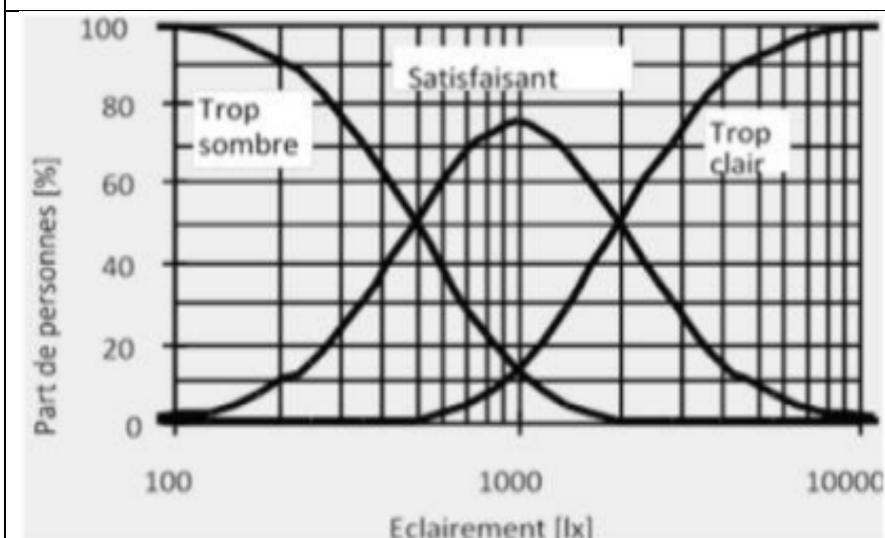
Selon l'association Haute Qualité Environnementale [HETZEL. J,2003] (HQE), le « confort visuel » est défini comme la dixième cible du projet de bâtiment. Ses exigences primaires en matière d'éclairage sont les suivantes :

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

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

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

Figure -55- : Variation du pourcentage des personnes satisfaites en fonction de l'éclairage.



Source : guidebatimentdurable.bruxellesenvironnement.be

Trois conditions doivent être simultanément observées afin d'assurer le confort visuel :

- Un niveau d'éclairage adéquat.
- Des contrastes modérés.
- Un bon rendu des couleurs.

I.4.2.2 Les critères :

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

- ✓ Le site, avec toutes ses contraintes dont **l'ensoleillement, les masques, les reliefs, la nature des surfaces et l'éclairage artificiel extérieur.**
- ✓ Les ouvertures : **nombre, taille et orientation.**
- ✓ La quantité de lumière naturelle.
- ✓ La qualité de l'éclairage naturel qui est mesurée par le facteur de lumière du jour (FLJ).
- ✓ La qualité de l'éclairage électrique en termes de confort et de dépenses énergétiques est caractérisée par l'indice de rendu des couleurs et la température des couleurs.
- ✓ La relation visuelle avec l'extérieur.

I.4.2.3 Les paramètres :

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. Le confort visuel dépend d'une combinaison de paramètres physiques :

- **L'éclairage.**

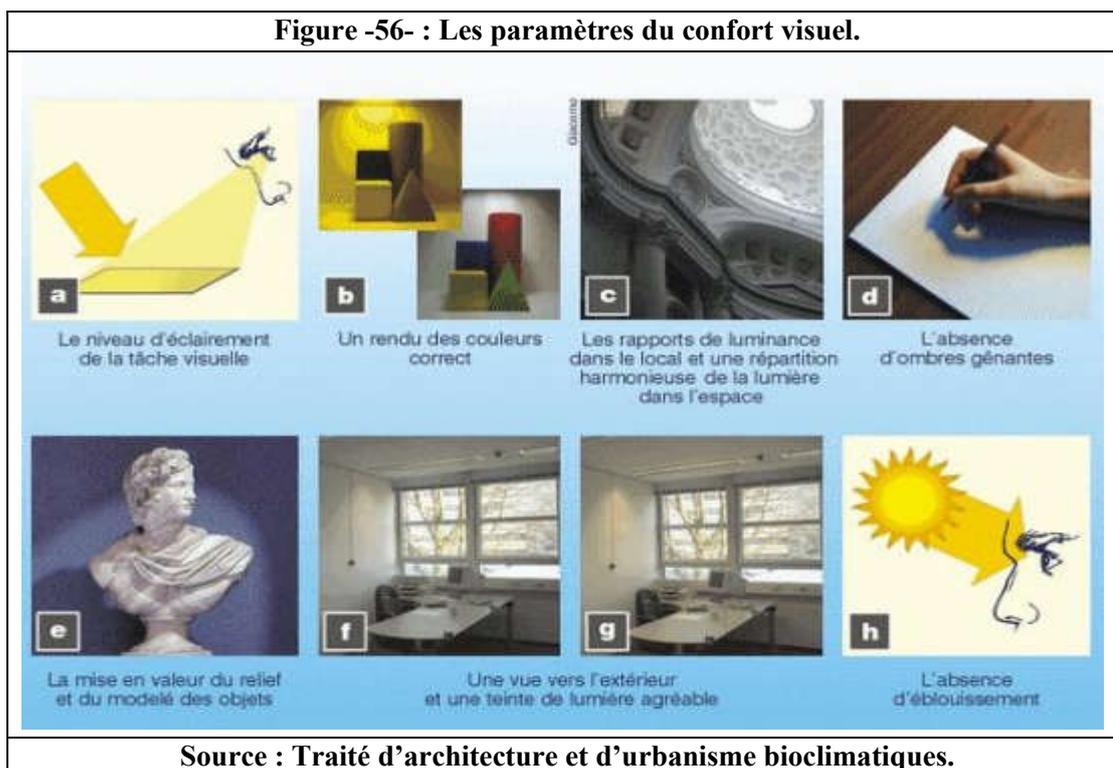
- **Luminance.**
- **Contraste.**
- **L'éblouissement.**
- **Spectre lumineux.**

Auxquels s'ajoutent des caractéristiques propres à l'environnement et à la tâche visuelle à accomplir, comme la taille des éléments à observer et le temps disponible pour la vision. Le confort visuel relève, en outre, de facteurs physiologiques et psychologiques liés à l'individu tels que son âge, son acuité visuelle ou la possibilité de regarder à l'extérieur.

Les paramètres du confort visuel pour lesquels l'architecte joue un rôle prépondérant sont :

- Le niveau d'éclairage de la tâche visuelle.
- Un rendu des couleurs correct.
- 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 modelé des objets.
- Une vue vers l'extérieur.
- Une teinte de lumière agréable.
- L'absence d'éblouissement.

Figure -56- : Les paramètres du confort visuel.



Source : Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques.

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 influencé par des aspects personnels, culturels et historiques.

I.4.3 L'éblouissement :

I.4.3.1 Définition :

L'éblouissement résulte de conditions de vision dans lesquelles l'individu est moins apte à percevoir les objets, suite à des luminances ou à des contrastes de luminance excessifs dans l'espace et dans le temps. [**Éclairage naturel/guide confort**]

L'éblouissement est dû à une luminosité trop intense de surfaces placées dans la direction de la vision ou à un contraste lumineux trop important entre surfaces contiguës. Il place l'individu dans des situations de grand inconfort visuel. [**Éclairage naturel/guide confort**]

L'éblouissement et un excès de luminance dans le champ visuel tel que le passage brusque de l'obscurité à la lumière, l'apparition de projecteurs ou phares, de points lumineux apparaissant dans l'espace visuel, provoquent l'éblouissement. Ce phénomène se caractérise par une sensation de gêne oculaire et des difficultés à distinguer l'objet examiné. [**R. Floru,1996**]

I.4.3.2 Les sources d'éblouissement :

En éclairage naturel : l'éblouissement peut être provoqué par la vue directe du soleil, par une luminance excessive du ciel vu par les fenêtres ou par des parois réfléchissant trop fortement le rayonnement solaire et provoquant des contrastes trop élevés par rapport aux surfaces voisines.

En éclairage artificiel : l'éblouissement peut être provoqué par la vue directe d'une lampe ou par sa réflexion sur les parois polies des luminaires, sur les surfaces du local ou sur les objets.

I.4.3.3 Les types d'éblouissement :

Du point de vue de la source d'éblouissement, ce dernier peut être :

➤ **Un éblouissement direct :**

L'éblouissement direct est causé par la présence d'une source lumineuse intense dans le champ de vision. Comme la partie fovéale de l'œil est très sensible à de hauts niveaux de luminance, il existe une différence considérable entre les luminances maximales acceptées par l'œil au centre du champ de vision et en périphérie. Les valeurs

de luminance maximales admissibles dépendent donc de l'angle de vision. En effet, lorsque l'angle formé par l'horizontale et la droite qui relie l'œil à la source lumineuse augmente, la sensation d'éblouissement diminue.

➤ **Un éblouissement indirect :**

L'éblouissement indirect provient d'une réflexion perturbatrice des sources lumineuses sur des surfaces spéculaires ou brillantes telles que le papier, une table ou un écran d'ordinateur.

L'éblouissement indirect se présente sous deux formes: l'éblouissement par réflexion et l'éblouissement par effet de voile.

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

Du point de vue de ses effets sur la vision, L'éblouissement peut être :

➤ **Un éblouissement d'inconfort :**

Les sources de lumière présentes dans le champ visuel peuvent être, en plus de l'éblouissement perturbateur, à l'origine d'une gêne très vivement ressentie. Cette gêne échappe à toute mesure physique et son étude demande des méthodes empruntées à la psychologie expérimentale. Les éclairagistes disposent de relations empiriques et d'abaques pour évaluer le risque d'éblouissement dans une situation déterminée. Comme l'éblouissement perturbateur, l'éblouissement d'inconfort augmente lorsque l'angle θ diminue. La hauteur d'accrochage, les dimensions et la courbe des intensités des luminaires interviennent. On notera qu'on raisonne généralement par rapport à un observateur qui regarde droit devant lui et, dans ce cas, l'angle θ est l'angle entre la direction de la source et l'horizontale.

➤ **Un éblouissement perturbateur :**

Lorsqu'il y a des sources de lumière dans le champ visuel, il se produit une perte de contraste par l'effet de ce qu'on appelle la luminance de voile « L_v ». Celle-ci est due à la lumière diffusée dans les milieux internes de l'œil. Cette lumière agit comme une luminance qui se superpose aux luminances « L_0 » et « L_f » qui crée le contraste. Le contraste défini ci-avant devient : Il diminue donc. La luminance de voile diminue très

vite lorsque l'angle θ de la figure 31 augmente. On parle d'éblouissement perturbateur. La perte de visibilité qu'il provoque peut rester plus ou moins inaperçue.

I.4.3.4 Le contrôle d'éblouissement :

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

- ✚ Concevoir une grande fenêtre moins éblouissante que plusieurs petites ou bien distribuer les ouvertures sur plusieurs murs. Ceci aura pour effet d'augmenter la luminance d'adaptation de l'environnement général ainsi que la luminance du mur de fenestration qui réduit l'inconfort en diminuant le contraste avec le ciel.
- ✚ Diminuer le contraste mur-huisserie grâce à un cadre de couleur claire et mate.
- ✚ Occulter le ciel et le soleil par une protection solaire fixe ou mobile, selon l'orientation.
- ✚ Diminuer le contraste mur-fenêtre : soit en éclairant (naturellement ou artificiellement) le mur de fenestration, soit en augmentant la composante réfléchie interne de l'éclairage naturel : c'est-à-dire opter pour des réflectances élevées des surfaces internes en utilisant des couleurs claires et mates. Ou bien en augmentant la composante réfléchie externe par l'utilisation de support extérieur bas, de linteau et des montants d'ouverture de couleurs claires.
- ✚ Les supports intérieurs réfléchissants sont à proscrire car ils augmentent les risques d'éblouissement par réflexion.
- ✚ Voiler en partie le ciel : soit en assombrissant la fenêtre par un élément déflecteur, ou bien en disposant à l'extérieur des éléments moins lumineux que le ciel (atrium, cour intérieure).
- ✚ Diminuer la luminance du ciel en utilisant des verres de basse transmission.

I.5 Les ambiances lumineuses :

I.5.1 Définition :

La lumière est un élément essentiel dans notre vie ; elle nous permet de percevoir et de sentir le monde qui nous entoure. Elle est caractérisée par trois facteurs : l'éclairage, la luminance et le contraste. Quand ils se regroupent dans un espace architectural avec la présence d'une activité, ils donnent une ambiance à cet espace.

L'ambiance est un phénomène subjectif car nous ne pouvons pas le calculer et il dépend de la sensation de chaque individu. Il n'existe pas une définition universelle pour l'ambiance lumineuse.

En architecture par exemple, pour la définir, nous devons combiner plusieurs dimensions pour qu'elle couvre le champ sémantique du concept.

∞ **Pour Augoyard [Amphoux et al. 2004]** : « Un ensemble de phénomènes localisés peut exister comme ambiance lorsqu'il répond à quatre conditions : Les signaux physiques de la situation sont repérables et décomposables ; ces signaux interagissent avec la perception, les émotions et l'action des sujets et les représentations sociales et culturelles ; ces phénomènes composent une organisation spatiale construite et enfin le complexe signaux- percepts - représentations est exprimable ».

∞ **Chez Narboni [Narboni, 2006]**, pour qui une ambiance lumineuse est définie comme étant « le résultat d'une interaction entre une ou des lumières, un individu, un espace et un usage ».

Une ambiance lumineuse est un phénomène qui relève de points de vue multiples. Elle renvoie à des phénomènes physiques (la propagation d'une onde, la réflexion et l'absorption de la lumière par une matière...etc), à des phénomènes socio-humains (citons la capacité oculaire, le besoin de lumière lié aux usages...etc), ou encore à des phénomènes sensibles et esthétiques comme les sensations liées à la lumière, les émotions ressenties ...etc.

L'ambiance lumineuse est le résultat d'une interaction entre un individu, un usage, une lumière naturelle et un espace. Lorsque ses éléments sont réunis, on parle d'une ambiance lumineuse représentée. Cette ambiance est le résultat de trois interactions : la première se fait entre la lumière naturelle et un usage quelconque et concerne la qualité et la quantité de la lumière. La deuxième concerne les effets de la lumière qui résulte d'une interaction entre la lumière naturelle et un espace. La troisième concerne les dispositifs lumineux : les configurations formelles et spatiales qui sont une interaction entre un espace et un usage.

I.5.2 Langage de qualification d'une ambiance lumineuse :

L'ambiance lumineuse dans l'espace architectural fait l'objet de plusieurs recherches qui expriment ses résultats sous trois catégories, comme suit :

➤ **1^{ère} catégorie : Chiffrée :**

Se rapporte aux valeurs sous forme d'indices calculés à base d'instruments de mesures et méthodes de calculs. Tels que, le facteur de lumière du jour contraste entre luminance, indice d'éblouissement. [BELAKEHAL Azeddine, BENSALÉM Farid et TABET AOUL Kheira,2007]

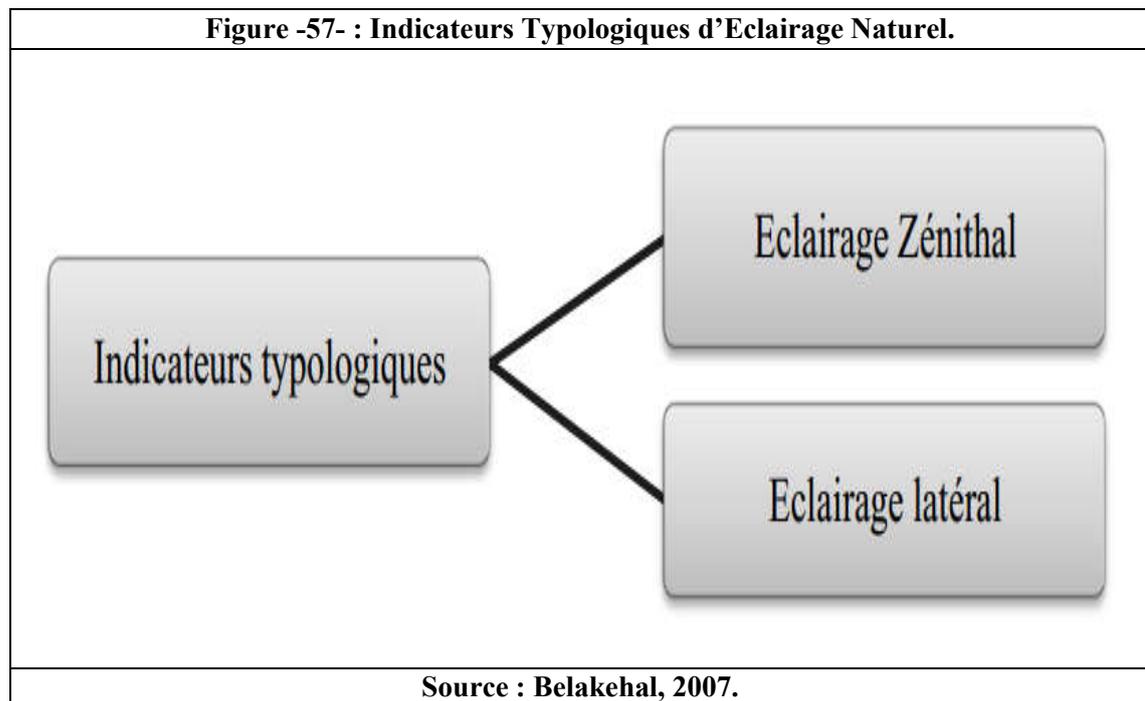
➤ **2^{ème} catégorie : Conformationnelle :**

D'après **Belakehal**, cette catégorie regroupe les schémas et les modèles de distribution des rayons lumineux à l'intérieur de l'espace architectural, plus certains indices en relation avec des éléments de la conformation architecturale influençant l'ambiance lumineuse. Par exemple le rapport de la surface vitrée/surface du sol.

A propos des modèles de propagation, ils se rapportent soit au type du dispositif d'éclairage (**Latéral, Zénithal**), soit aux dispositions morphologiques ; position des fenêtres dans les murs, ou l'une par rapport à l'autre, ...etc. comme ils se rapportent à la topologie, telles que ; proximité, éloignement, ...etc. Les schémas suivants englobent l'ensemble des indicateurs de chaque modèle :

➤ **Indicateurs typologiques :**

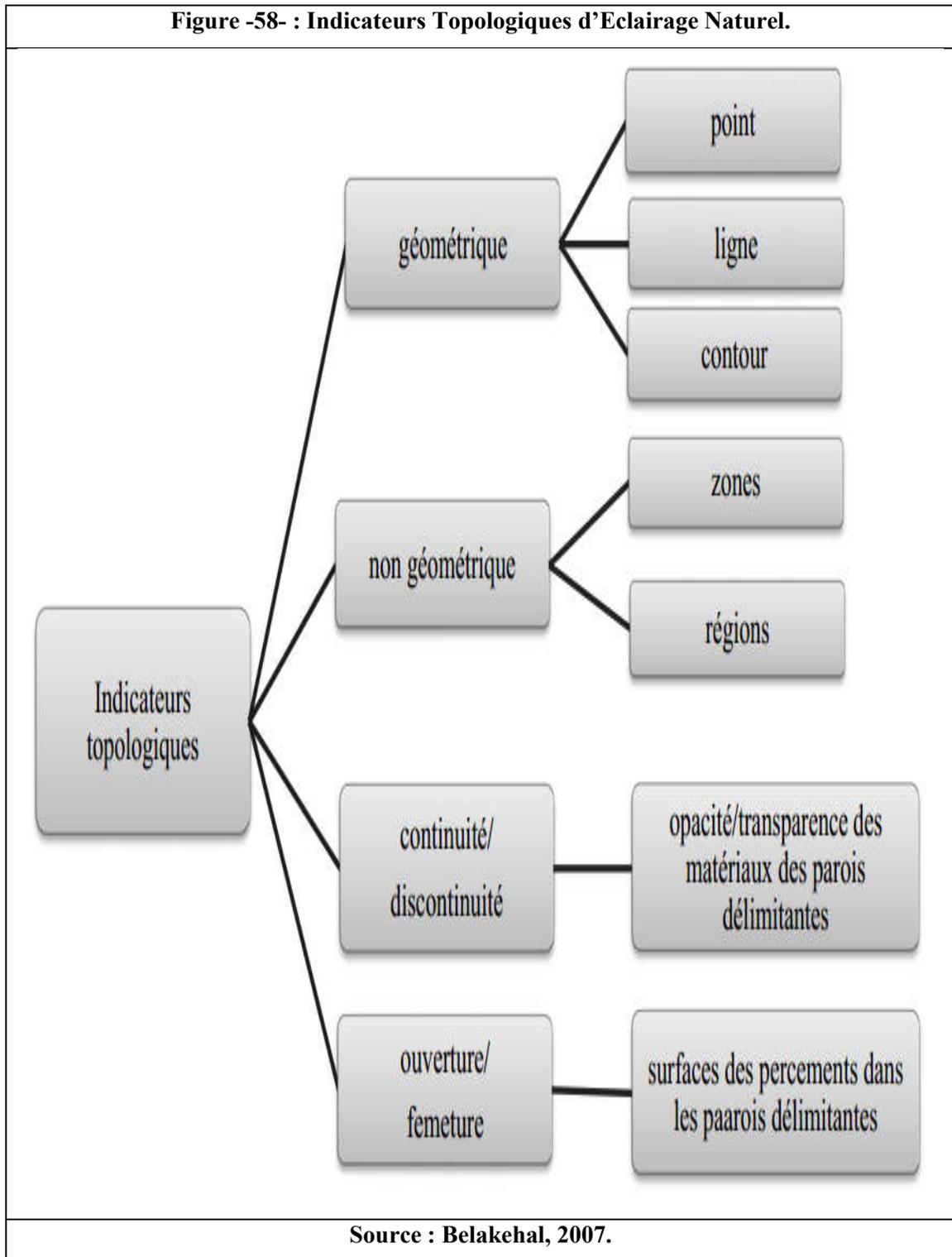
Le type d'éclairage se définit par rapport à la position de l'ouverture sur les différentes parois de la conformation. Le premier type qui est l'éclairage latéral relativement à la position d'ouverture sur les parois verticales. Cependant l'éclairage zénithal qui constitue le deuxième caractérise le flux lumineux issu des ouvertures positionnées sur la couverture ou le toit de l'édifice.



➤ **Indicateurs topologiques :**

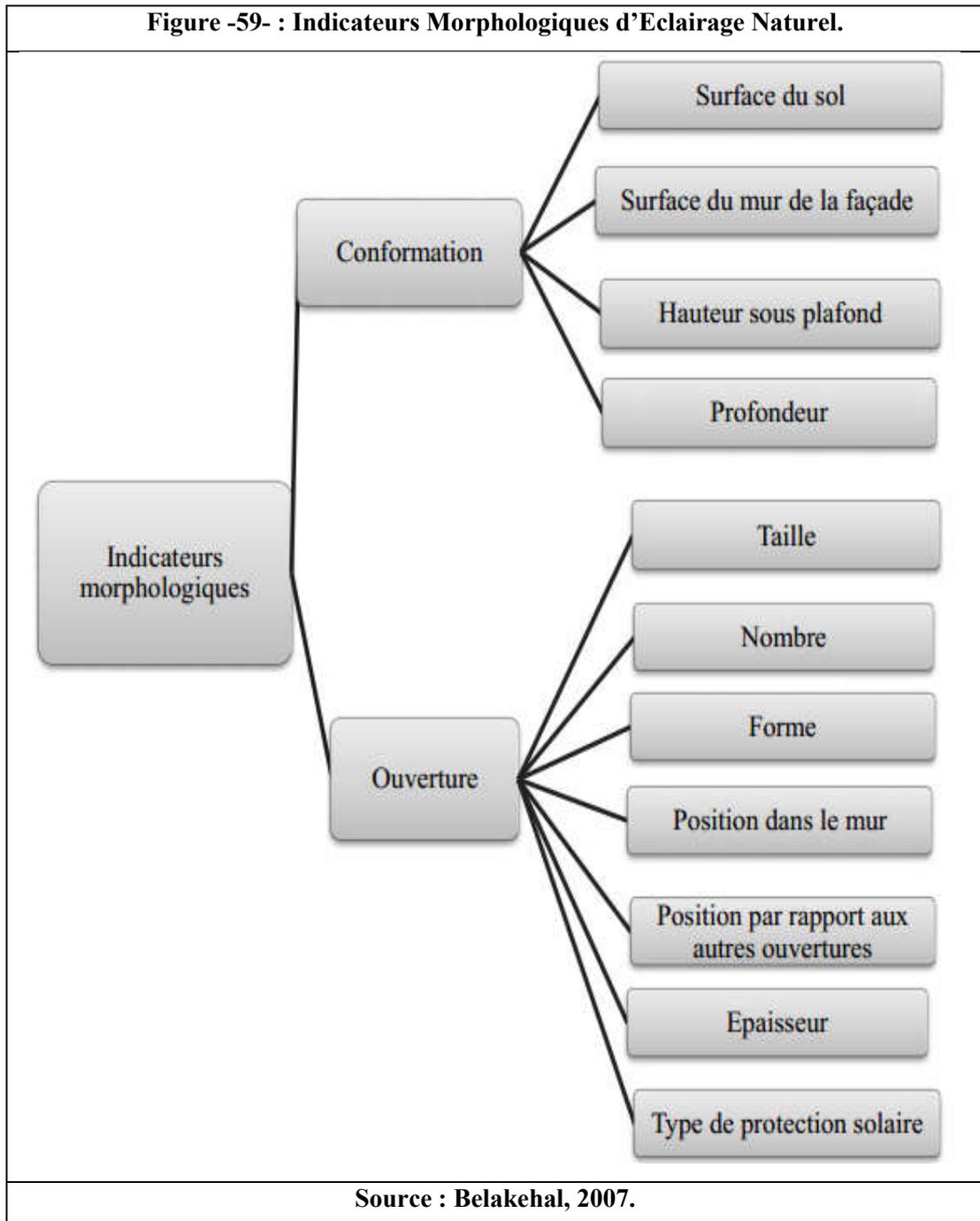
Quant aux indicateurs topologiques, ils sont relatifs au comportement de la lumière à l'intérieur de l'espace, qui peut être sous forme de polarisation géométrique (centre, axe, périphérie) ou polarisation non géométrique (zone, région) pour des raisons symboliques, fonctionnelles, ...etc [**BELAKEHAL Azeddine, BENSALÉM Farid et TABET AOUL Kheira,2007**].

Figure -58- : Indicateurs Topologiques d'Eclairage Naturel.



➤ **Indicateurs morphologiques :**

Les indicateurs morphologiques identifient la manière avec laquelle s'organise les ouvertures à travers la forme architecturale ; c.-à-d. leurs syntaxes. Donc il s'agit de deux rapports, le premier est le rapport des ouvertures à la forme et les ouvertures. Le deuxième entre les ouvertures.



➤ **3^{ème} catégorie : Discursives :**

Sa base est le discours des architectes. Elle constitue les aspects qualitatifs qui sont d'une nature subjective. Se représentent à travers les aspects plastiques, perceptuels et techniques des représentations ...etc.

I.5.3 L'ambiance lumineuse et l'espace architectural :

➤ **A l'intérieur de l'espace architectural :**

L'évaluation de l'ambiance lumineuse ressentie à l'intérieur d'un espace architectural reste toujours subjective car elle dépend de plusieurs paramètres comme :

- La géométrie et la dimension du local.

- La couleur des parois ainsi que le plafond et le sol.
- La quantité et la qualité de lumière reçue à l'intérieur.
- L'aménagement intérieur.
- Les matériaux utilisés...etc. [BELAKEHAL Azeddine, BENSALÉM Farid et TABET AOUL Kheira,2007]

➤ **L'espace architectural lui-même :**

La lumière permet de donner à un bâtiment une image nocturne particulière. L'éclairage artificiel offre la possibilité d'illuminer des bâtiments la nuit. Cet éclairage se fait en contreplongée, du bas vers le haut. [BELAKEHAL Azeddine, BENSALÉM Farid et TABET AOUL Kheira,2007]

Un objet architectural peut être éclairé de l'intérieur comme la tour Eiffel dont l'éclairage est positionné à l'intérieur de la structure métallique, ou, au contraire, de l'extérieur, ou le bâtiment est illuminée depuis les façades alentours. Des ambiances peuvent être créées artificiellement on utilisant des techniques simples ou complexes ; citons par exemple : les tubes fluorescents de couleur à l'intérieur des baies vitrées ou entre les peaux de la façade de verre ; écrans lumineux géants...etc, ou par l'utilisation des images lumineuses projetées sur les façades d'un bâtiment. Les édifices deviennent alors lumineux ou porteurs de signes lumineux. Ainsi, La prédominance des surfaces vitrées dans le bâtiment offre de nombreuses possibilités de composer avec l'éclairage intérieur et sa perception depuis l'extérieur. L'éclairage artificiel a pour avantage de pouvoir être créé, maîtrisé, contrôlé. [BELAKEHAL Azeddine, BENSALÉM Farid et TABET AOUL Kheira,2007]

I.5.4 Les types d'ambiances lumineuses :

Les ambiances lumineuses se particularisent suivant la source de la lumière. En effet, il se trouve qu'il y a trois types d'ambiances lumineuses ; celles générées par la lumière naturelle, celles créent par des dispositifs et des systèmes d'éclairage produisant une lumière artificielle, ainsi que celles créent par la juxtaposition des deux lumières « naturelle et artificielle ». L'utilisation de la lumière n'est jamais neutre car elle engendre toujours l'un ou l'autre type d'ambiance, même lorsque ce n'est pas volontaire. La composante lumineuse et la composante spatiale sont étroitement liées et c'est l'interaction entre elles qui permet de générer différentes catégories d'ambiances lumineuse.

Partant du fait qu'il est indispensable de tenir compte des implications sensorielles, symboliques et psychologiques de la lumière, et en se basant sur la

luminosité d'un espace et le rapport entre la lumière et l'ombre, on peut distinguer trois catégories fondamentales d'ambiances lumineuses [Gallas, 2008] :

- **La pénombre** : comme étant un dialogue entre l'ombre et une lumière solide qui la transperce par endroits.
- **L'ambiance luminescente** qui se caractérise par une clarté ambiante, une omniprésence d'une lumière qui tend à disparaître parce qu'elle est partout.
- **L'ambiance inondée** se caractérise par une exaltation de la lumière embrassant tout l'espace ; il se trouve qu'il y a trop plein d'une lumière envahissante et parfois écrasante.

Ainsi, il devient possible de définir une ambiance dynamique, une ambiance calme et feutrée, une ambiance qui pourrait être triste (sans le vouloir), monotone, etc... Toutefois, chacun de ces types d'ambiances recouvre une grande variété de manières d'admettre la lumière et une multitude de qualités de lumières. Et comme toute ambiance physique, il faut considérer l'ambiance lumineuse sous deux approches. La première est une approche spatiale par le fait d'établir des variations lors de déplacements, en réalisant une carte d'ambiance sur tout l'espace à étudier. La deuxième est une approche temporelle en s'assurant de la reproductibilité des mesures, à condition de prendre compte des conséquences qui peuvent être générées par les cycles journaliers ou saisonniers [Chaabouni et al, 2008].

Conclusion :

L'architecture bioclimatique, Chaleur en hiver, fraîcheur en été, lumière, ... sont les composantes du **confort** dont nous voulons bénéficier dans notre bâtiment. Un confort qui trop souvent coûte cher en énergie. L'architecture bioclimatique tente de répondre aux exigences de confort des habitants en tirant passivement le meilleur parti des éléments du « climat » : ensoleillement, vents, relief, végétation, « Construire avec le climat » permet ainsi de réduire considérablement les dépenses en chauffage et en **éclairage** de l'habitation. La prise en compte des stratégies et des concepts de l'architecture bioclimatique vise à harmoniser les rapports de bâtiment (au sens large) aux moyens d'assurer le chauffage, le refroidissement **et l'apport de lumière naturelle**. Elle veut concrétiser des espaces de vie en concordance avec leur environnement.

L'histoire de l'architecture accorde une place prépondérante à la lumière dans l'architecture. La lumière est l'élément essentiel qui nous permet de percevoir les objets architecturaux, de l'extérieur comme de l'intérieur, jour et nuit, ..., Elle peut être considérée comme une quatrième dimension avec le temps car elle peut générer des

changements qui aboutissent à plusieurs lectures. Ces changements peuvent transformer le bâtiment de l'extérieur et ceci va à son tour influencer la quantité de lumière reçue à l'intérieur de l'espace. Cette quatrième dimension, temps et lumière, permet au projet architectural de gagner plus d'identité et d'avoir des intérêts positifs. La lumière est indissociable de l'architecture. Elle définit chaque espace dans son rapport avec l'extérieur, depuis sa source et par les ouvertures. L'architecture continue d'évoluer avec la lumière. La lumière révèle les formes, les volumes, les textures, les couleurs, les matières, et permet aux bâtiments de s'intégrer pleinement dans leur site. L'étude de tous ses aspects est prépondérante dans les phases d'esquisse et de recherche et lors de la conception d'un bâtiment. La relation entre la lumière et l'architecture permet d'approcher des notions de choix de matériaux et de techniques de construction, d'implantation et de rapport à l'environnement, d'ambiances, de symbolismes ou de préoccupations très actuelles comme les économies d'énergie et le développement durable. Le travail de l'architecte sur la lumière est très important : il doit garantir le confort visuel des occupants ainsi qu'une bonne qualité de l'espace. Pour cela, la lumière est devenue un élément de conception architecturale.



Chapitre -II- :

*Les musées : des ambiances
spécifiques.*



Introduction :

Les musées se sont considérablement développés ou restructurés ces dernières décennies pour mieux accueillir un public toujours croissant. Après une période prospérée due à l'augmentation du nombre de visiteurs et compte tenu de la très forte concurrence, la tendance est aujourd'hui à la promotion du musée par une amélioration constante de son attractivité ; rénovation des salles, installation de services et de commerces, politique d'expositions temporaires, organisation de colloques et d'événements nocturnes. On constate alors que l'éclairage est systématiquement intégré comme l'un des éléments majeurs de cette politique d'animation et de modernisation. Autrefois strictement fonctionnel, il est devenu un vecteur de valorisation de l'architecture, de présentation des collections, et un outil de communication. [Roger Narboni,2007]

Les ambiances lumineuses, lorsqu'elles sont traitées spécifiquement, s'ajoutent à l'éclairage muséographique, naturel et artificiel. Dans certains cas, ce dernier crée à lui seul, volontairement ou non, l'ambiance complète ou se substitue à celui-ci, notamment dans les zones de circulation, les espaces de transition, de repos, de découverte, les espaces complémentaires ouverts au public ont en effet chacun leurs particularités, en termes d'ambiance lumineuse ; accueil, bibliothèque, auditorium, librairie, boutique, cafeteria, salle pédagogique, etc.

En éclairage, il existe des recommandations et des normes indiquant des taux d'éclairements minimums pour chaque activité reposant sur une tâche visuelle précise, or dans le cas des musées, les normes existantes font référence à des taux d'éclairements maximums pour la conservation de la plupart des œuvres. Dans certains cas, les niveaux d'éclairage nécessaires pour assurer un bon confort visuel sont largement au-dessus du seuil critique pour la sécurité des œuvres.

II.1 Concepts fondamentaux :

II.1.1 Qu'est-ce qu'une muséologie ?

Selon **Georges Henri RIVIÈRE** : « La muséologie : une science appliquée, la science du musée. Elle en étudie l'histoire et le rôle dans la société, les formes spécifiques de recherche et de conservation physique, de présentation, d'animation et de diffusion, d'organisation et de fonctionnement, d'architecture neuve ou musicalisée, les sites reçus ou choisis, la typologie, la déontologie ». La muséologie est une « méta-discipline » qui étudie, réfléchit, questionne l'institution muséale, le musée, et travaille intellectuellement l'ensemble des activités liées au champ muséal : les sciences et techniques du musée sont la gestion, la recherche, la conservation, le classement, la mise en valeur des objets,

œuvres ou patrimoine « les collections », la médiation, l'animation, etc.... Elle étudie notamment l'histoire, les fonctions philosophiques, sociales et culturelles des musées « recherches, éducation, etc. », tout comme les attentes, les besoins et les pratiques des publics. Elle interroge également l'avenir du muséal dans l'espace public et s'interroge sur les orientations et sur les formes nouvelles que le musée pourrait éventuellement prendre. La muséologie a recours à de nombreuses disciplines, dont les sciences de l'information et de la communication, la sociologie, l'histoire, l'économie, les sciences de gestion, les sciences politiques, la philosophie, l'histoire de l'art...

II.1.2 Qu'ce qu'une muséographie ?

La notion de la muséographie a connu plusieurs évolutions d'après sa première apparition dès le XVIIIe D'après **Jean-Jacques Ezrati** la muséographie est définie comme un « Ensemble des notions techniques nécessaires à la présentation et à la bonne conservation des œuvres des objets que détiennent les musées ».

Selon **dictionnaire encyclopédique de muséologie (2011)** : « la muséographie est essentiellement définit comme la figure pratique ou appliquée de la muséologie, c'est-à-dire l'ensemble des techniques développées pour remplir les fonctions muséales et particulièrement en ce qui concerne l'aménagement du musée, la conservation, la restauration, la sécurité et l'exposition. »

II.1.3 Notions fondamentales sur les musées :

II.1.3.1 Qu'est-ce qu'un musée ?

Selon l'ICOM (conseil international des musées), le musée est défini comme : « Une institution permanente, sans but lucratif, au service de la société et de son développement, ouverte au public, et qui fait des recherches concernant les témoins matériels de l'homme et de son environnement, acquiert ceux-là, les conserve, les communique et notamment les expose à des fins d'études, d'éducation et de délectation. »

[Dominique poulot, 2014]

Selon le dictionnaire « le petit robert », le musée est défini comme : « Un établissement dans lequel sont rassemblées et classées des collections d'objets présentant un intérêt historique, technique, scientifique, artistique en vue de leur conservation et de leur présentation au public. »

Selon le décret exécutif « N° 07-160 du 27 mai 2007 » de la république algérienne, le musée est défini comme : « Toute institution permanente disposant de collections culturelles et/ou scientifiques composées de biens dont la conservation et la

présentation revêtent un intérêt public et organisées en vue de la connaissance, de l'éducation, de la culture et de la délectation. » (Art. 3.) [Ministère de la culture, 2008]

II.1.3.2 Historique :

D'origine le terme est issu du grec « **mouseion** », dans l'Antiquité, c'était le nom donné à un sanctuaire consacré aux Muses, un temple bâti sur la colline de l'Hélicon à Athènes. [Roland Schaer, 1993]

➤ **Dans l'Antiquité :**

Le musée associe deux types de pratiques. La première, sous forme de centre de collections, salle de lecture, amphithéâtre, ménagerie et jardin botanique, réunit scientifiques et savants. Elle a pour vocation essentielle d'être pédagogique et étudie les collections. La seconde se rapproche de notre conception contemporaine du musée comme lieu de conservation des collections et met ces dernières à disposition « à la seule fin de la délectation des amateurs », pour reprendre Pausanias dans sa Description de la Grèce.

➤ **Au Moyen Âge :**

Les premières collections retracent la vie quotidienne : travaux des champs ou calendriers des saisons qui « parlent » au peuple comme le font aujourd'hui les écomusées. Les grandes cathédrales, en rassemblant des reliques, assimilent le musée à un mausolée. Les grands bourgeois possèdent des collections privées composées essentiellement des travaux artisanaux de leur époque. C'est ainsi que progressivement, l'artisan anonyme deviendra un artiste.

Mu par sa volonté de comprendre le monde, l'homme du XVI^e siècle n'accumule pas les œuvres d'art de façon mercantile mais entretient avec elles un dialogue privilégié ; il veut les analyser et les comparer.

➤ **Au XVII^e siècle :**

Le pouvoir se mesure à l'importance des collections. Le roi commande des œuvres qui témoignent du présent, incarnent sa puissance et sont, à cette fin, montrées aux amateurs et aux artistes éclairés.

➤ **Le siècle des Lumières et la Révolution française :**

Vont bouleverser l'approche muséale. Ainsi, le statut de l'œuvre d'art change et il revient au musée d'éduquer le peuple, de lui permettre l'accès au Beau. En résumé, il contribue à ce que l'art devienne public et les philosophes s'insurgent contre la pratique des collectionneurs privés qui ne permettent pas à la société de profiter des œuvres.

Ce n'est pourtant qu'en 1791 que le musée du Louvre est affecté à la « conservation des œuvres des sciences et des arts ». L'État consacre alors un budget pour créer des lieux de conservation d'un patrimoine commun. Désormais, ce musée a pour vocation de former le goût du public, d'acquérir des œuvres, d'inventorier, de classer, d'authentifier et de restaurer. La muséologie, qui apparaît à cette époque, a ainsi pour but d'étudier le rôle du musée dans la société.

➤ **Au XIXe siècle :**

Le musée classique du XIXe siècle européen est le symbole d'une nation ou d'une collectivité. Tous ses objets sont autant d'éléments caractéristiques ou représentatifs d'une œuvre, d'une culture, d'un grand homme, bref d'une partie de la communauté imaginaire en question. Ils répondent à de strictes exigences d'authenticité, de qualité et de propriété publique et s'organisent en vue d'une régénération de la mémoire culturelle pour les tâches présentes.

L'usage généralisé du terme 'musée', qui désigne, au-delà de la réalité institutionnelle stricto sensu, un vaste champ éditorial (recueils encyclopédiques, journaux, littérature enfantine, etc.). [Dominique poulot, 2014]

➤ **Le XXe siècle : Le XXe siècle :**

Au tournant des XIXe et XXe siècles, l'essor des mouvements d'avant-garde conduit à une conception du musée comme lieu de conservation passive et d'exaltation rétrograde du passé. C'est de ce constat que naît dans les années 1920 l'idée de « musée d'art moderne » et la distinction entre arts plastiques et patrimoine. A partir des années 1950, les pratiques muséographiques héritées du XIXe siècle sont profondément remises en cause. Sous l'influence d'une esthétique épurée, celle que défend l'école du Bauhaus en matière d'aménagement intérieur, on allège la présentation en isolant chaque objet, on facilite la circulation du regard, on privilégie la neutralité des fonds, on porte attention aux supports et à l'éclairage, on aménage des réserves et des salles pour des expositions temporaires.

Au cœur des années 1970, de nouveaux types de musées apparaissent comme les musées d'ethnologie et des écomusées. Et partir de 1975, à un moment où le marché de l'art s'emballe, une série impressionnante de constructions, extensions, rénovations, réhabilitations, affecte le monde des musées dans les grandes métropoles et les villes moyennes. [Roland Schaer, 1993]

II.1.3.3 Les fonctions du musée :

La définition d'un musée débouche classiquement sur l'énumération de ses fonctions. Le muséographe néerlandais « Petre van Mensche », en repérait trois (3) fonctions qui sont : **Préserver, Etudier, Communiquer**. Et d'après la définition pareille du musée de conseil international des musées « ICOM », on préfère évoquer quatre (4) : **Acquérir ; Etudier et recherche ; Conserver ; Diffuser [Jean-Jacques Ezrati, 2008]**

➤ **Acquérir :**

Acquérir reste un objectif permanent des musées, qu'ils soient petits ou grands, afin de sauver pour les " étudier les témoins matériels de T activité de l'homme et de son environnement Les acquisitions se font sous la forme de fouilles, d'achats, de dons ou de dépôts, au gré des budgets et des circonstances.

➤ **Conserver :**

Le lien entre musée et conservation a été déterminant pour la naissance et le développement de l'institution. Certaines ont été fondées pour éviter les dispersions de patrimoines, et les conserver. Pour cela le conservateur doit faire la bonne conservation des œuvres en s'assurant que les conditions de présentation ou de stockage ne soumettent pas l'objet à des dangers.

✓ **Restauration :**

L'ensemble des actions directement entreprises sur un bien culturel, singulier et en état stable, ayant pour objectif d'en améliorer l'appréciation, la compréhension, et l'usage. Ces actions ne sont mises en œuvre que lorsque le bien a perdu une part de sa signification ou de sa fonction du fait de détériorations ou de remaniements passés.

✓ **Conservation curative :**

L'ensemble des actions directement entreprises sur un bien culturel ou un groupe de biens ayant pour objectif d'arrêter un processus actif de détérioration ou de l'existence même des biens est menacée, à relativement court terme, par leur extrême fragilité ou la vitesse de leur détérioration. Ces actions modifient parfois l'apparence des biens des matériaux originaux. Le plus souvent, de telles actions modifient l'apparence du bien.

✓ **Conservation préventive :**

L'ensemble des mesures et actions ayant pour objectif d'éviter et de minimiser les détériorations ou pertes à venir. Elles s'inscrivent dans le contexte où l'environnement d'un bien culturel, mais plus souvent dans ceux d'un ensemble de biens, quelque soient leur ancienneté et leur état. Ces mesures et actions sont indirectes- elles n'interfèrent pas avec les matériaux et structures des biens. Elles ne modifient pas leur apparence.

➤ **L'étude et recherche :**

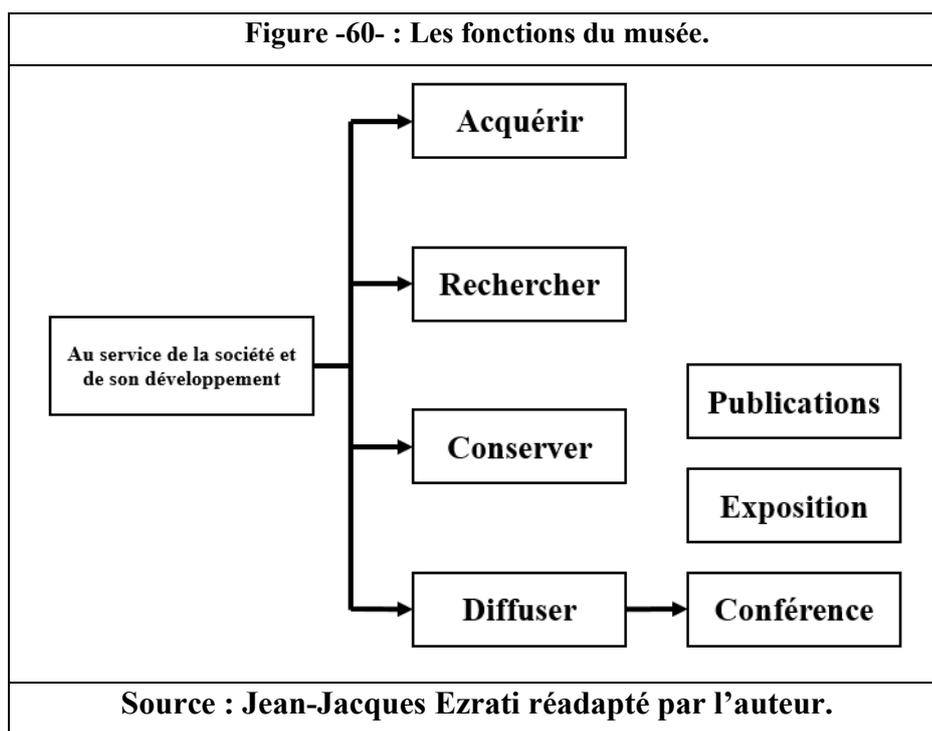
Les recherches menées pour définir la provenance des objets doivent répondre à la mission et aux objectifs du musée selon les pratiques légales, déontologiques et intellectuelles établies.

Les méthodes analytiques de recherche sont parfois destructives. Il faut en minimiser les applications. Un musée qui entreprend une description complète de l'objet analysé, avec les résultats et les études qui s'ensuivent, y compris les publications, doit l'enregistrer comme faisant partie de son fonds permanent. Les recherches portant sur les restes humains et les objets à caractère sacré doivent être effectuées selon les normes de la profession en tenant compte des intérêts et des croyances de la communauté ou des groupes ethniques ou religieux dont sont originaires les objets, si on en a connaissance.

➤ **Diffuser :**

La médiation a pris, depuis vingt ans, une ampleur considérable. Elle est devenue, pour les responsables, bien souvent, l'objectif principal de leur mission. Dans l'esprit de la Révolution et des musées rendus accessibles au grand public, il s'agit de montrer le patrimoine et en particulier les collections.

La médiation a pris, depuis vingt ans, une ampleur considérable. Elle est devenue, pour les responsables, bien souvent, l'objectif principal de leur mission. Dans l'esprit de la Révolution et des musées rendus accessibles au grand public, il s'agit de montrer le patrimoine et en particulier les collections. [MERLEAU-PONTY Claire, EZRATI Jean-Jacques, 2005]



II.1.3.4 Les types de musée :

Il peut exister théoriquement autant de musées que de branches de l'activité artistique. Mais, en fait, les musées spécialisés sont moins nombreux que les autres. Les grands musées nationaux comprennent en général des sections où les œuvres d'art sont groupées suivant leur provenance.

Avec le développement de la civilisation industrielle, le XIXe et le XXe siècle ont vu s'ouvrir des musées consacrés à la technique, à la science et aux dernières découvertes.

Les musées sont classés selon :

➤ **La discipline :**

✓ **Musée d'art :**

Ils regroupent un ensemble d'œuvres d'art ; (tableaux, sculpture...etc.) Choisies pour leurs intérêts stylistique, artistique, ou encore montrant les différentes phases de la carrière d'un artiste.

<p>Figure -61- : Le Musac « musée d'art contemporain » Espagne.</p>	<p>Particularité :</p> <p>L'utilisation des couleurs vives et des formes audacieuses en rapport avec l'excentricité des artistes qui conçoivent parfois eux même les espaces d'exposition qui vont recevoir leurs œuvres. Cela dit, les musées d'arts (leurs espaces, leurs formes et leurs couleurs) dépendent partiellement des œuvres en elles même (sombres, colorées...etc.)</p>
	
<p>Source : Google image.</p>	

✓ **Musée d'histoire :**

Il abrite les grandes collections d'éléments réunis autour d'un thème historique représentatif d'une époque, et qui témoignent de l'homme, de son histoire, mais surtout qui cherchent à conserver la mémoire.

<p>Figure -62- : Musée de l'holocauste, Yad Vashem, 2005, Moche Safdie.</p>	<p>Particularité :</p>
	<p>L'utilisation d'une architecture austère, rustique et souvent agressive ; qui s'adapte très bien au contexte (sujets et thèmes traités).</p> <p>Reconstitution chronologique et évolutive des objets découverts.</p>
<p>Source : Google image.</p>	

✓ **Musée de science :**

Ce sont des musées didactiques, leur but c'est l'instruction. Ils tendent à être des musées interactifs, centrés principalement sur l'expérimentation et la pédagogie, leur objectif est de constituer des centres de cohésion culturelle et sociale.

<p>Figure -63- : Musée des sciences naturelles, Japon, 2004.</p>	<p>Particularité :</p>
	<p>Dans les musées de science et de la technologie ; on aide dans la compréhension des phénomènes naturels, des objets exposés par le discours, l'enchaînement logique, suivi dans chaque partie, par le thème de l'exposition et de chacune de ses installations.</p> <p>Utilisation de moyen technologique pour exposer</p>
<p>Source : Google image.</p>	

✓ **Musée culturel :**

Objet, dont la réunion permet de mettre en avant la particularité d'un pays, d'une région, d'une époque.

<p>Figure -64- : Institut du monde arabe.</p>	<p>Particularité :</p>
	<p>Charger d'encourager et de promouvoir des manifestations culturelles. Vise à développer une culture, à répandre certaines formes de culture, à justifier par l'utilisations des nouvelles technologies et du multimédias. les particularisées architecturales s'apparentent généralement aux musées d'arts.</p>
<p>Source : Google image.</p>	

✓ **Musée général :**

Musée qui regroupe (englobe) plusieurs départements qui ont chacun un thème différent (science ; art ; culture ; histoire ; ...).

<p>Figure -65- : Le musée du Louvre, à Paris, 1793.</p>	
	<p>Particularité:</p> <p>Englobe les particularités des différents types de musées (architecturales, techniques, ...)</p>
<p>Source : Google image.</p>	

✓ **Musée spécialisé :**

Musée ou l'on se consacre particulièrement à un domaine / une chose / une branche ...etc. Ex : musée du boulon, musée de la chaise...etc.

<p>Figure -66- : Musée des marionnettes, Suisse.</p>	<p>Particularité :</p>
	<p>Restreindre le domaine d'action en vue de les rendre plus performantes et s'y approfondir.</p> <p>N'est pas commun ; bizarre, et décalé.</p>
<p>Source : Google image.</p>	

➤ **Le parcours :**

Le type de parcours est imposé par le thème du musée, par exemple pour un musée d'histoire il nous faut un parcours linéaire (exposition chronologique) il existe trois grands types de musée selon leur parcours :

✓ **Type linéaire :**

Dans ce type de musée les œuvres sont exposées en respectant un schéma de circulation obligée.

- **Type arborescent :**

Ce type fonctionne suivant l'idée d'un axe de circulation principale avec des secteurs annexes.

Figure -67- : Musée d'Orsay.

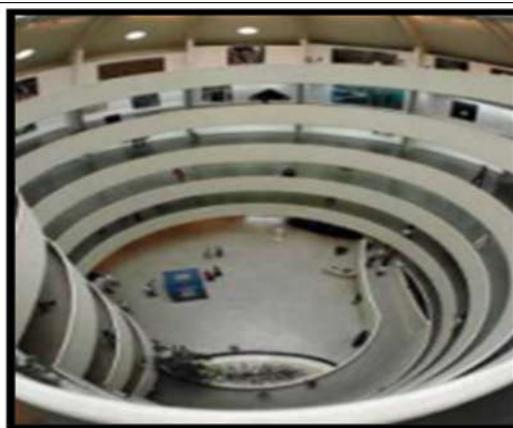


Source : Google image.

- **Type ruban :**

Cette solution permet de guider le visiteur sans qu'il s'en rende compte.

Figure -68- : Musée Guggenheim, New York.

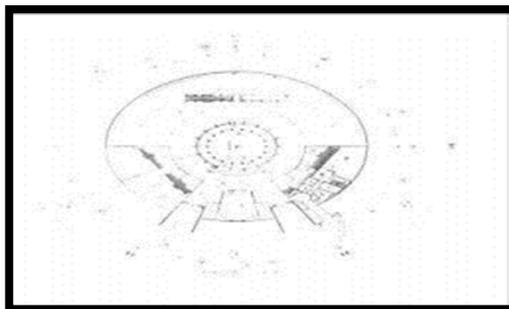


Source : Google image.

✓ **Type circulaire :**

C'est un espace central qui articule les espaces d'expositions dans sa périphérie.

Figure -69- : Musée de la peinture française à Hiroshima.

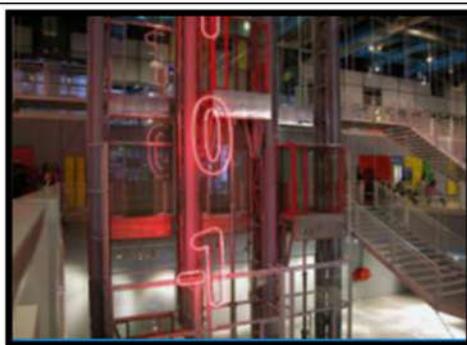


Source : Google image.

✓ **Type labyrinthe :**

Ce type de musée est composé d'un grand nombre de pièces de telle manière que l'on retrouve très difficilement les salles d'expositions.

Figure -70- : Centre Pompidou.



Source : Google image.

✓ **Type bloc :**

Cette disposition laisse le libre choix du parcours selon la situation des points d'accès.

Figure -71- : Musée du Louvre.



Source : Google image.

➤ **La notion d'ouverture et de fermeture :**

✓ **Type ouvert :**

Musée dans lequel les parois vitrées jouent un rôle principal.

<p>Figure -72- : Musée d'art contemporain aux USA.</p>	<p>Particularités :</p>
	<ul style="list-style-type: none"> - Les grandes parois vitrées servent à mettre en évidence le site et créer une relation entre l'espace intérieur et extérieur, le paysage devient tableau. - Offrir une promenade architecturale au contact de la nature. - Jouer avec le reflet de la lumière par exemple une lame vitrée qui se courbe en arc vers le ciel pour le refléter et se fondre dans le bleu. - Pénétration d'une lumière naturelle plus généreuse.
<p>Source : Google image.</p>	

✓ **Type fermé :**

Il se caractérise par une articulation opaque, ce type de conception focalise l'attention sur l'objet.

<p>Figure -73- : Musée Guggenheim, Bilbao.</p>	<p>Particularité :</p>
	<ul style="list-style-type: none"> - Un appel aux passants pour venir découvrir l'intérieur. - Stimuler la curiosité et l'imagination des visiteurs - Comme un aspirateur il attire le visiteur vers lui. - Isolation acoustique dans certain cas, besoin de silence
<p>Source : Google image.</p>	

➤ **Le public :**

On peut distinguer selon le public visé, les types de musées suivants :

✓ **Le musée salon :**

Sont des lieux réservés à une élite et aux touristes en Europe.

✓ **Le musée club :**

Dans son esprit on y trouve un foyer amical (faire de la peinture, écouter de la musique) et le retrouve en Amérique.

✓ **Le musée école :**

Viser l'enseignement et l'éducation en pays de l'ex-soviétiques.

✓ **Le musée attraction :**

Destiné à la foule.

II.1.3.5 Les exigences des musées :

➤ **Accessibilité :** Le musée doit assurer une facilité d'accessibilité mécanique et piétonne.

➤ **La circulation :**

✓ **La circulation des visiteurs :**

Qui est l'une des fonctions les plus importantes qui doivent être étudiées attentivement. Et ça se fait par un ordre logique pour les salles d'exposition, et qui est lié à l'objectif de la création du musée.

La circulation commence à partir de l'entrée du musée, qui mène à l'entrée, dans lequel toutes les activités de service requises pour les visiteurs (la billetterie l'orientation bancs pour se reposer...), il y a un élément clé qui devrait être renvoyé à un aperçu général du musée pour comprendre le visiteur comment se déplacer entre les sections du musée.

✓ **La circulation de service :**

Le musée doit être équipé dans plusieurs autres entrées pour le personnel et les administrateurs et les utilisateurs ... leur circulation se fait par des couloirs et les ascenseurs d'une manière privée pour qui ne gêne pas la circulation des visiteurs avec la possibilité de contact entre les deux très réduite sauf si c'est nécessaire.

➤ **La flexibilité :** Le musée doit atteindre le plus haut degré de flexibilité de sorte que l'espace sert à plusieurs fonctions.

➤ **Continuité :** On doit assurer la continuité des salles d'exposition dans le musée, à la fois verticale et horizontale.

➤ **Mode d'exposition :**

On doit choisir un ou plusieurs de sorte qu'ils sont plus appropriés pour le but des expositions, telles que l'assemblage linéaire ou central ou rayonnement ou d'un cluster ou un réseau d'expositions.

✓ **Les méthodes d'expositions :**

Les méthodes d'expositions dans musée varient en fonction du type de musée la forme des salles d'expositions et le type et la taille des pièces, on peut résumer ces méthodes dans :

✚ L'affichage sur les murs sous la forme de tableau suspendu comme dans les musées Arts.

- ✚ Présentation sous forme de portefeuille accroché sur le mur souvent vitré comme dans les musées d'archéologie, musée de sciences et techniques.
- ✚ L'affichage directement sur des paumes Basés sur le mur.
- ✚ L'affichage sur le sol directement sans base. Cette méthode est généralement utilisée dans les musées techniques ou des musées avec de grandes expositions.
- ✚ L'affichage sur des supports suspendus comme dans les musées scientifiques.
- ✚ L'affichage sur un socle basé sur le sol comme dans les musées de traditions folklorique ou d'artisanat.
- ✚ L'affichage sur des tableaux verticaux comme dans les musées et documents littéraires et des timbres.
- ✚ L'affichage sur des coffre fixes ou mobiles avec des formes et taille variées basé sur le sol comme dans le Musée de la médecine vétérinaire à Zurich.

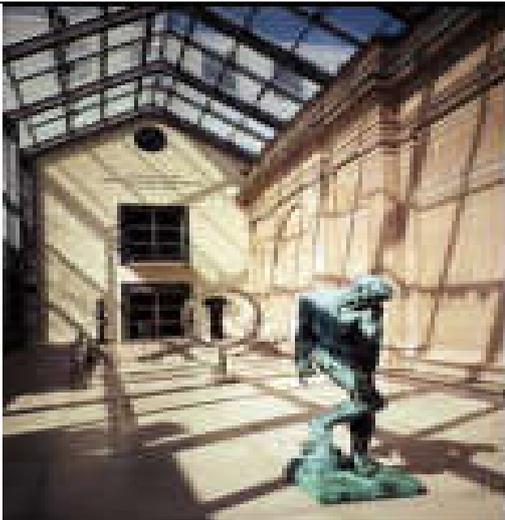
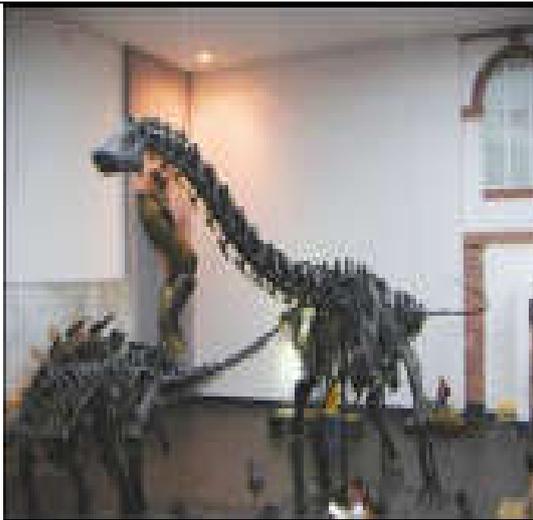
Figure -74- : L'affichage sur le sol.	Figure -75- : L'affichage sur des supports.
	
Source : Google image.	Source : Google image.
Figure -76- : L'affichage sur tableau.	Figure -77- : L'affichage sur coffre.
	
Source : Google image.	Source : Google image.

Figure -78- : L'affichage sur socle.



Source : Google image.

➤ **Les ouvertures :**

✓ **Les ouvertures zénithales :**

✚ **Les avantages :**

- Pénètre directement aux salles d'exposition et ne connaît pas de contraintes comme les constructions environnantes ou les arbres qui éclipsent l'éclairage à l'intérieur du bâtiment.
- La possibilité de contrôler la quantité de lumière incidente sur des peintures et des expositions afin d'éviter les réflexions optiques et de permettre une bonne vision.
- Fournissez l'espace dans les murs et les exploiter pour des buts d'exposition.
- L'exploitation d'espace dans le bâtiment avec plus de halls sans le besoin d'adhérer au travail des ouvertures à l'intérieur des murs.

✚ **Les inconvénients :**

- La quantité du rayonnement optique sur les expositions et l'éclairage irrégulier.
- Les inconvénients de la conception dans les fentes de Toit excessif lourd et supports construits sur ces fentes et leurs conséquences comme La collecte de déchets et risque la chute de ces piliers, aussi bien que le sérieux des accomplissements attendus d'averse et humidité et la chaleur des rayons solaires... etc.
- Éclairage irrégulier provenant du plafond et différent d'une salle à l'autre provoquant l'ennui des visiteurs dans les visites à l'intérieur.
- Les nombreuses difficultés techniques et structurelles.

✓ **Les ouvertures latérales :**

✚ **Les avantages :**

- Un bon éclairage sur les parois latérales et sur les expositions qui sont au le milieu de la salle.

- Mettez en évidence les éléments en plastique et les relations de lumière et l'ombre dans les peintures et les pièces de sculpture historique.
- Maximum de simplicité et d'économie dans la conception.
- Utilisation de la toiture traditionnelle qui s'intègre avec l'environnement.
- Assurer une bonne ventilation et de la température adéquate dans les salles d'exposition.
- La possibilité de fournir une variété de vue pour les visiteurs, avec des vues sur un jardin ou cour d'exposition interne.
- Tuer l'ennui et d'attirer l'attention des visiteurs sur l'exposition extérieure.

✚ Les inconvénients :

- L'impossibilité d'utiliser le mur qui l'abrite pour des fins d'exposition.
- Le mur en face aussi ne sert pas à l'exposition.
- Pour les expositions de surface brillante ou lisse, reflètent la source lumineuse et empêchent la vision.

➤ **Matériaux de construction :**

Les matériaux de construction varient selon le type et le but des expositions dans les musées tels que le marbre, la pierre et la brique sont des matériaux appropriés pour les salles d'exposition des statues tant que le bois peut être utilisé dans les salles présentant des peintures.

➤ **La sécurité :**

- La sécurité des œuvres par surveillance (utilisation des camera et des agents de sécurité) les systèmes d'alarmes et protéger les œuvres en verre.
- La sécurité des visiteurs par des issus de secours.

➤ **Les supports :**

Les supports peuvent être primaires « murs, sols », secondaires « mobiliers » ou tertiaires « cadres ». Souvent, plus on multiplie les supports, plus l'objet est mis en valeur. Les supports marquent un détachement de l'objet par rapport à son environnement, ce qui lui confère un statut particulier et contribue à le mettre en valeur.

✓ **Les supports primaires :**

Les cloisons, appelées aussi cimaises « corniches des murs sur lesquelles sont accrochés les tableaux » servent à différencier et séparer les espaces, guider le visiteur et font office de support pour les expos. Elles peuvent revêtir différentes formes : mur, rideaux, fixes, modulables... et différentes couleurs qui peuvent être choisies en fonction des objets mais aussi en fonction du discours tenu par l'exposition. Notons que plus la

couleur du support n'est claire, moins le besoin en éclairage est important. Les sols et les plafonds sont aussi considérés comme supports primaires. Certains musées n'utilisent que ceux-ci pour exposer leurs collections. A l'aide de différents procédés, ils parviennent à matérialiser la limite œuvre/public et à valoriser les expôts. Exemples d'utilisation des supports primaires :

- Cloisons amovibles permettant de modifier les espaces selon les besoins (panneaux coulissants).
- Utilisation des cloisons, sols ou plafonds comme support pour des inscriptions liées aux œuvres.
- Niches creusées dans les murs pour mettre en valeur les expôts.
- Délimitation des espaces par différentes natures de sols.
- Placement de l'œuvre à un niveau de sol différent de celui du public... [EZRATI Jean-Jacques, 2012]

✓ **Les supports secondaires :**

Les supports secondaires, tels que les vitrines et socles, ont une fonction :

- De protection contre les agressions que pourraient subir les expos « vol, vandalisme, pollution, climat, lumière... ».
- De valorisation (apportent un statut particulier à l'objet). Toutefois, ils ont l'inconvénient d'établir une barrière entre le public et l'œuvre, ce qui peut dans certains cas nuire à sa compréhension. Les vitrines peuvent être murales pour de petits objets, ou posées au sol, généralement au centre de la pièce. Le choix de la forme dépend des objets présentés mais aussi du budget. Les vitrines doivent être fonctionnelles et discrètes, pour ne pas parasiter l'objet. Le choix des matériaux doit se faire en fonction des objets exposés, de leur état de conservation et de leur fragilité. C'est pourquoi il est préférable de privilégier des matériaux solides résistants aux chocs et à l'usure. Certains peuvent causer des dommages irréversibles à cause de leurs composants incompatibles avec les œuvres : bois acides, aggloméré, contreplaqué, métaux non traités, plastiques, peintures et vernis acides. De plus, il est conseillé de privilégier le verre, matériau stable et étanche, au plexiglas, matériau sensible aux rayures qui attire la poussière « électrostatique » et craint le feu. [EZRATI Jean-Jacques, 2012]

✓ **Les supports tertiaires :**

Il s'agit des supports au plus près des expôts, tels que les cadres. Le choix de ces supports est important car ces derniers relaient l'idée directrice de l'exposition.

L'utilisation de tel ou tel matériau en opposition avec d'autres permet parfois de faire passer un message. Dans certains cas, les supports eux-mêmes peuvent être considérés comme des œuvres d'art. [EZRATI Jean-Jacques, 2012]

Les supports doit répond aux exigences suivantes :

- ✓ **La texture** : elle ne doit pas être attirante ayant comme objet de mettre en valeur l'œuvre exposé.
- ✓ **La forme** : doit être simple sans aucune décoration et cela pour qu'il ne soit pas plus attirant que l'œuvre.
- ✓ **La couleur** : les œuvres sont mises en valeur par le contraste qui existe entre la couleur du support et la couleur de l'objet.
- ✓ **La disposition** : la disposition des supports n'est pas anarchique mais réfléchi de telle sorte de ne pas déranger le parcours des visiteurs ne dégageant l'espace de l'exposition.

II.1.3.6 Les risques qu'il faut prendre en compte :

- Vol.
- L'humidité.
- Sécheresse.
- Soleil.
- Poussière.
- La lumière directe (naturelle ou artificielle).
- Les vibrations.
- Pollution.

II.2 L'éclairage et les musées :

II.2.1 Qualité d'observation :

II.2.1.1 Niveau d'éclairage disponible :

La lumière est l'un des agents importants de la détérioration des collections. Cette détérioration est fonction des trois facteurs suivants.

- Nature des collections.
- Composition spectrale de la source lumineuse.
- Niveau d'éclairage et durée d'exposition. [Muséofiches, 1993]

Le niveau d'éclairage caractérise la quantité de lumière reçue par une surface, une paroi ou un objet. Un niveau d'éclairage minimal est requis pour une vision claire et sans fatigue. Ainsi, lorsque le niveau d'éclairage diminue, les détails des objets et les textes en petits caractères sont plus difficiles à distinguer.

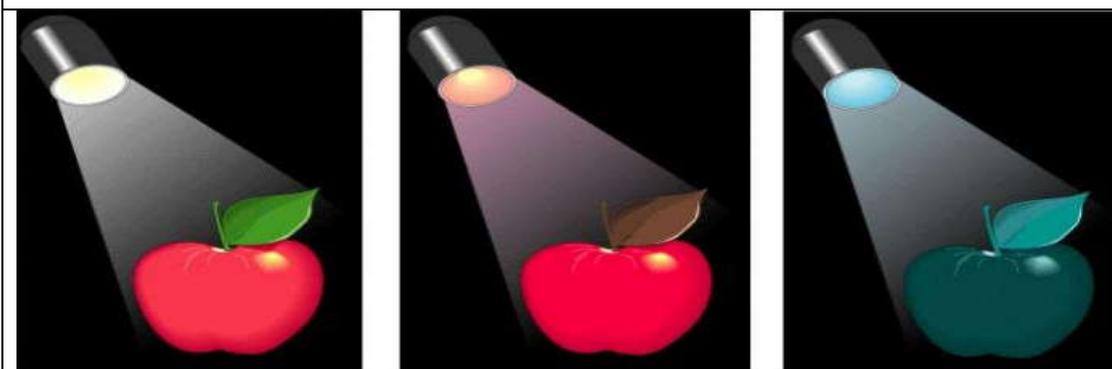
Il faut noter qu'un éclairage trop important peut également être une source d'inconfort. Il importe d'adapter le niveau d'éclairage en fonction du type de local et des activités qui y sont réalisées.

II.2.1.2 Rendu des couleurs :

L'indice de rendu des couleurs (Ra) d'une source lumineuse indique la capacité de celle-ci à rendre fidèlement les couleurs des objets. Une source qui émet dans toute l'étendue du spectre visible est caractérisée généralement par un indice de rendu des couleurs élevé ($Ra > 90$) : Toutes les couleurs seront mises en valeur.

Une source qui n'émet pas un groupe de longueur d'onde particulier ne pourra pas rendre fidèlement la couleur correspondant à ces longueurs d'onde : son indice de rendu des couleurs sera faible ($Ra < 60$).

Figure -79- : Illustration schématique de rendu des couleurs obtenus avec respectivement une lumière de bonne qualité (à gauche), une lumière rouge (au centre) et une lumière bleue (à droite).



Source : Google image.

II.2.1.3 L'éblouissement :

L'éblouissement survient lorsqu'une source de luminance excessive se trouve dans le champ de vision ou qu'il existe de trop grands contrastes de luminance (dans le temps ou dans l'espace). Deux types d'éblouissement sont à distinguer :

- L'éblouissement direct provoqué par la présence d'une source lumineuse intense (fenêtre, lampe, etc.) dans le champ de vision.
- L'éblouissement indirect dû à la réflexion d'une source lumineuse par une surface réfléchissante (feuille de papier glacé, écran de télévision, etc.)

II.2.1.4 Les ombres gênantes :

Les ombres créées par un élément placé entre la source et la zone éclairée peuvent diminuer sensiblement la qualité d'un éclairage. Elles sont, dans la majorité des cas, créées par différents éléments de mobilier, voire par l'occupant lui-même. Un cas typique d'ombre gênante est celui de l'ombre portée sur le plan de travail d'une cuisine. Cette

ombre, produite par un occupant qui a une source lumineuse dans son dos, ne peut être évitée sans installer un éclairage spécifique placé directement au-dessus du plan de travail.

II.2.1.5 La distribution de la lumière :

Lorsque l'œil humain parcourt une scène visuelle, il doit s'adapter aux différences de luminance qui y sont générées. Trop importantes, celles-ci seront source d'éblouissement et de fatigue. A l'inverse, de trop faibles différences de luminance créent un espace monotone et sans relief. C'est pourquoi il faut trouver le juste équilibre entre un éclairage uniforme assurant le confort visuel et un éclairage plus accentué créant une ambiance lumineuse dynamique et intéressante. Les valeurs couramment recommandées pour les rapports de luminance sont les suivantes :

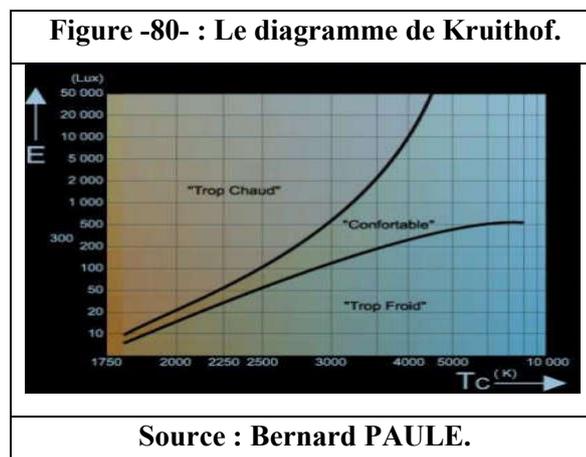
- Arrière-fond de la tâche nécessitant une acuité visuelle/entourage : 1/3.
- Arrière-fond de la tâche nécessitant une acuité visuelle/champ visuel (180°) : 1/10.
- Sources lumineuses/surfaces contiguës : 1/20.
- Pour l'ensemble de l'espace intérieur : 1/40.

II.2.1.6 Ambiance colorée :

La qualité de l'ambiance lumineuse d'un espace dépend à la fois de la quantité de lumière (niveau d'éclairement) et de la teinte de cette lumière (température de couleur). Les travaux de Kristof [Kru 1941] souvent pris comme référence dans ce domaine peuvent être résumés de la façon suivante :

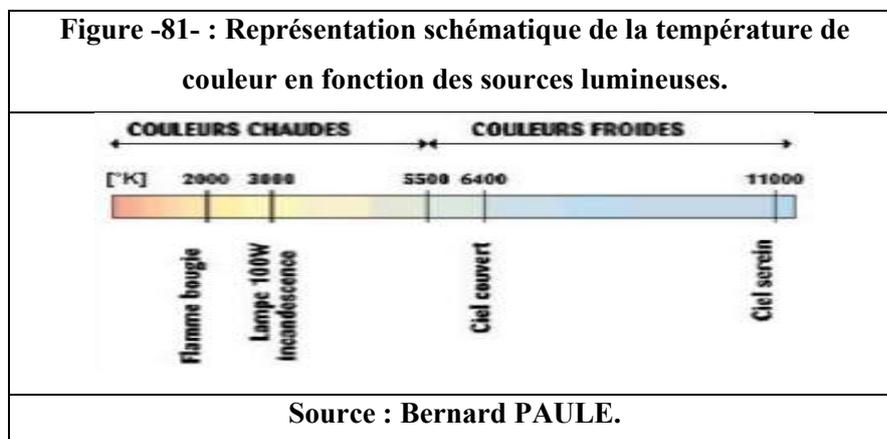
- Une lumière « chaude » (température de couleur faible) est agréable si le niveau d'éclairement reste modéré.
- Une lumière « froide » (température de couleur élevée) est agréable si le niveau d'éclairement est élevé.

Le diagramme de Kruithof indique la « zone de confort » en fonction de ces deux paramètres.



Des travaux plus récents [Dav1990] tendent à montrer que la préférence des usagers par rapport à une ambiance lumineuse est influencée plus par le niveau d'éclairage et par le rendu des couleurs que par la température de couleur.

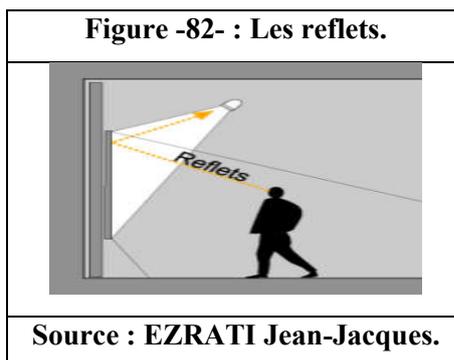
La notion de température de couleur (T_e) est objective et quantifiable. Elle fait référence à la teinte de la lumière émise par T_m « corps noir », en fonction de sa température. L'analogie avec une pièce de métal chauffée est plus intuitive : lorsque l'on élève sa température, sa teinte devient rouge, puis orangée, puis jaune et enfin blanc (d'où l'expression « chauffer à blanc »), La température de couleur de la lumière est une notion opposée à l'intuition. Paradoxalement. Une lumière est dite « froide » lorsque sa température de couleur est élevée ($T_e > 5500$ K) et inversement, une lumière « chaude » possède une température de couleur plus faible ($T_e < 3500$ K). [Bernard PAULE, 2003] [A. Deneyer, P. D'Hardt et B. Deroisy, 2011]



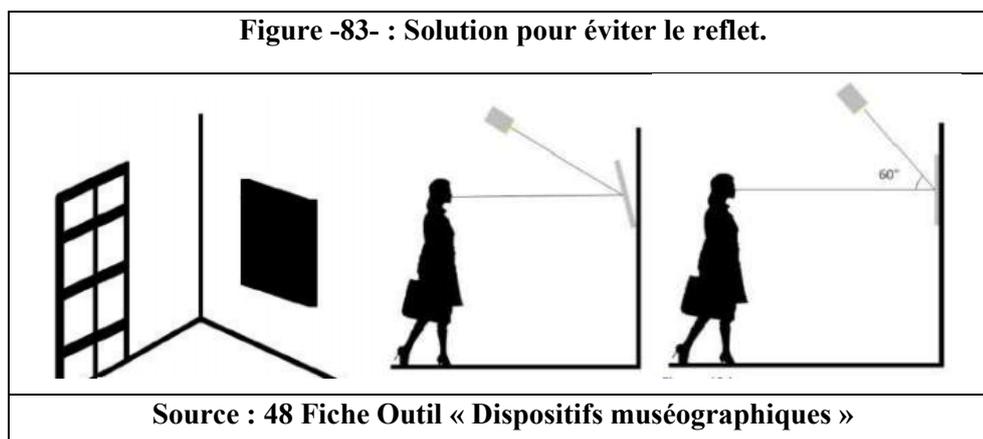
II.2.1.7 Absence de reflets :

De manière générale, lorsqu'il s'agit de tableaux ou autres objets en deux dimensions, l'accrochage pose des problèmes de reflets. (Figure 38) Pour les éviter, trois solutions existent :

- Placer les expôts de façon perpendiculaire à la source de lumière naturelle.
- Incliner les expôts vers le bas.
- Placer la source d'éclairage selon un angle de 60° avec l'horizontale, à la hauteur de l'œil du visiteur.



Dans tous les cas, évitez l'accrochage face à la source de lumière. La lumière peut altérer les objets, il est donc nécessaire de tenir compte des conditions de conservation. Les œuvres ne doivent pas subir de chocs climatiques. Qu'elles soient dans les réserves ou exposées, vous devez mettre en place des mesures de conservation préventive, telles que la régulation de l'intensité de la lumière et du temps d'exposition. [EZRATI Jean-Jacques, 2002]



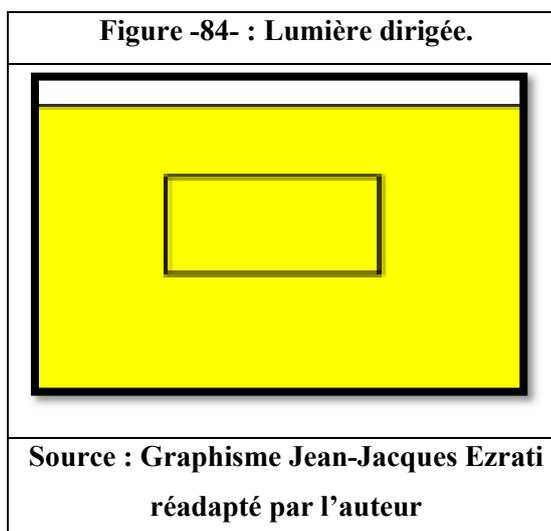
II.2.2 L'éclairage dans les musées :

II.2.2.1 Type d'éclairage muséal :

On distingue trois (03) types d'éclairage dans les musées qui sont :

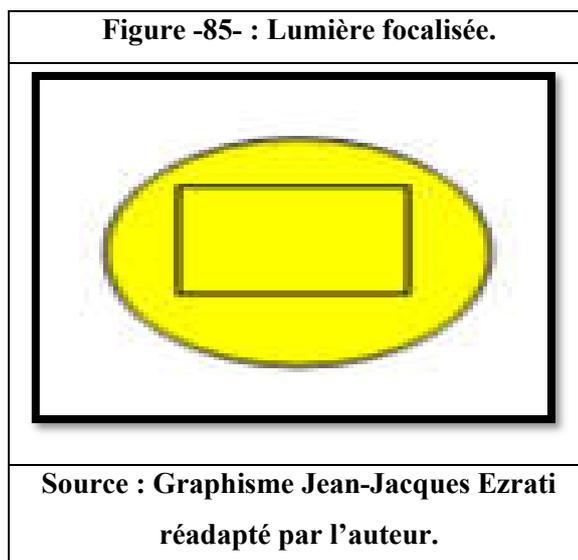
➤ **L'éclairage diffus :**

Un éclairage dirigé unira dans un même contexte l'objet (une affiche publicitaire, une toile de Klein, un tableau médiéval...) et son fond (un mur blanc, un mur en briques rouge, un panneau de bois...). L'influence de la nature du fond vue conjointement avec l'objet est importante, l'acte est significatif. Tout aussi significatif, mais porteur d'un sens.



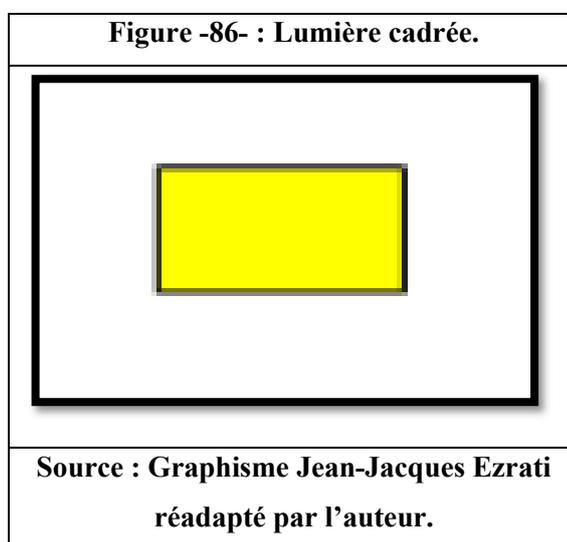
➤ **L'éclairage focalisé :**

Eclairage focalisé. L'accent est mis sur l'objet, le fond perdra de son importance, il sera moins influent.



➤ **L'éclairage cadré :**

L'éclairage cadré, la négation même de l'environnement donnera un effet très fort à cette absence, à ce contraste maximal, par un déconceptualisation imposée. Ce contraste très fort peut aussi nous permettre de diminuer l'éclairage de manière significative, ce qui est souvent nécessaire pour des raisons de bonne gestion des conditions de conservation.



II.2.2.1 La lumière pour guider le visiteur :

➤ **Instaurer des repères dans l'espace urbain :**

Des concepts d'éclairage complets, qui prennent en compte l'effet produit, transforment les musées en des symboles nocturnes. Les édifices en verre qui irradient de lumière confèrent à leur environnement une aura exceptionnelle. [ERCO, 2012]

➤ **Façonner des façades accueillantes par la lumière :**

Les façades éclairées sont pour le visiteur d'un musée le signe d'une institution ouverte. Avec les affiches lumineuses, elles éveillent son intérêt, l'invitant à s'approcher.

[ERCO, 2012]

➤ **Guider avec art vers le musée :**

Un balisage clair, souligné par la lumière, canalise les flux de visiteurs et facilite l'orientation. [ERCO, 2012]

➤ **Guider du hall d'entrée à la galerie d'exposition :**

Les halls d'entrée constituent une transition entre l'extérieur, lumineux, et les salles d'exposition, aux luminances réduites. Un éclairage des surfaces rend ces espaces spacieux et aide à repérer les différentes zones. [ERCO, 2012]

➤ **Eclairer les tableaux :**

Non seulement la lumière rend l'art visible, mais elle le met en scène avec brio. C'est le cas avec un faisceau lumineux étroit dirigé sur les tableaux pour orienter le regard vers l'œuvre d'art. [ERCO, 2012]

➤ **Modeler les sculptures par la lumière :**

L'alternance contrastée d'ombre et de lumière souligne les formes des sculptures et rehausse la finesse de la matière. Un éclairage d'accentuation avec une lumière brillante crée des perspectives fascinantes tout au long de l'exposition. [ERCO, 2012]

➤ **Accentuer les sculptures en extérieur :**

Une technique d'éclairage performante et des indices de protection élevés permettent de mettre parfaitement en lumière les sculptures situées à l'extérieur. Ainsi, de nuit, le musée étend son exposition à son environnement direct. [ERCO, 2012]

➤ **Savourer un plat sous une lumière adaptée :**

Une cuisine savoureuse, une atmosphère stimulante et un cadre agréable sont autant de facteurs essentiels au succès d'un concept gastronomique. Une bonne lumière sur les mets, la facilité pour les convives d'une même table de se voir et un éclairage adapté de la salle en sont des conditions préalables. [ERCO, 2012]

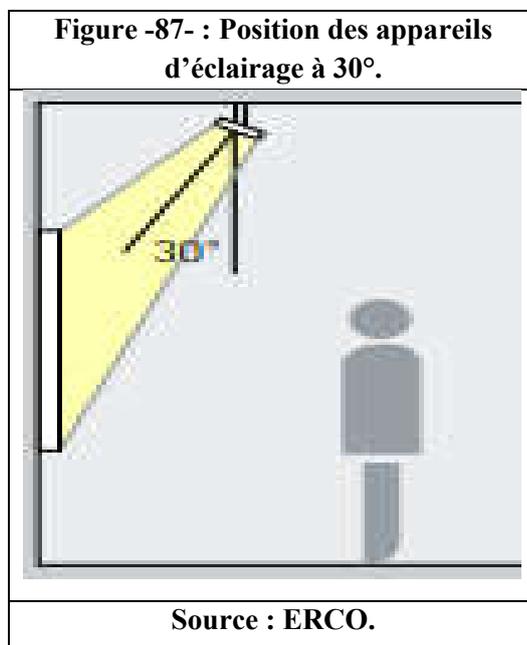
➤ **L'art pour acheter :**

Conclure la visite par la boutique du musée permet d'emporter chez soi des souvenirs de l'exposition. Un éclairage commercial différencié dispense des accents de lumière sur les ouvrages, les objets et autres souvenirs pour renforcer l'attrait de l'acte d'achat. [ERCO, 2012]

II.2.2.2 Les techniques de l'éclairage d'exposition :

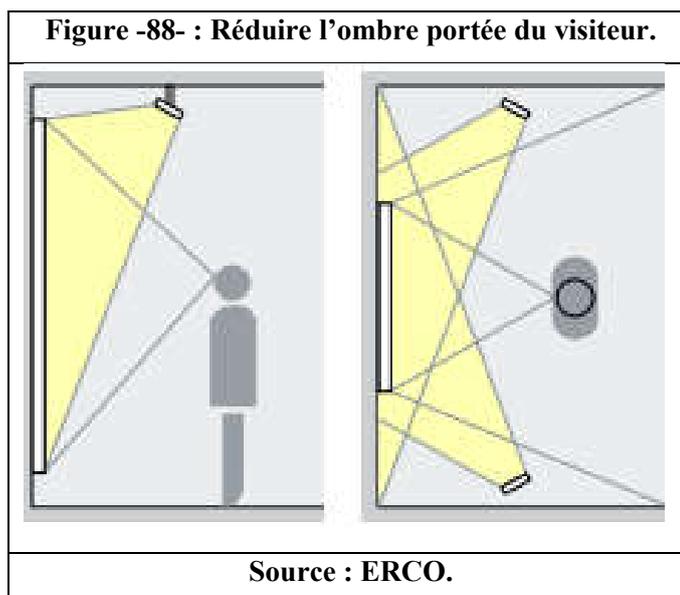
➤ **Bien positionner les appareils d'éclairage :**

Pour éclairer les peintures et les sculptures, l'angle d'incidence optimal de la lumière est de 30° . Avec un angle plus ouvert, si l'appareil est éloigné de l'objet à éclairer, l'observateur risque de voir son ombre portée sur le tableau au moment où il se trouve devant. Un angle plus fermé produirait en revanche une lumière rasante, projetant sur le tableau des ombres allongées. [ERCO, 2012]



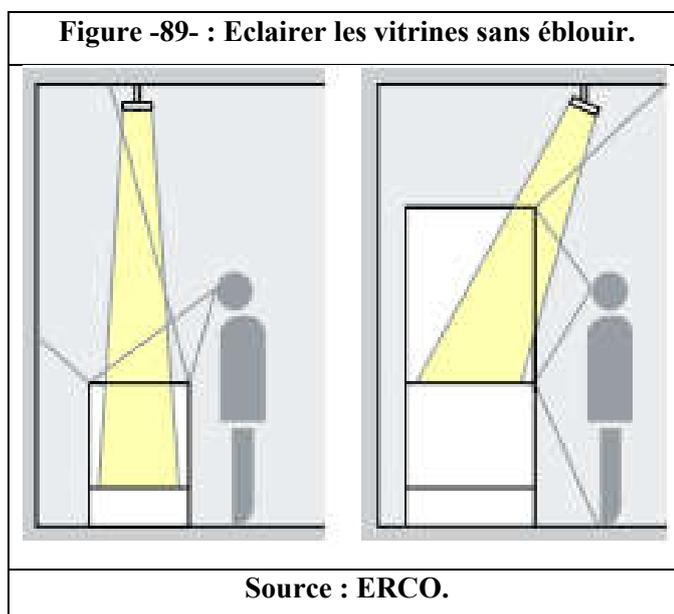
➤ **Réduire l'ombre portée du visiteur :**

Deux projecteurs placés sur le côté éclairent les tableaux sans éblouir par réflexion ni former aucune ombre portée sur le tableau quand l'observateur se trouve face à l'œuvre. [ERCO, 2012]



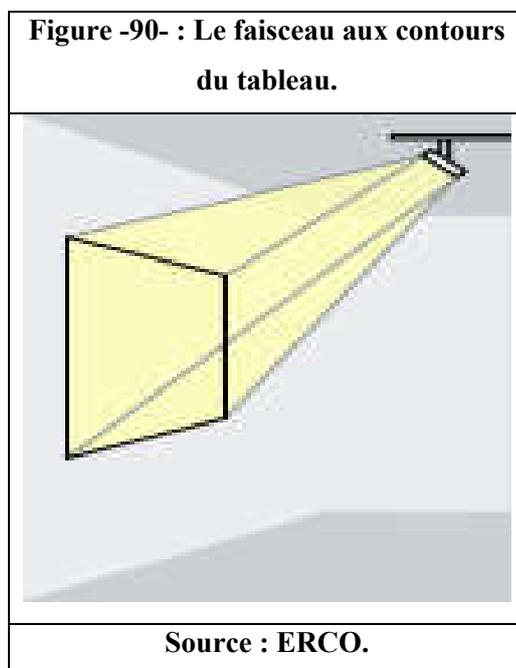
➤ **Eclairer les vitrines sans éblouir :**

Les vitrines peuvent aussi être éclairées par des projecteurs placés à l'extérieur, dès lors que ces projecteurs sont disposés, du point de vue de l'observateur, en dehors des surfaces de réflexion. [ERCO, 2012]



➤ **Circonscrire le faisceau aux contours du tableau :**

Quand le faisceau se limite à éclairer l'objet exposé, les tableaux semblent irradier de lumière. Dans une salle maintenue dans l'obscurité, il en résulte une atmosphère intimiste, propice à la contemplation. Il suffit d'ajouter un cadreur à un projecteur à gobos pour régler le faisceau lumineux avec précision. [ERCO, 2012]



➤ **Accroître le plaisir esthétique par le confort visuel :**

La qualité d'une visite de musée dépend de la mise en lumière, mais aussi du confort visuel qu'assure l'éclairage. Bien disposés, les appareils éclairent les œuvres avec

homogénéité, sans former d'ombre portée sur les tableaux. Des faisceaux étroits et des sorties de lumière occultées minimisent tout éblouissement direct durant la visite de l'exposition. Une disposition adéquate des appareils permet aussi d'éviter les éblouissements par réflexion et les perturbations visuelles. [ERCO, 2012]

➤ **Rehausser les tableaux par des faisceaux lumineux :**

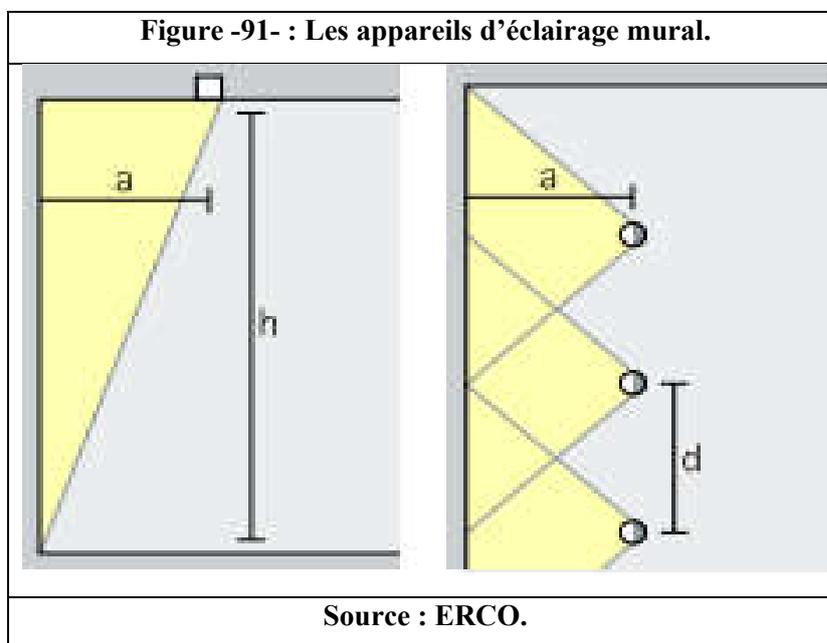
Un éclairage d'accentuation qui diffuse sur les objets exposés un faisceau étroit attire l'attention du visiteur sur les œuvres. Des optiques interchangeables permettent de varier le diamètre du faisceau et d'adapter ainsi l'éclairage aux dimensions de chaque tableau. [ERCO, 2012]

➤ **Éviter tout éblouissement par réflexion :**

Les tableaux sous verre peuvent générer des réflexions parasites quand les appareils d'éclairage montés au plafond se reflètent sur la vitre protectrice. Une disposition adéquate des appareils, des faisceaux étroits et des sorties de lumière occultées évite ces éblouissements par réflexion. [ERCO, 2012]

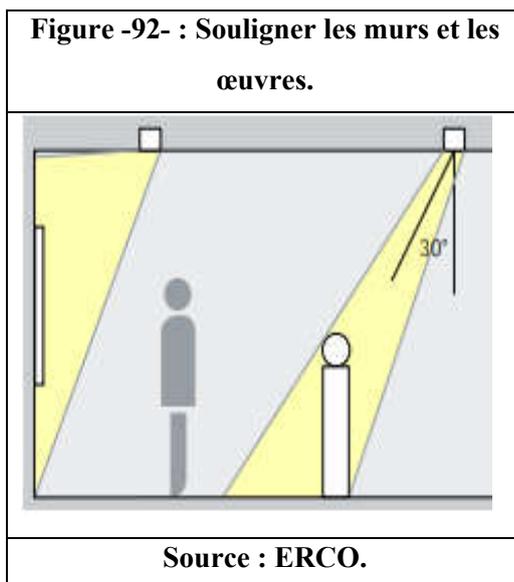
➤ **Bien disposer les appareils d'éclairage mural :**

La distance au mur des appareils à faisceau mural doit être d'un tiers de la hauteur sous plafond pour que la lumière soit répartie sur le mur avec homogénéité. L'entraxe des appareils doit être équivalent à la distance d'éloignement du mur. [ERCO, 2012]



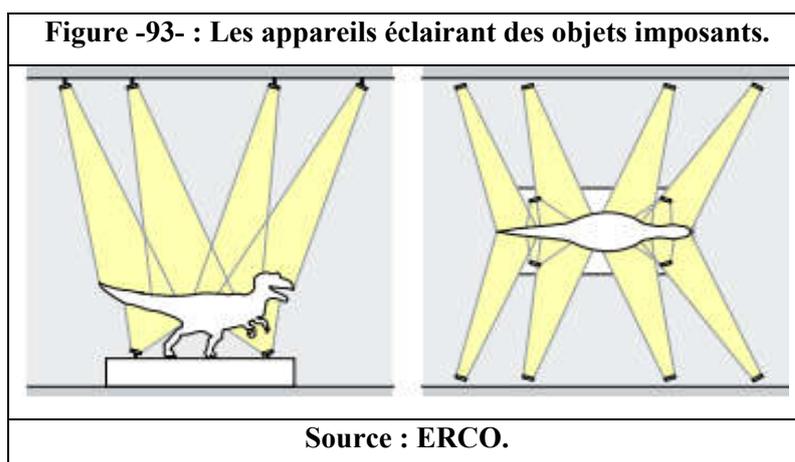
➤ **Souligner les murs et les œuvres :**

Un éclairage équilibré des salles et de l'exposition résulte de l'association d'un éclairage mural homogène, pour donner un sentiment de clarté, et d'un éclairage d'accentuation, pour modeler les sculptures. [ERCO, 2012]

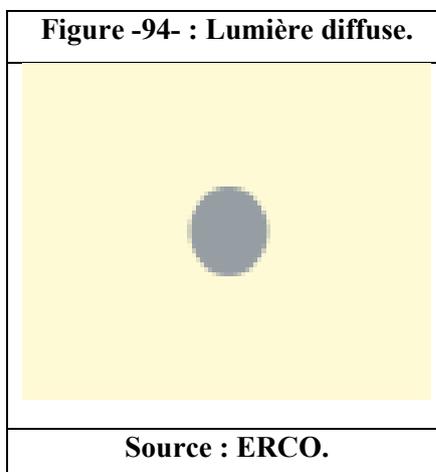


➤ **Disposer les appareils éclairant des objets imposants :**

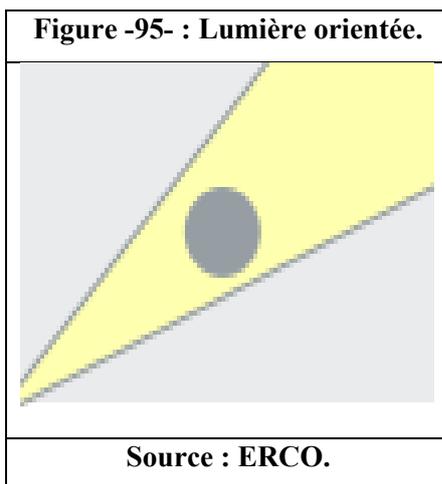
Plusieurs appareils diffusant un faisceau étroit éclairent à la perfection les œuvres imposantes, sans éblouir l'observateur. [ERCO, 2012]



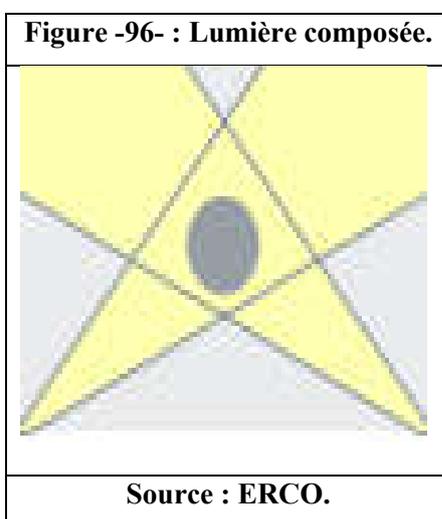
➤ Exposées sous une lumière diffuse, les œuvres semblent empreintes d'une Atmosphère douce et paisible, dénuée d'ombres.



➤ La lumière orientée est une condition sine qua non pour mettre en valeur les sculptures à la perfection. Un seul projecteur produit des contrastes très marqués.



- Pour des contrastes équilibrés sur les sculptures, la lumière principale est complétée par une lumière d'appoint, plus faible, que dispense un second projecteur.



- **La lumière diffuse et orientée :** La lumière diffuse est produite par des surfaces lumineuses, les plafonds de lumière par exemple. Comme sous un ciel nuageux, la lumière tombant de différents côtés est homogène, de sorte qu'en l'absence ou presque d'ombres, les sculptures semblent aplaties. Une lumière orientée comme les rayons du Soleil ou le faisceau d'un projecteur d'accentuation produit au contraire des ombres marquées, qui font ressortir de façon spectaculaire même les contours les plus subtils.

Conclusion :

De notre recherche on arrive à conclure que le musée est une institution gardienne de notre mémoire collective ; par son triple rôle de collection, conservation et présentation des œuvres de l'homme qui témoignent de son évolution, assure la pérennité et la transmission du patrimoine. Malgré l'importance que revêt cette institution, elle n'a pas connu du succès. Au contraire, elle était rejetée par tous ses publics. Pour cela la

muséologie a renouvelé ses attitudes et fait des évolutions spectaculaires dans le domaine de la présentation.

Dans un musée l'éclairage et un moyen d'expression, Il est important de conserver les œuvres transmet aux générations futures dans le meilleur état possible. Et pour prendre en compte l'éclairage dans le cadre de l'exposition, il faut prendre en compte la sensibilité objets exposés à la lumière, les caractéristiques des sources de lumière utilisées et les techniques de l'éclairage dans un musée. L'utilisation de lumière naturelle et artificiel besoins des matériaux spécifiques pour la protection des objets. La lumière est un matériau qui doit être maîtrisé pour répondre aux exigences d'un espace tel que le musée, elle doit être capable de donner les réponses adéquates aux problèmes posés par une exposition. La lumière utilisée dans un musée est fonction de plusieurs facteurs : le type d'objets exposés, les contraintes liées à la présentation, les contraintes liées à la préservation, l'appréciation du concepteur. La lumière électrique est plus contrôlable et maîtrisable et donc plus flexible que la lumière naturelle, elle est plus adaptée à certaines expositions, cette lumière peut être filtrée et dirigée, son intensité et sa température de couleurs choisie, mais la lumière naturelle demeure la lumière par excellence, une œuvre ne peut être appréciée pleinement que sous une lumière naturelle sous réserve d'être bien contrôlée. Plusieurs dispositifs permettent d'obtenir la lumière souhaitée. Pour une exposition il est possible d'avoir recoure à un éclairage zénithal ou non par le biais de plusieurs procédés associant ou non un vitrage translucide ou un matériau diffusant. Cependant il est impératif de garder à l'esprit que pour certaines œuvres il est plus que nécessaire d'éliminer les rayons ultraviolets ainsi que les infrarouges, premiers responsables de la dégradation des objets sensibles à la lumière.



Partie -II- :

Partie Pratique





Chapitre -III- :
*Méthodes d'évaluation
et d'application.*

Introduction :

La prise de conscience que l'énergie consommée par un bâtiment ne se limitait pas à de la chaleur pour son chauffage ou à de l'électricité pour son refroidissement date d'une dizaine d'années. La redécouverte de l'importance de l'éclairage dans le bilan énergétique d'un bâtiment a réhabilité l'éclairage naturel. Les développements actuels vont plus dans la direction d'outils informatiques sophistiqués et d'essais sur maquettes sous ciel artificiel. Néanmoins on voit aussi apparaître des outils informatiques plus simples permettant de « dimensionner » les éléments de prise de lumière.

Il existe un nombre important de logiciels dédiés à la simulation énergétique. Les logiciels existants diffèrent entre eux par les algorithmes qu'ils utilisent, par leur interface utilisateur et finalement par leurs vocations et leurs domaines d'application.

Ce chapitre vise à définir les outils de simulations dans le domaine de la conception en éclairage naturel ainsi que les différentes techniques architecturales permettant d'optimiser ce type d'éclairage pour les besoins énergétiques et d'éclairages.

Ce chapitre consiste aussi à évaluer l'éclairage naturel d'un bâtiment existant, en utilisant une méthode numérique, soit le logiciel ECOTECH.

III.1 L'optimisation de l'éclairage naturel :

III.1.1 Définition :

Optimisation ou optimalisation : l'action d'optimiser ou d'optimaliser, fait d'être optimisée ou optimalisé. C'est une démarche consistant à rendre optimal le fonctionnement d'un système. [Larousse.fr]

Rendre optimal, donner à quelque chose les meilleures conditions d'utilisation, de fonctionnement et de rendement.

III.1.2 Principe :

Déterminer la forme et la surface des ouvertures, ainsi que les aménagements intérieurs pour maximiser le confort lumineux et l'utilisation de la lumière naturelle.

La sensation de confort est une synthèse de nombreux éléments, tels que le confort thermique, le confort acoustiques, la qualité de l'air et la qualité lumineuse des espaces. Cette dernière provient de l'adéquation entre l'activité définie d'un local, la quantité de lumière, et la qualité de cette lumière : sa couleur, sa variabilité, les contrastes plus ou moins fort qu'elle crée, etc. Vu cette multiplicité de facteur, on ne peut pas « mesurer le confort ».

Dans une démarche de construction ou de rénovation durable, on privilégiera l'utilisation de la lumière naturelle à la place de l'éclairage artificiel. La qualité « spectrale » de la lumière naturelle ainsi que sa variabilité et ses nuances offrent une perception

optimale des formes et des couleurs. L'éclairage artificiel doit être donc considéré comme un complément à la lumière naturelle.

Pour le concepteur, la plus grande difficulté sera de s'assurer que son projet offre un niveau d'éclairage naturel suffisant pour une période maximale au cours de l'année.

III.1.3 Les objectifs :

- A éviter : Les locaux sans éclairage naturel.
- Minimum : une surface vitrée correspondant à 1/5 de la surface planchée dans les locaux habitables et à 1/12 de la surface plancher si les surfaces éclairantes sont dans les versants de toiture. [Bruxelles environnement, 2010]

III.1.4 Comment optimiser ?

Des mesures doivent être prises aux différentes phases de développement et de réalisation du projet :

III.1.4.1 Programmation :

L'agencement des espaces doit être tel que chaque local bénéficie d'un éclairage naturel, en ce compris les locaux de circulation.

III.1.4.2 Esquisse :

➤ Dimension des ouvertures :

Sans tenir compte de l'ensoleillement direct, et donc indépendamment de l'orientation, on considère qu'une pièce est correctement éclairée jusqu'à une profondeur de 2,5 à 3 fois la hauteur du linteau. D'autre part, une surface éclairante équivalente à 1/5 de la surface planchée.

➤ Position des ouvertures :

Plus une ouverture n'est haute, mieux le fond du local est éclairé naturellement. Une zone d'ombre est néanmoins créée le long de l'allège. La combinaison d'un « Clerestory » (fenêtre dont le seuil est au-dessus du niveau de l'œil) et d'une fenêtre « classique » permet un éclairage optimal.

➤ Forme des ouvertures :

La forme de l'ouverture permet d'augmenter le confort visuel en limitant le risque d'éblouissement et les zones d'ombres. Voici différents exemples de conception allant dans ce sens. [Bruxelles environnement, 2010]

III.1.4.3 Avant-projet :

➤ Matériau de transmission :

On choisira des vitrages dont la transmission lumineuse est maximale.

Type de vitrage	Transmission lumineuse %
Simple vitrage claire	90

Double vitrage claire	81
Double vitrage claire basse émissivité	78
Double vitrage claire absorbant	36 à 65
Double vitrage claire réfléchissant	7 à 66
Triple vitrage claire	74

Tableau -1- : Les matériaux de transmissions lumineuses

Source : Guide pratique pour la construction et la rénovation durables de petits bâtiments réadapté par l'auteur.

➤ **Matériau de revêtement :**

Des revêtements muraux et de plafond de teinte claire rendent la pièce plus lumineuse. Les facteurs de réflexion conseillés sont les suivants : [Bruxelles environnement, 2010]

Eléments	Facteur de réflexion conseillé
Plafonds	0.7 à 0.85
Murs proches des sources lumineuses	0.5 à 0.7
Autres murs	0.4 à 0.5
Sols	0.1 à 0.3
Surfaces supérieures des tables de travail	0.4 à 0.5

Tableau -2- : Les matériaux de revêtements conseillés

Source : Guide pratique pour la construction et la rénovation durables de petits bâtiments réadapté par l'auteur.

III.1.5 Les techniques d'optimisation :

III.1.5.1 Les baies vitrées :

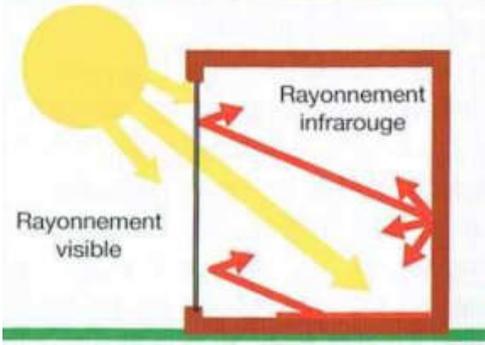
Les baies vitrées sont les plus complexes et les plus coûteux composants du Bâtiment en raison du grand nombre de rôles contradictoires qu'elles Doivent jouer :

- Éclairage mais occultation, vue vers l'extérieur mais recherche d'intimité
- Pénétration du soleil mais protection solaire étanchéité mais ventilation. [David RODITI, 2011]

III.1.5.2 Les stores volets et brise-soleil :

➤ **Volets isolants intérieurs :**

L'idée d'ouvrir la façade sud au maximum est excellente pour bénéficier des apports solaires en hiver, mais le contrôle de l'ensoleillement est souvent complexe. Une solution intéressante consiste à utiliser des volets intérieurs. Plusieurs maisons solaires passives ainsi que des bâtiments scolaires et universitaires ont été construits dans les Pyrénées- Orientales avec des volets isolants intérieurs. [David RODITI, 2011]

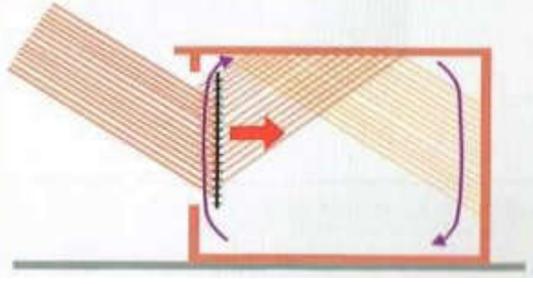
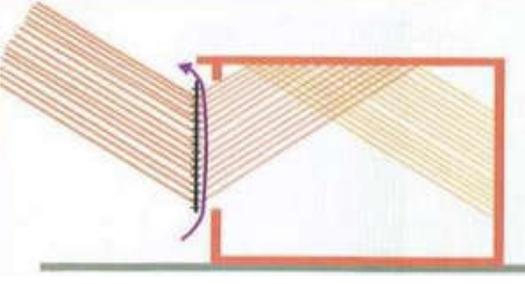
<p>Figure -97- : Utilisation des volets intérieurs pour le captage et la protection solaire.</p>	<p>Figure -98- : Utilisation de l'effet de serre.</p>
	
<p>Source : Mimi Tjoya architecte.</p>	<p>Source : Ventilation et lumière naturel.</p>

➤ **Les stores à lamelles :**

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

- Escamotés, ils ne gênent pas la pénétration du rayonnement solaire.
- Descendus avec les lamelles en position horizontale, ils favorisent la répartition de la lumière naturelle.

Fermés, ils peuvent occulter la surface vitrée. [David RODITI, 2011]

<p>Figure -99- : Fonctionnement des stores à lamelles extérieurs et intérieurs au plan thermique.</p>	
	
<p>Source : Ventilation et lumière naturel.</p>	

➤ **Le brise-soleil :**

Le brise-soleil fait partie du traitement architectural des façades. En général, c'est un dispositif fixe ou mobile qui permet la pénétration des rayons du soleil en hiver et crée de l'ombre en été sans empêcher la circulation de l'air. Dans certains cas, il filtre la lumière du jour comme un moucharabieh dans l'architecture arabe traditionnelle. [David RODITI, 2011]

III.1.5.3 Dispositifs de l'éclairage zénithal :

L'éclairage en provenance d'une ouverture située en toiture est nettement plus efficace que celui d'une fenêtre de même surface en façade. Il est donc recommandé de

prévoir des dimensions plus modestes dans le premier cas que dans le second. Les fenêtres en toiture doivent être ouvrantes et équipées d'un store de protection solaire. Les fabricants connaissent ces problèmes et ils ont conçu une gamme d'accessoires pour contrôler les apports solaires et la ventilation. Les différentes solutions techniques (sheds, dômes, verrières, par fibres optiques ...) décrites sont classées de la plus satisfaisante à la moins favorable.

➤ **Les sheds :**

C'est la meilleure solution pour l'éclairage naturel. Les sheds permettent de concilier un éclairage suffisant, homogène et une limitation des apports solaires. Le vitrage sera orienté au nord. Ils peuvent être verticaux, inclinés à 45 °- 60 ° par rapport à l'horizontale.

➤ **Les dômes :**

Économiques ils ne nécessitent pas de structure lourde et ils permettent d'atteindre l'objectif en termes de facteur de lumière du jour direct avec une surface d'environ 10 % d'indice de vitrage. Cependant, ils n'évitent pas la pénétration solaire et, en conséquence, l'éblouissement. Pour éviter l'éblouissement des opérateurs, les prises de jour ne doivent pas être dans un angle de 30° au-dessus de l'horizontale. Ceci peut être obtenu en équipant les dômes de corniches surélevées et munies de garde-corps.

➤ **Les verrières :**

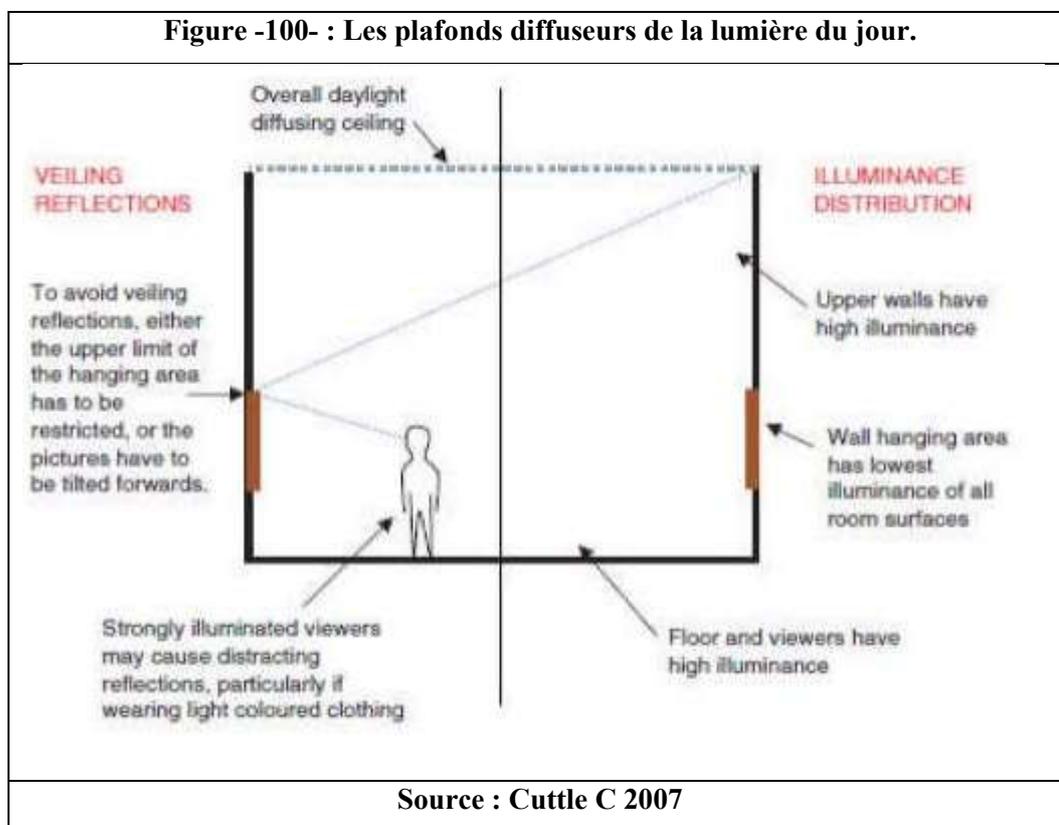
L'architecture moderne utilise abondamment les verrières (Exemple, les pyramides), notamment pour les halls d'accueil. Cette solution présente de nombreux inconvénients, notamment un apport solaire important, lié à la surface de ces verrières et une difficulté de nettoyage (Extérieur et intérieur). [www.inrs.fr]

Cette idée de l'éclairage zénithal se retrouve chez Renzo Piano dans son musée de Beyeler, Bâle où les salles d'expositions possèdent un éclairage naturel zénithal. Celui-ci est assuré par un système complexe fonctionnant comme un véritable filtre à lumière. La partie supérieure de la verrière est composée des plaques inclinées en verre émaillé. La partie inférieure est constituée de panneaux translucides permettant un éclairage homogène. Entre deux, un vide d'air praticable pour la maintenance intègre des volets inclinables et l'éclairage artificiel. Ceux-ci permettent d'assurer des conditions d'éclairage homogène. [ROBERTO GONZALO ; KARL J. HABERMANN, 2005]

• **Les plafonds diffuseur de la lumière naturelle :**

Le désir d'avoir de la lumière du jour, conjuguée à la nécessité d'éliminer les rayons directs du soleil, pourrait suggérer un nouveau dispositif ou il y'a une réponse aux

deux exigences. Le puits de lumière et la diffusion de lumière seraient des solutions évidentes. Toutefois, les exemples ne sont pas nombreux, et dans certains cas, où la conception première était la lucarne, il y'a eu une transformation totale en un plafond totalement vitré.



Le musée métropolitain de l'art, New York, a installé un grand dispositif d'éclairage plafonnier pour la Galerie André Meyer lors de l'exposition des peintures européennes au XIXe siècle. Le plafond composé de 0.06 mm carié de verre en panneaux de plastique prismatique montée de 2-3 m en dessous d'un diffuseur de toit en verre et environ 6 m au- dessus du niveau du plancher. [SARAOUI Selma, 2012]

- **Lumière naturelle par fibres optiques :**

La société suédoise Parans Solar Lighting a développé un système d'éclairage naturel par fibres optiques. Un capteur de lumière monté sur un socle motorisé est installé en toiture ou en façade. L'ensemble est conçu pour que la surface de captage soit maintenue face au soleil en permanence. La lumière reçue par le capteur est focalisée sur des fibres optiques par des lentilles de Fresnel, puis transmise à l'intérieur du bâtiment. Les fibres optiques sont reliées à des diffuseurs qui se présentent comme des spots orientables, l'avantage de la transmission de la lumière par fibres optiques réside dans le fait que des câbles composés de nombreuses fibres peuvent suivre un parcours horizontal

ou vertical à travers un bâtiment comme un réseau électrique. Les coudes ou la distance parcourue ont peu d'effet sur la luminosité. [David RODITI, 2011]

✓ **Evaluer une ambiance lumineuse :**

Lors d'un projet d'architecture, tant en construction qu'en rénovation, si l'on souhaite avoir une idée de l'ambiance lumineuse, il faut soit réaliser une simulation informatique, soit construire une maquette. La simulation implique l'achat et l'apprentissage de logiciels spécifiques. Il est donc nécessaire de passer par un bureau d'étude spécialisé. Cependant, pour qu'elle soit représentative, il est nécessaire de suivre certaines règles de construction, notamment pour éviter les « fuites lumineuses » aux jonctions, ou pour choisir les bons matériaux. Idéalement, la maquette sera étudiée sous un ciel artificiel, pour ne pas être tributaire des conditions météo. De tels outils sont rarement utilisés par les architectes pour les petits projets. Néanmoins, certains bureaux d'étude spécialisés peuvent offrir ce type de mission, mais leur coût se justifie rarement pour des petits bâtiments.

III.2 La simulation en architecture :

III.2.1 Définition de la simulation :

Définition selon Dictionnaire Universel Francophone Hachette :

- ✚ Reproduction expérimentale des conditions réelles dans lesquelles devra se produire une opération complexe.
- ✚ Modèle de simulation : représentation mathématique d'un certain nombre d'éléments pouvant intervenir sur un système, afin d'étudier les conséquences de la variation de certains de ces éléments. [www.farnophonie.hachett-livre.fr]

La simulation numérique est une représentation de phénomènes physiques complexes rendue possible grâce à une série de calculs et un modèle mathématique comportant des équations aux dérivés partiels. La méthode la plus répandue est la méthode des éléments finis. C'est le moyen de simuler de manière virtuelle un produit dans son environnement final et ainsi de répondre à de multiples enjeux industriels tels qu'anticiper les écueils de conception, réduire les prototypes ou encore favoriser l'innovation. [www.visiativ-solutions.fr]

Il existe différentes méthodes de prédétermination de la lumière naturelle. On peut les classer selon trois catégories principales :

- **Méthodes numériques (informatiques)** : qui utilisent les procédures de la géométrie algorithmique et de la synthèse d'image.
- **Méthodes analogiques** : qui reproduisent par des dispositifs mécaniques ou optiques les positions relatives de la Terre et du soleil et l'ensoleillement résultant,

- **Méthodes graphiques** : qui mettent en œuvre les techniques de projection géométrique au trait en deux dimensions. [MAHAYA Chafik, 2014]

III.2.2 Objectifs de la simulation :

- Optimiser et valider l'éclairage naturel et artificiel.
- Baisser les charges d'éclairage artificiel.
- Optimiser le confort visuel.

III.2.3 Les avantages de simulation :

- Prévoir l'état final d'un système connaissant son état initial (problème direct).
- Déterminer les paramètres d'un système connaissant un ou plusieurs couples (état initial - état final).
- Préparer des opérateurs à des conditions plus ou moins rares dans leur interaction avec un système complexe (simulation d'entraînement).

III.2.4 Les méthodes de simulation :

III.2.4.1 Méthode de simulation du Confort thermique :

Lors de la conception des bâtiments, le confort hygrothermique, visuel, acoustique, olfactif, psychologique... sont des données essentielles qui seront tenir compte des exigences liées aux conditions climatiques de fonctionnement de certains équipements et appareillages de production (ordinateurs, machines...).

Logiciel : PEM - confort

III.2.4.2 Climat, données et analyse :

Des données climatiques sont nécessaires pour la plupart des calculs en physique du bâtiment. Dans certains cas, comme le calcul du bilan énergétique, on se contentera de données mensuelles (moyennes mensuelles). Lors de simulations dynamiques, il faudra faire recours à des données horaires.

Logiciel : METEONORM

III.2.4.3 Accès solaire, ombrages

De tous temps et dans toutes les civilisations les accès solaires ont joué un rôle important. La connaissance des phénomènes d'ombrage permet une meilleure maîtrise du fonctionnement passif des bâtiments et de leur interaction avec le milieu environnant.

III.2.4.4 Eclairage naturel / artificiel

Une attention toute particulière revient aux outils de simulation en éclairagisme.

Logiciel : Ecotect

III.2.5 Méthodologie de la simulation :

La mission commence de préférence dès la réalisation d'une 1^{ère} esquisse et se termine à la fin de la phase avant projet avant le dépôt du permis de construire.

- Réception des plans, vitrages.
- Modélisation du projet.
- Optimisation de l'éclairage naturel.
- Comparaison de différentes hypothèses en coût énergétique.
- Détermination du Facteur de Lumière du Jour (FLJ).
- Détermination de l'autonomie en éclairage naturel.
- Diagnostic du projet.
- Etude d'éclairage artificiel.
- Calcul des consommations suivant les hypothèses de gestion de l'éclairage.
- Diagnostic éclairage artificiel.

III.2.6 La simulation de l'éclairage naturel :

III.2.6.1 Les logiciels :

Les méthodes de simulation informatique ont été développées à partir des équations préexistantes d'un espace. Elles procurent la facilité recherchée dans l'évaluation de l'impact d'une modification de géométrie, d'orientation ou de couleur.

Les programmes de simulation de l'éclairage naturel ont pris un essor considérable ces 10 dernières années. Ce développement est lié aux progrès importants réalisés dans le domaine informatique.

Les techniques de "lancer de rayon" et de "radiosité" utilisées au départ pour la réalisation de modèles différents semblent assez bien se compléter et il s'avère actuellement que les développeurs s'orientent vers la combinaison de ces deux méthodes dans un même outil.

Parmi ces logiciels on trouve :

- Ecotect.
- Dia lux.
- Day Sim.
- Radiance.
- Velux.

III.2.6.2 ECOTECT :

III.2.6.2.1 Description de logiciel ECOTECT :

ECOTECT est un logiciel de simulation complet de conception depuis la phase d'avant-projet jusqu'à celle de détail qui associe un modeleur 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, Energy Plus et à beaucoup d'autres outils plus spécialisés. ECOTECT est bon pour enseigner au débutant les concepts importants nécessaires pour la conception efficace de bâtiment.

[logiciels.i3er.org]

III.2.6.2.2 Les fonctions principales :

La fonction Visual Impact, aide à analyser les angles de projection, les obstructions et les composants verticaux pour n'importe quel point ou surface.

- **La fonction Solar Radiation Analysis :** "Ecotect 5.5" permet de visualiser l'incidence des radiations solaires sur les fenêtres et les surfaces calculées pour chaque saison.
- **La fonction Shadow and Reflections :** permet les simulations d'ombres, de réflexions et indique la position du soleil et l'ensoleillement du projet comme elle montre comment la lumière entre par les fenêtres et se déplace dans l'espace.
- **La fonction Day light, permet de calculer les détails de l'ensoleillement, les facteurs d'éclairage naturels :** les niveaux d'éclairage (lux), le facteur de lumière du jour (%), les réflexions intérieures et extérieures (%) à n'importe quel point du modèle, ainsi que les composantes du ciel. Selon le type de la grille (verticale ou horizontale), la fonction affiche les résultats en 2D et/ou en 3D. Elle simule aussi les économies potentielles qu'offre la conception axée sur l'éclairage naturel. Notre travail se base sur cette fonction.
- **La fonction Thermal performance :** permet de calculer les charges de chauffages et de climatisation pour toute types de zones, quelques soient leurs formes. Il analyse également les changements thermiques dû à l'occupation des bâtiments, aux apports internes, à l'infiltration, ainsi qu'aux différents équipements. **[DAICH Safaa]**

III.2.6.2.3 Les caractéristiques :

- ECOTECT permet l'entrée de la simulation thermique.
- Permet l'impact de la température de l'air, de l'humidité relative et de la vitesse du vent.
- Autoriser l'analyse directionnelle du vent d'ECOTECT.
- ECOTECT permet l'utilisation de bases de données dont l'irradiation de diffusion est observée.

- ECOTECH permet l'irradiation directe, la couverture nuageuse et les précipitations.

III.2.6.2.4 Les avantages d'ECOTECH by Autodesk :

- Les architectes sont mieux habilités à prendre des décisions concernant les questions.
- Fournit une approche holistique de la conception des bâtiments. • Bâtiments plus économes en énergie et approche écologique.
- Crée une approche plus durable du développement Changement climatique et ressources dimensionnelles abordées.
- Impact significatif sur la conception et la construction de l'environnement bâti.
- Les professionnels de la conception de bâtiments ne s'appuient plus sur des applications génériques.
- Les « règles empiriques » pour la conception de bâtiments éco énergétiques appartiennent au passé.
- Les mises à jour et les transferts de données peuvent s'effectuer de manière transparente dans les applications.
- Les consultants qui travaillent à la fin de la phase de conception peuvent modéliser la 3D.
- L'attitude « juste pour que ça marche » est remplacée par un outil de modélisation 3D de pointe.
- Gain de temps, d'argent et de ressources pour les concepteurs, ingénieurs, entrepreneurs, propriétaires.

III.2.6.2.5 Cas d'étude :

Musée EL-MOUDJAHID Oum Bouaghi :

Etude urbaine et architecturale :

Présentation du musée :

- Projet de réalisation d'un édifice de racine culturelle historique intégrée au milieu urbain attirant nommé « musée el moudjahid ».
- Le musée d'el Moudjahid est le seul musée dans la wilaya d'Oum el Bouaghi, il est situé au noyau central de la ville d'OUM EL BOUAGHI.
- Le terrain est situé dans une cité administrative et sur le bord de la route national boulevard HOUARI BOUMIAN à OUM EL BOUAGHI.
- **Titre :** Musée d'el moudjahid.
- **La situation :** Centre-ville Oum El Bouaghi.
- **Réalisation :** 14-07-2005.

- **Surface** : 2450m².
- **L'architecte** : Cheni Djamel.
- **Type de construction** : Musée d'ethnologie.

<p>Figure -101- : Musée El Moudjahid.</p>	<p>Figure -102- : Les limites de musée.</p>
	
<p>Source : Khonfais Bouthaina, Meddour Souad, 2016.</p>	<p>Source : Google Earth (réadaptée par auteur)</p>

La situation :

Le musée d'el moudjahid situé à Oum El Bouaghi (avenue Houari Boumediene) dans un site administratif connu par sa circulation importante et sa richesse de côté équipement. Situation en plein agglomération urbain au centre-ville.

<p>Figure -103- : La situation du musée.</p>

<p>Source : Google Earth (réadaptée par auteur)</p>

L'implantation et l'intégration urbain :

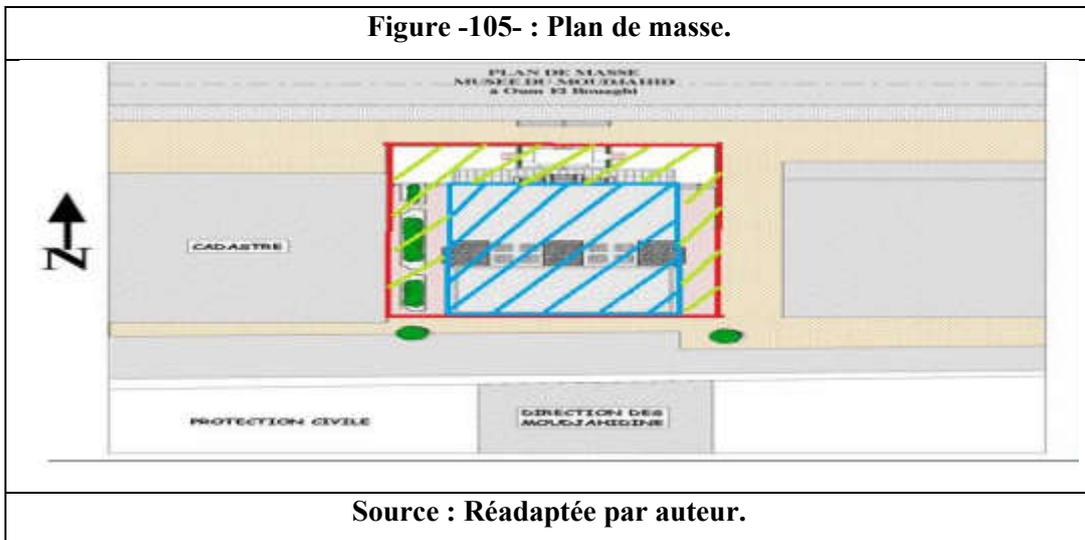
- Le musée est implanté dans un site connu par plusieurs activités et sur le bord de la route national boulevard Houari Boumediene.
- Le musée s'intégré par cohérence aux autres équipements qui il entoure.
- Un bon choix de site qui est intégré dans le centre-ville.

<p>Figure -104- : L'intégration urbaine de musée.</p>

<p>Source : https://www.calameo.com/books/00473648 fe1c5be6096f</p>

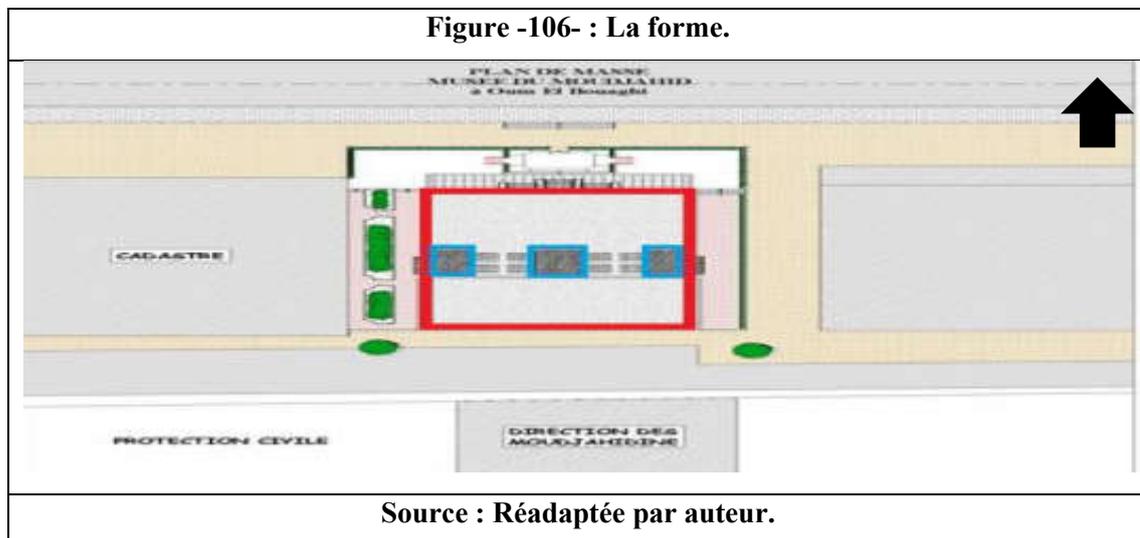
Plan de masse :

- Le musée est orienté au nord.
- Manque d'aires de stationnement dans le musée.



- En rouge la surface totale du musée : **2400 m²**.
- En bleu la surface qui représente le bâti : **1140 m² est de 47,50%**.
- En vert la surface non bâtie : **1260 m² est de 52,50%**.
- Le musée est mal aménagé à l'extérieur : **l'absence des parkings et la pauvreté des espaces vert (jardin, placettes).**

La forme :

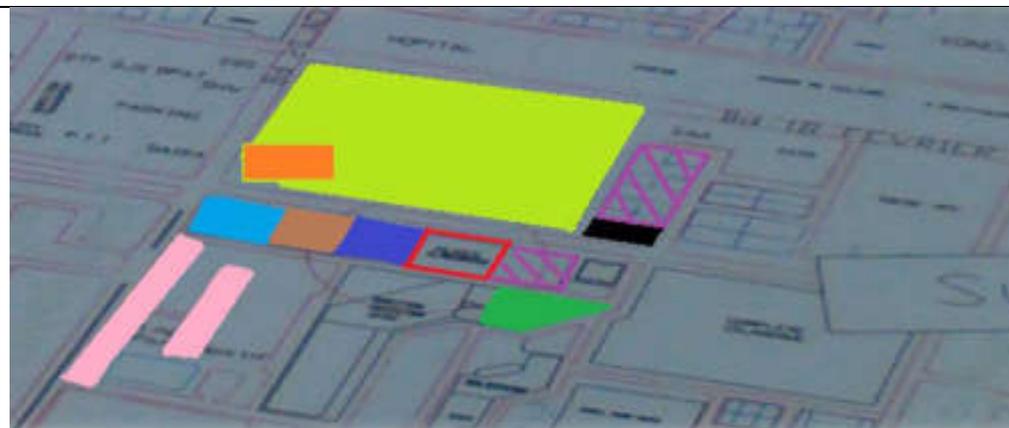


- La forme générale est régulière formant rectangle.
- Des formes simple, classique, symétrique.
- La forme de musée est très simple et l'absence de l'attractivité.

L'environnement immédiat :

Le musée est entouré par des équipements administratifs (Cadastre, Bank BADR, Centre scientifique, L'URBACO, B.N.A), une placette (ISTIKLEL) et des habitats collectifs et individuels.

Figure -107- : L'environnement immédiat du musée.



Source : Réadaptée par auteur.

L'accessibilité :

Le musée est accessible par un vois mécanique houari Boumediene qui relie avec les rues principales RN 10 et RN 32 et par des voies secondaires et tertiaire.

Figure -108- : L'accessibilité au musée.



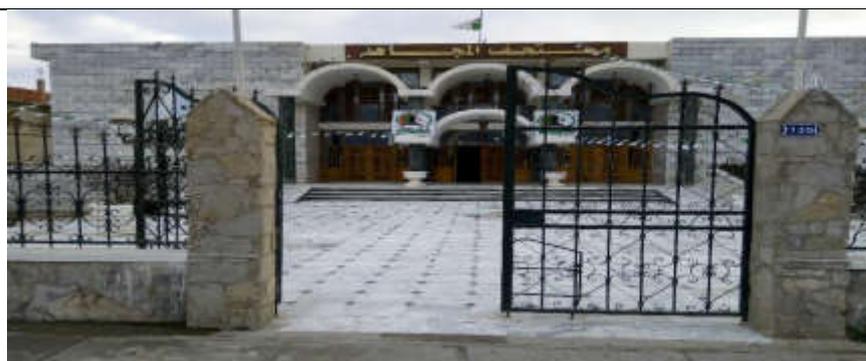
Source : Réadaptée par auteur.

- En jaune la rue principal RN 32.
- En move la rue principal RN 10.
- En bleu Boulevard houari Boumediene.
- En vert la rue mécanique et piéton.
- Une bonne accessibilité au projet revient à la présence des voies mécanique dans les quatre cotés.

Les accès et les entrées :

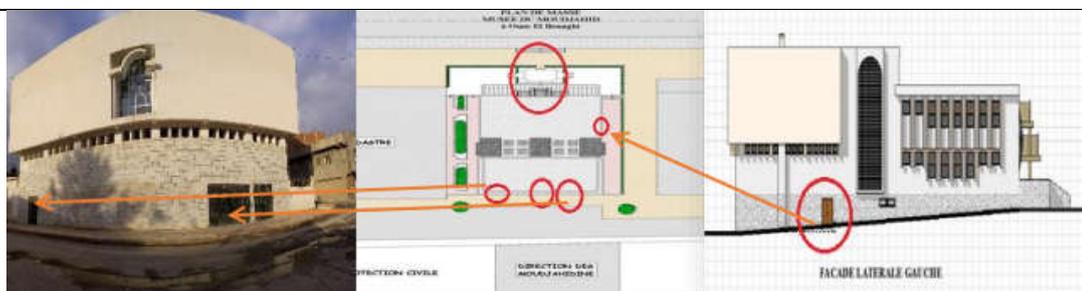
L'entrée principal est bien marquée par des colonnes et des arcs en plein cintre.

Figure -109- : L'entrée principale du musée.



Source : Auteur.

Figure -110- : Les entrées secondaires du musée.



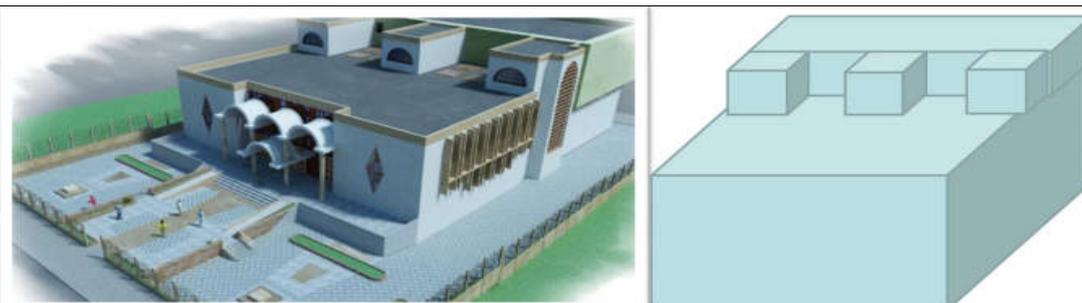
Source : Auteur.

- Il y a un seul accès relié avec l'entrée principale par des escaliers et une rampe pour les handicapés.
- Il y a 2 escaliers pour accéder à un petit jardin.
- Il y a 3 entrées secondaires au derrière de façade une porte et deux garages pour le service.
- L'entrée secondaire 1 se trouve dans la façade latérale une porte simple et caché.
- L'entrée au musée est facile et claire pour le public.

La volumétrie :

Le volume est monobloc, composé Par des parallélépipédiques.

Figure -111- : La volumétrie.



Source : Auteur.

Volume simple et claire, l'utilisation d'une dégradation pour l'éclairage.

Les façades :

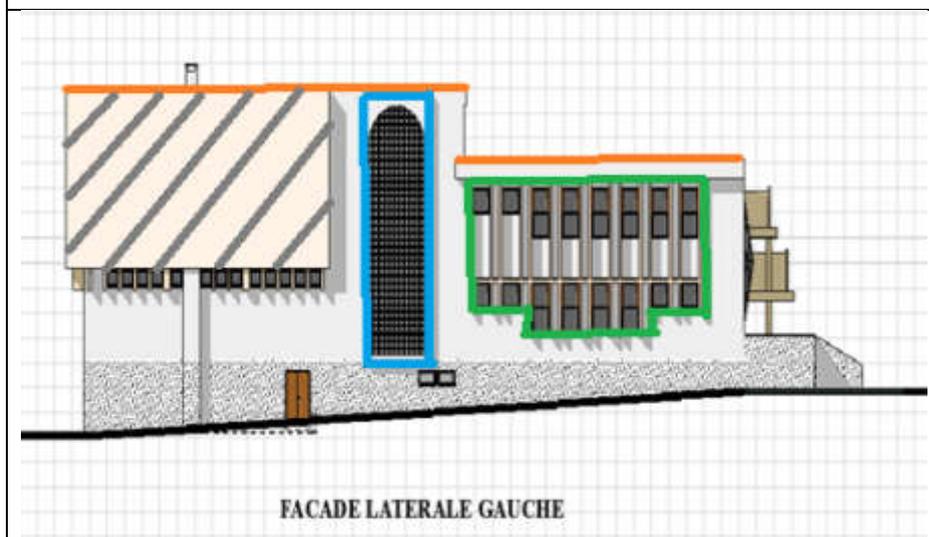
Figure -112- : La façade principale.



Source : Auteur.

- L'utilisation de 2 éléments losange.
- Un axe vertical de symétrie remarquable.
- L'utilisation de moucharabié.
- L'entrée principale marquée par 4 grandes arcs plein cintre superposé.
- Des colonnes à double hauteur.

Figure -113- : La façade latérale gauche.



Source : Auteur.

- L'utilisation des grands baises vitrées pour l'éclairage naturel.
- L'utilisation des murs aveugle.
- L'utilisation des ouvertures simple, petites, et régulier de forme carré et rectangle.
- L'utilisation des brises solaires du côté est.
- Il Ya deux hauteur différents au niveau de la façade : 15,80 et 11,20.

- La façade principale est riche par des éléments décoratifs par contre les autres façades sont simples.
- La présence de la symétrie au niveau de la façade principale.

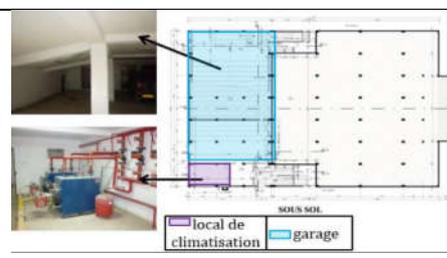
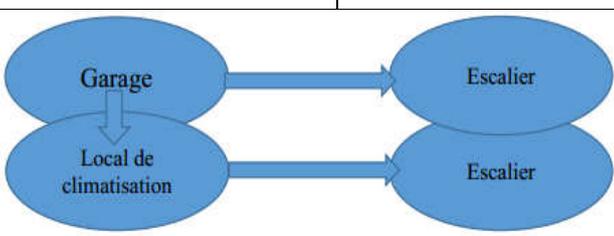
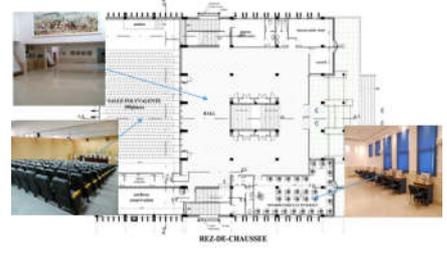
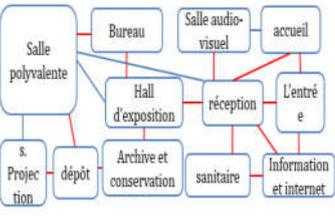
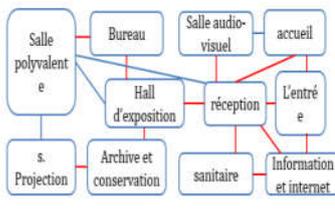
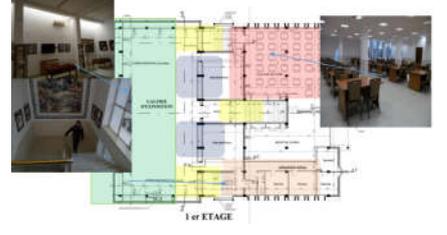
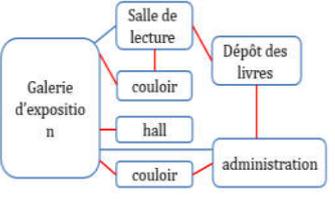
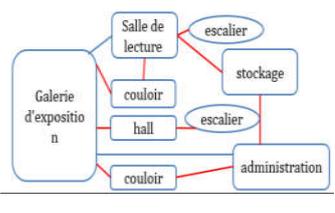
Les matériaux de construction :

- **Le béton :** matériau principal.
- **Le bois :** pour les portes.
- **Le Verre :** les fenêtres.
- **Le Marbre :** décoration de façade.
- **La texture :** est lisse la façade principale est décorée par le marbre et les autres sont simple.

Les couleurs :

- Blanc.
- Gris.
- Marron.
- Bleu.
- Noir.

L'intérieur :

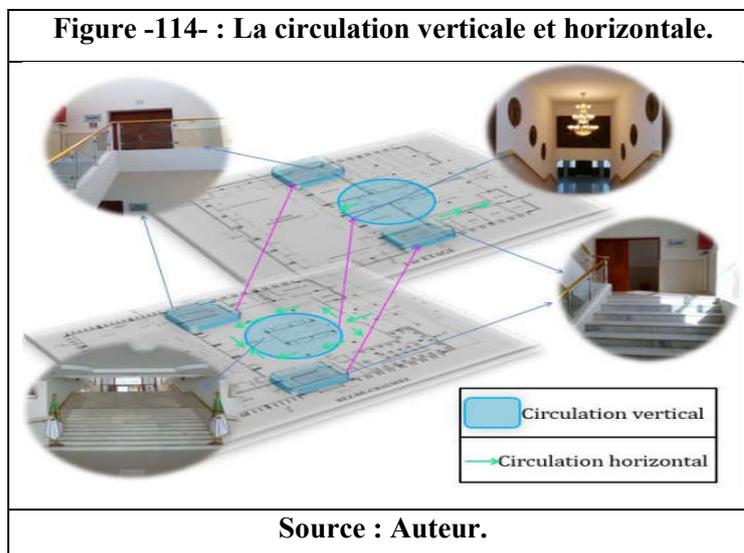
Tableau -3- : La distribution des espaces.		
Plan	Organigramme fonctionnel	Organigramme spatial
 <p>SOUS SOL</p> <p>local de climatisation garage</p>		
 <p>BEZ-DE-CHAISSE</p>		
 <p>1er ETAGE</p>		
Source : Auteur.		

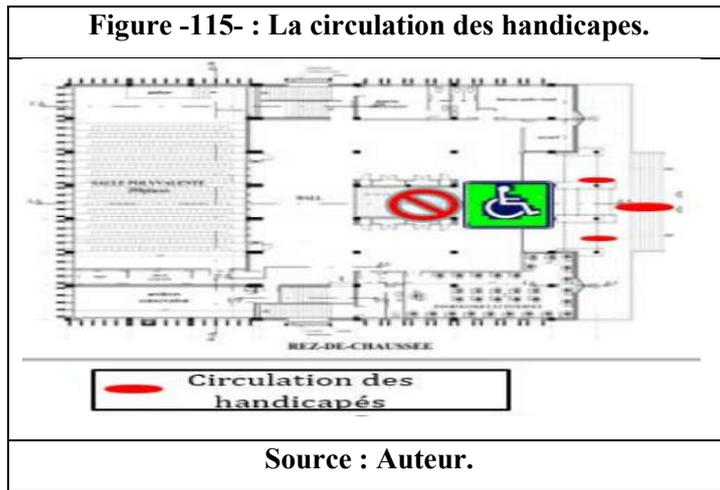
- L'accueil : situer au niveau de la rue mais il est clôturé et se fermer sur l'extérieur, donc ce n'est pas pour le public.
- La présence d'un parking qui situé au niveau du sous-sol mais il ne fonctionne pas à cause de l'absence d'une relation forte avec l'extérieur.

Etage	Programme		
Sous-sol	/		
RDC	<u>Espace</u>	<u>Orientation</u>	<u>Surface m²</u>
	<u>Accueil</u>	<u>Nord</u>	<u>12</u>
	<u>Hall</u>	<u>Au centre</u>	<u>Espace vaste</u>
	<u>Salle polyvalente</u>	<u>Sud</u>	<u>290</u>
	<u>Salle de projection</u>	<u>Sud</u>	<u>15</u>
	<u>Archive de conservation</u>	<u>Sud-est</u>	<u>50</u>
	<u>Information et internet</u>	<u>Nord-est</u>	<u>210</u>
	<u>Salle audio-visuel</u>	<u>Nord-ouest</u>	<u>18</u>
	<u>Sanitaires</u>	<u>Nord-ouest</u>	<u>14</u>
<u>Bureau conférencier</u>	<u>Vers l'ouest</u>	<u>18</u>	
1 ^{er} étage	Espace:	Orientation:	Surface: m²
	Galerie d'exposition	Sud	372
	administration	Nord-est	71
	Salle de lecture	Nord-ouest	210
	Dépôt des livres	Nord	75
Source : Auteur.			

La circulation :

- La circulation verticale est assurée par des escaliers pour les visiteurs. Mais pour les handicapés et les âgées est non prise en compte à cause du manque d'ascenseurs.
- La surface générale des escaliers est 78 m² pour une construction de 780 m² donc 10 %.



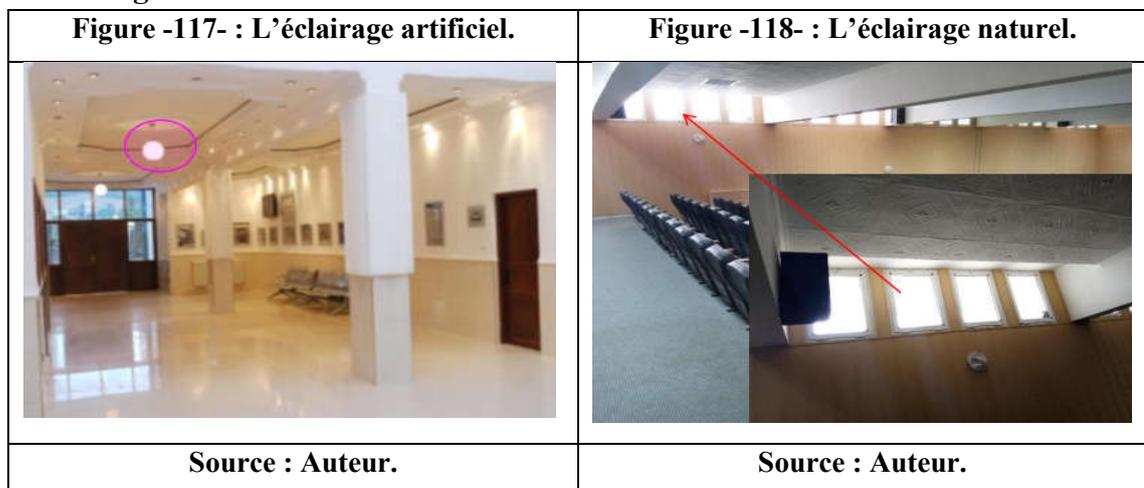


L'aménagement et les couleurs :

- Le hall est aménagé par des tableaux Galerie d'exposition : aménager par des tableaux, des vitrines.
- La salle de lecture : aménager par des tables et des chaises.
- Les couleurs sont : Beige, blanc, rose claire, oranges.
- L'absence d'aménagement au niveau du hall qui est le premier contact avec le visiteur.



L'éclairage :



La structure :

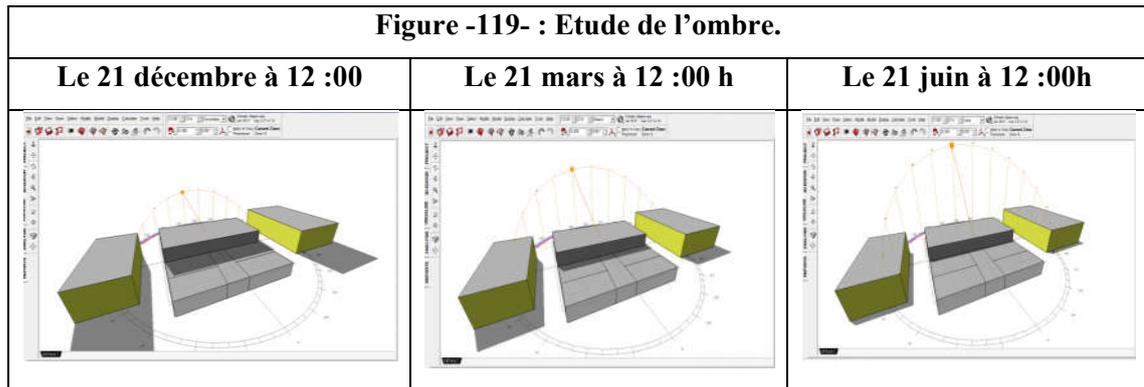
La structure c'est l'importance de chaque construction pour une bonne résistance.

La structure de musée est : poteau-poutre en béton armé.

L'utilisation des poteaux comme un porteur et aussi comme une décoration dans les salles pour l'exposition des cadres.

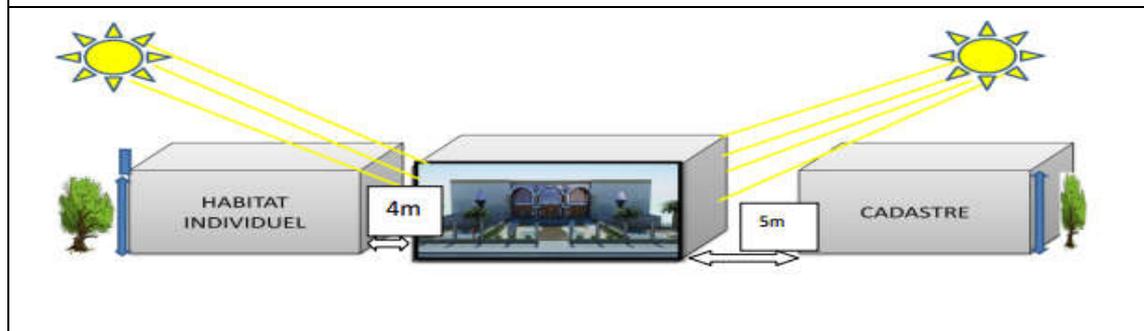
Simulation :

Etude de l'ombre de l'environnement immédiat :



Source : Auteur.

Figure -120- : L'influence de bâtiment voisinant.



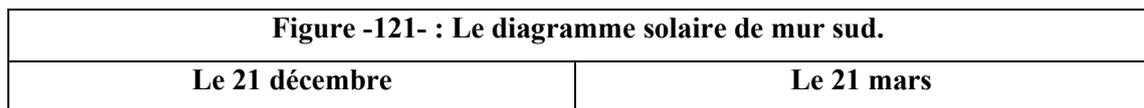
Source : Auteur.

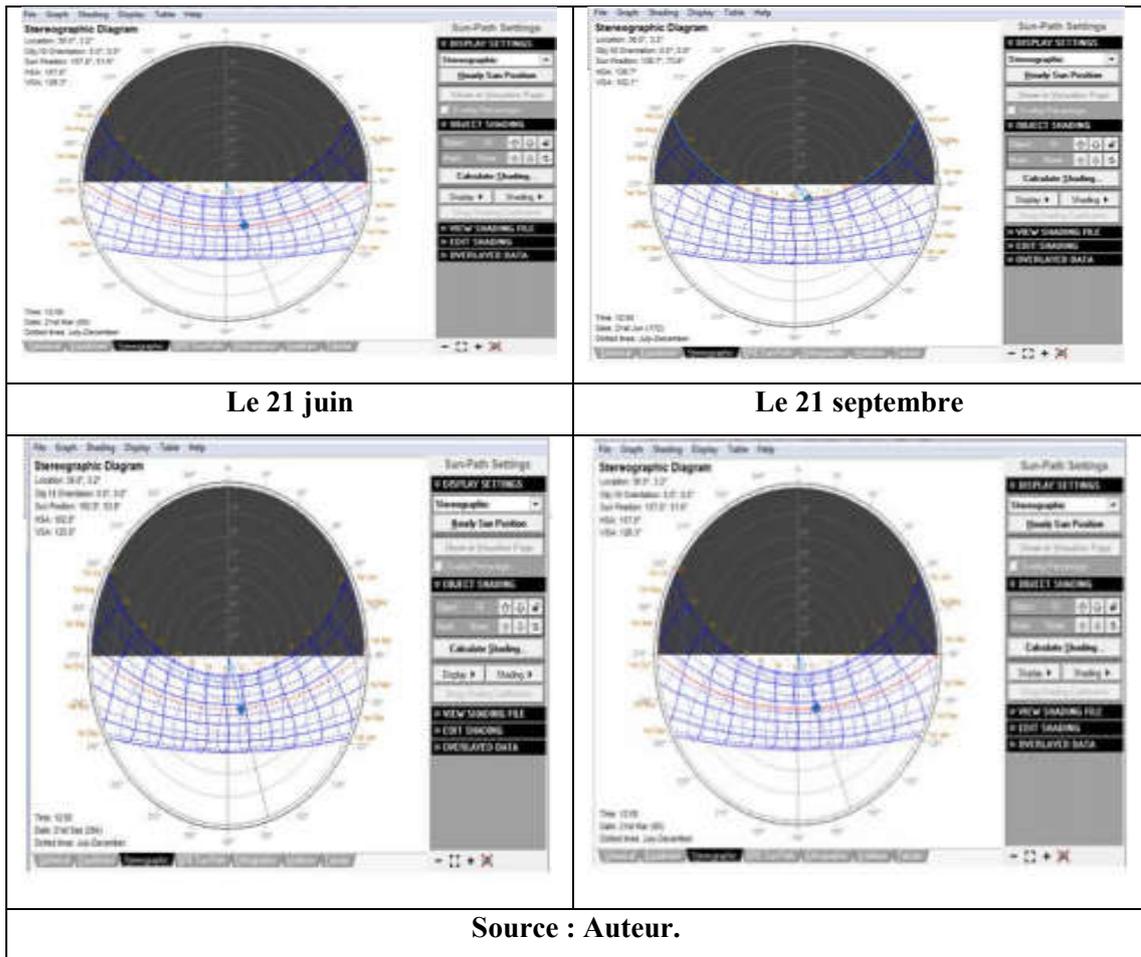
Il n'existe pas une influence de bâtiment voisinant sur l'éclairage de musée.

Etude de l'éclairage sur les façades :

Le diagramme solaire :

Mur sud :





Source : Auteur.

- **21 Décembre :**

Partie ensoleillée du 10 :00 h jusqu'à 15 :00 h et ombrée à partir de 6 :00 h jusqu'à 9 :00 h et à partir de 15 :00 h jusqu'à la fin de journée.

- **21 Mars :**

Partie ensoleillée du 10 :00 h jusqu'à 15 :00 h et ombrée à partir de 6 :00 h jusqu'à 9 :00 h et à partir de 15 :00 h jusqu'à la fin de journée.

- **21 Juin :**

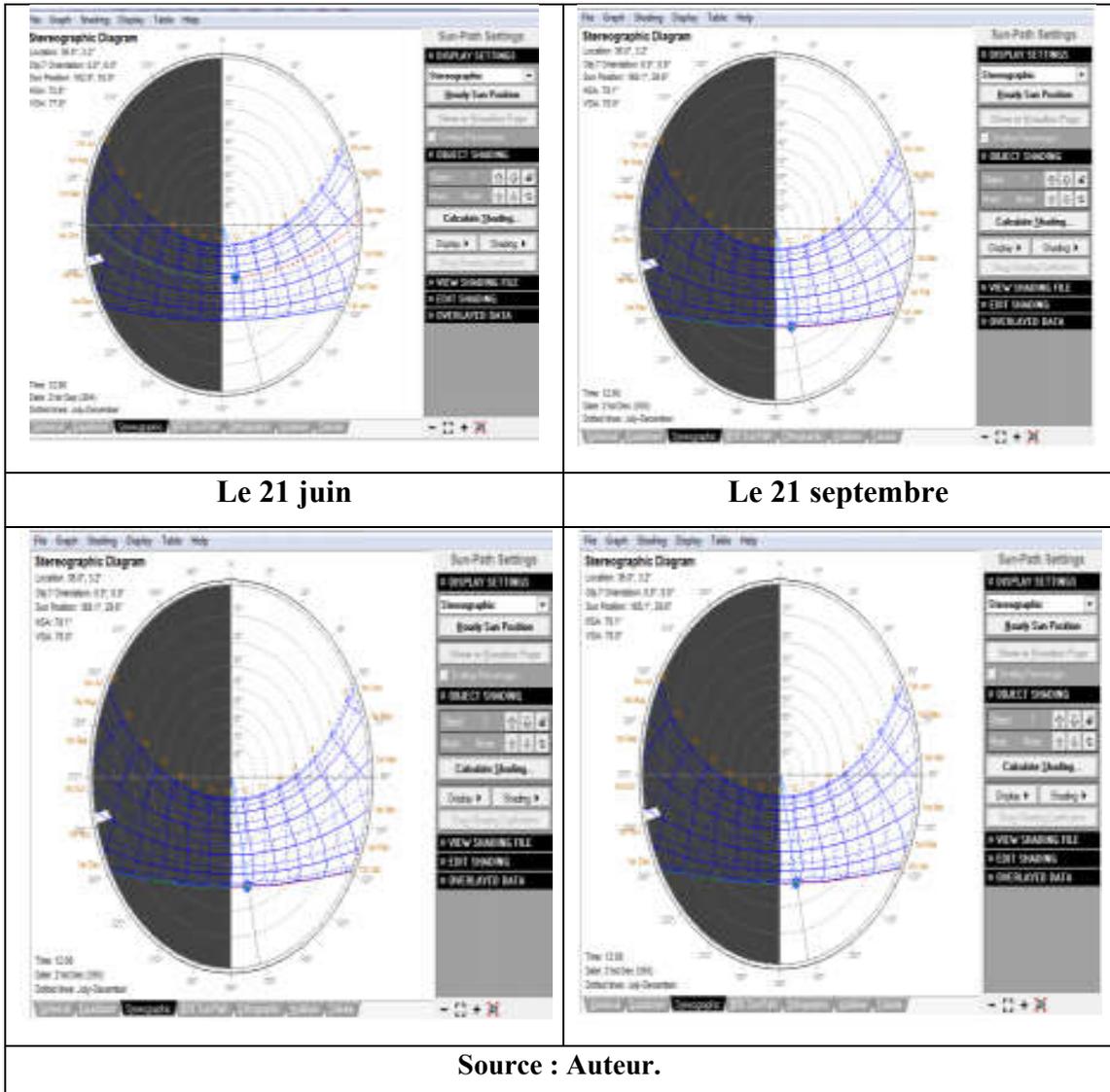
Partie ensoleillée du 10 :00 h jusqu'à 15 :00 h et ombrée à partir de 6 :00 h jusqu'à 9 :00 h et à partir de 15 :00 jusqu'à la fin de journée.

- **21 Septembre :**

Partie ensoleillée du 10 :00 h jusqu'à 15 :00 h et ombrée à partir de 6 :00 h jusqu'à 9 :00 h et à partir de 15 :00 jusqu'à la fin de journée.

Mur est :

Figure -122- : Le diagramme solaire de mur est.	
Le 21 décembre	Le 21 mars

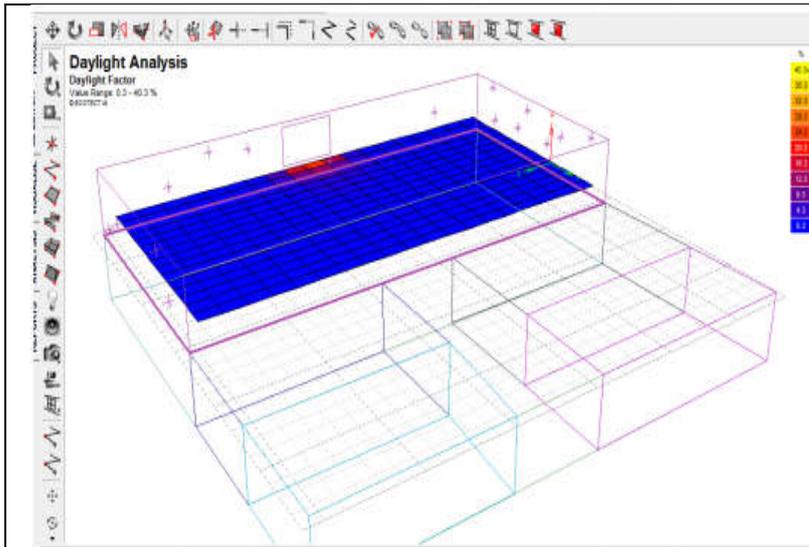


- **21 Décembre :**
Partie ensoleillée Du 6 :00 h jusqu'à 12 :00 h est ombré jusqu'à la fin de journée.
- **21 Mars :**
Partie ensoleillée Du 6 :00 h jusqu'à 12 :00 h est ombré jusqu'à la fin de journée
- **21 Juin :**
Partie ensoleillée Du 6 :00 h jusqu'à 12 :00 h est ombré jusqu'à la fin de journée
- **21 Septembre :**
Partie ensoleillée Du 6 :00 h jusqu'à 12 :00 h est ombré jusqu'à la fin de journée

Facteur de lumière jour :

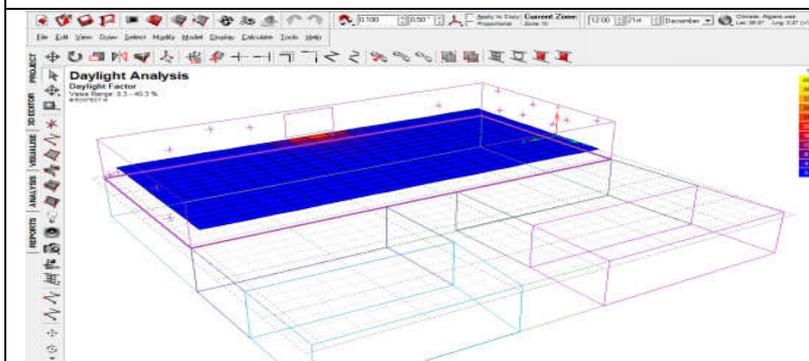
La salle d'exposition :

Tableau -5- : Le facteur lumière jour.	
Le 21 Décembre	
A 09 :00 h	



La salle d'exposition reçoit un facteur de lumière (FLJ) qui atteint 24,3% juste a cote de la fenêtre et 0,3% juste à côté proche de parois.

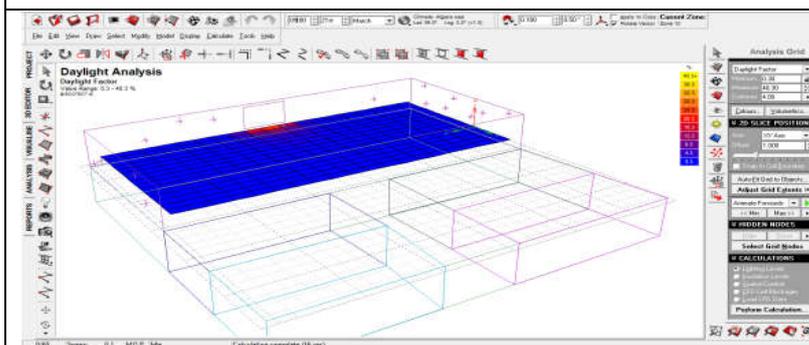
A 12 :00 h



La salle d'exposition reçoit un facteur de lumière (FLJ) qui atteint 24,3% juste a cote de la fenêtre et 0,3% juste à côté proche de parois.

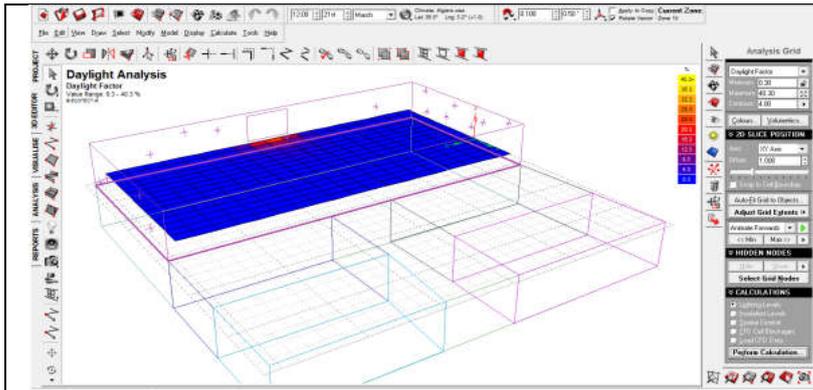
Le 21 Mars

A 09 :00 h



La salle d'exposition reçoit un facteur de lumière (FLJ) qui atteint 24,3% juste à côté de la fenêtre et 0,3% juste à côté proche de parois.

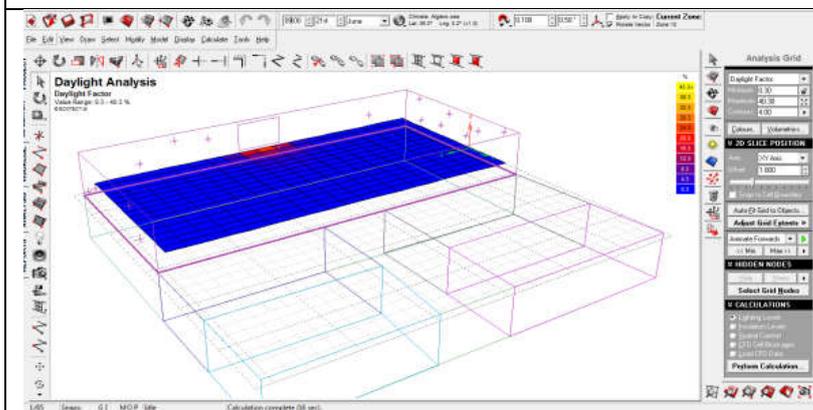
A 12 :00 h



La salle d'exposition reçoit un facteur de lumière (FLJ) qui atteint 24,3% juste à côté de la fenêtre et 0,3% juste à côté proche de parois.

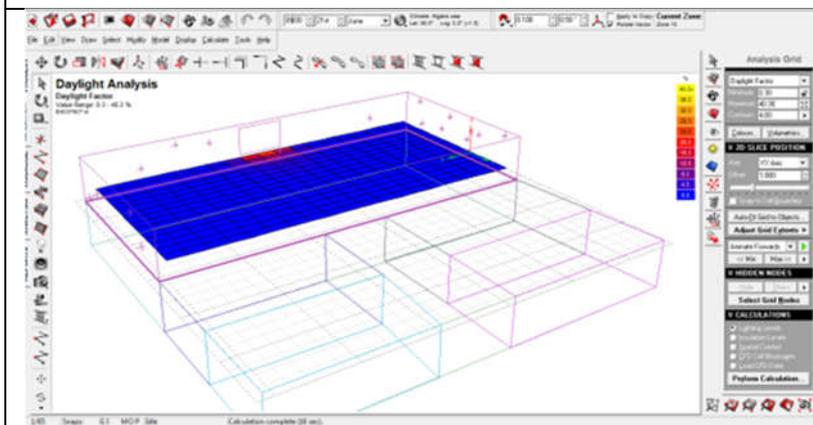
Le 21 Juin

A 09 :00 h



La salle d'exposition reçoit un facteur de lumière (FLJ) qui atteint 24,3% juste à côté de la fenêtre et 0,3% juste à côté proche de parois.

A 12 :00 h



La salle d'exposition reçoit un facteur de lumière (FLJ) qui atteint 24,3% juste à côté de la fenêtre et 0,3% juste à côté proche de parois.

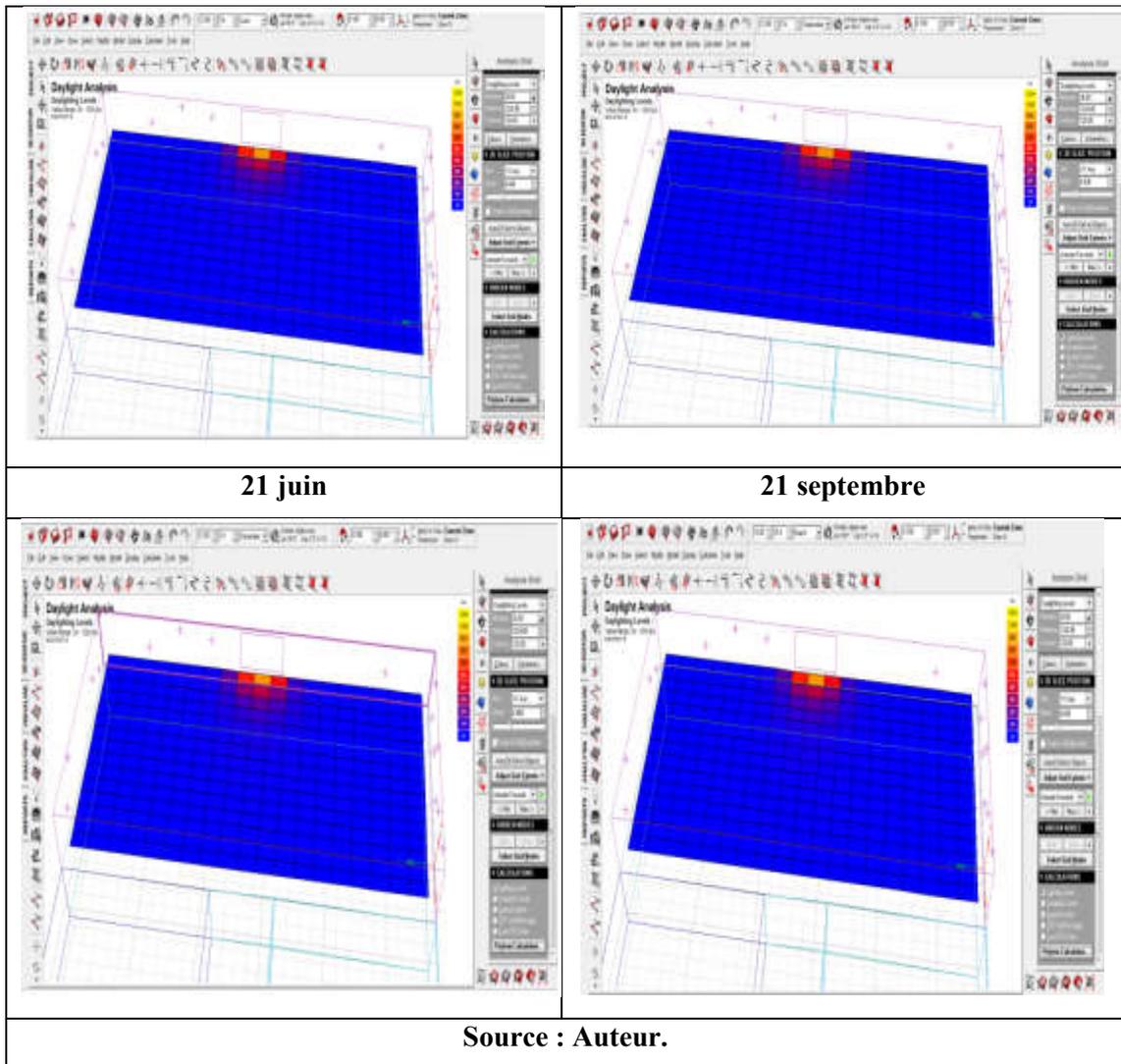
Source : Auteur.

Donc le facteur lumière jour est faible dans la salle d'exposition.

Éclairage de la salle d'exposition :

Sur 1m d'hauteur :

Figure -123- : L'éclairage sur 1m d'hauteur.	
21 décembre	21 mars



- **21 Décembre :**

La salle d'exposition reçoit un éclairage qui atteint 500 (lux) juste à côté de la fenêtre et 300 (lux) juste à côté proche de la paroi.

- **21 Mars :**

La salle d'exposition reçoit un éclairage qui atteint 500 (lux) juste à côté de la fenêtre et 300(lux) juste à côté proche de la paroi.

- **21 Juin :**

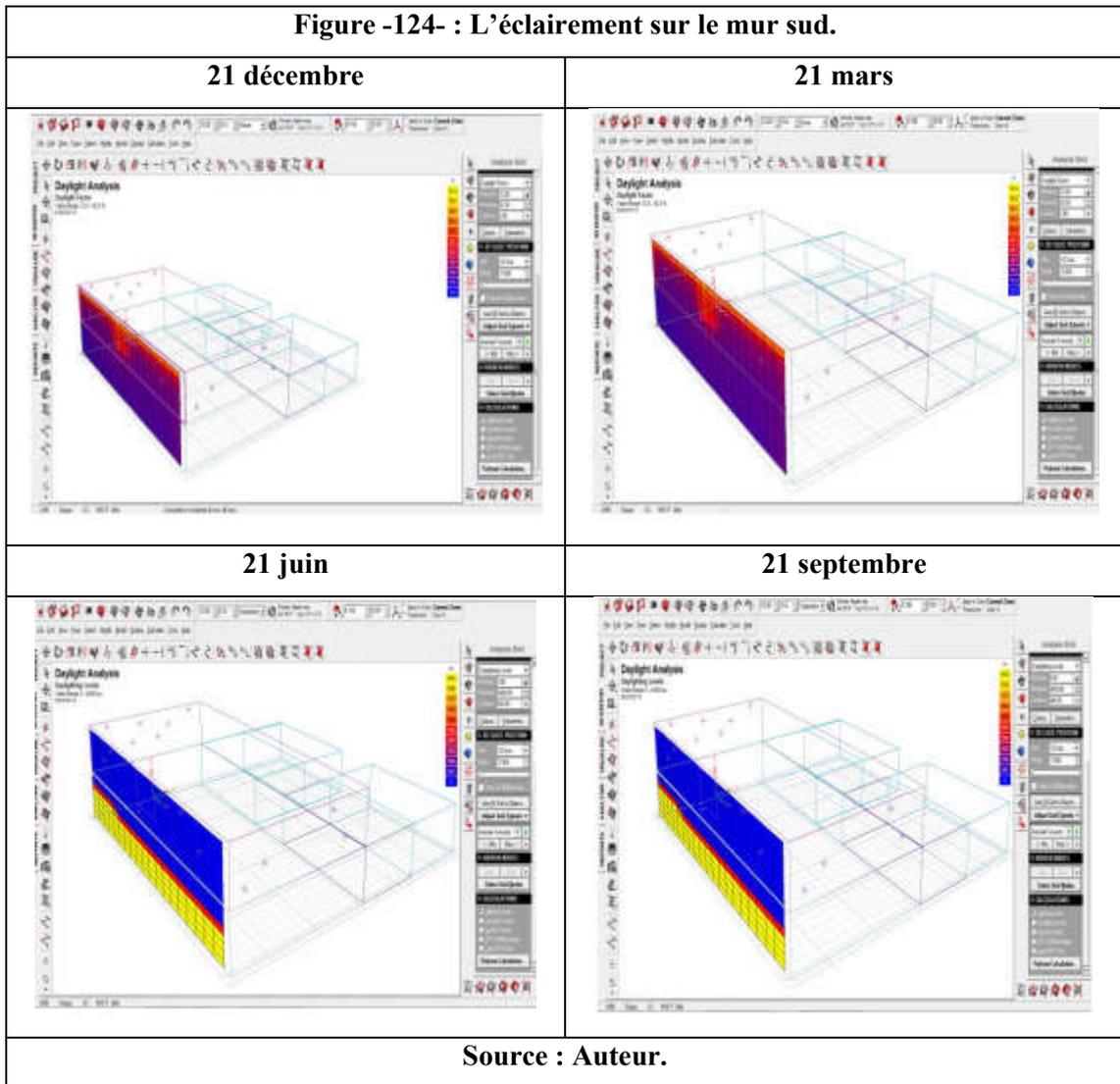
La salle d'exposition reçoit un éclairage qui atteint 500 (lux) juste à côté de la fenêtre et 300 (lux) juste à côté proche de la paroi.

- **21 Septembre :**

La salle d'exposition reçoit un éclairage qui atteint 500 (lux) juste à côté de la fenêtre et 110(lux) juste à côté proche de la paroi.

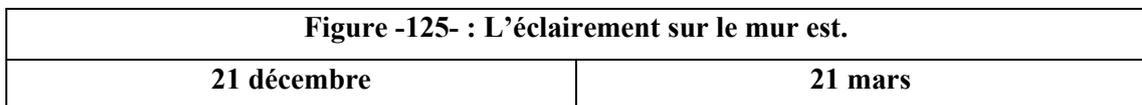
Sur les murs :

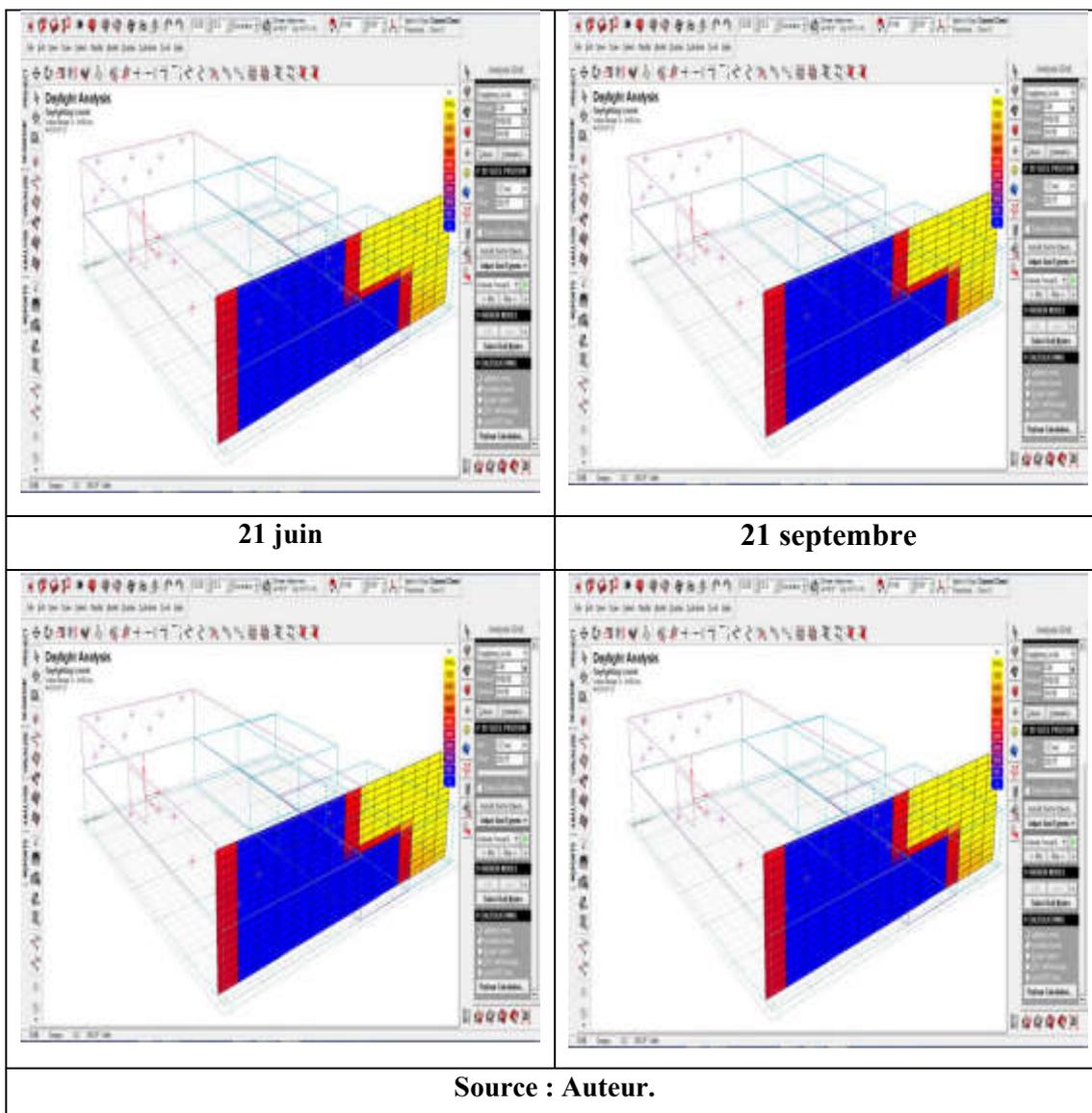
Mus sud :



- **21 Décembre** : La salle d'exposition reçoit un éclairage qui atteint 1200 (lux).
- **21 Mars** : La salle d'exposition reçoit un éclairage qui atteint 1140 (lux).
- **21 Juin** : La salle d'exposition reçoit un éclairage qui atteint 2200 (lux).
- **21 Septembre** : La salle d'exposition reçoit un éclairage qui atteint 1200 (lux).

Mue est :





- **21 Décembre** : La salle d'exposition reçoit un éclairage qui atteint 810 (lux).
- **21 Mars** : La salle d'exposition reçoit un éclairage qui atteint 810 (lux).
- **21 Juin** : La salle d'exposition reçoit un éclairage qui atteint 810 (lux).
- **21 Septembre** : La salle d'exposition reçoit un éclairage qui atteint 810 (lux).

Dans notre cas d'analyse on note que le niveau d'éclairage (lux) est très faible et le facteur de lumière du jour aussi est faible donc l'éclairage naturel est insuffisant dans la salle d'exposition et donc l'inconfort visuel.

Tableau -6- : Tableau synthèse.

Musée	Résultats			Norme	Commentaires
El Moudjahid	Sur 1m hauteur	21 décembre	500 lux juste à côté de la fenêtre et 110 lux juste à côté proche des parois.	Il est rarement nécessaire de dépasser 300 lux, sauf pour	Il faut faire des stratégies pour protéger les œuvres.

		21 mars	500 lux juste à côté de la fenêtre et 110 lux juste à côté proche des parois.	mettre en valeur un point particulier.	
		21 juin	500 lux juste à côté de la fenêtre et 300 lux juste à côté proche des parois.		
		21 septembre	500 lux juste à côté de la fenêtre et 110 lux juste à côté proche des parois.		
	Sur mur sud	21 décembre	1120 lux	Maximum 150 à 180 lux en service et non pas 300 lux ou plus, comme l'indiquent certains documents.	Il faut faire des stratégies pour protéger les œuvres au bien du déplacement
		21 mars	1140 lux		
		21 juin	2200 lux		
		21 septembre	1500 lux		
	Sur mur est	21 décembre	810 lux	Pas plus de 50 lux (et moins si possible), avec éducation sévère des horaires d'exposition.	Il faut faire des stratégies pour protéger les œuvres au beines déplacement
		21 mars	810 lux		
		21 juin	810 lux		
		21 septembre	810 lux		

Conclusion :

Au cours de l'expérimentation et l'évaluation du confort visuel dans le musée d'El moudjahid à Oum el Bouaghi on a mettre en évidence l'importance de deux critères essentiels qui caractérisent la qualité d'un environnement visuel : la présence ou l'absence de l'éblouissement et l'uniformité ou le non uniformité de l'éclairage à l'intérieur de la salle d'exposition.

Dans cette analyse, on a constaté la présence de l'éblouissement et le non uniformité de l'éclairage.

Cependant, le manque de la pénétration directe de la lumière naturelle peut causer un état d'inconfort pour les visiteurs à travers le manque des grandes ouvertures ou un éclairage zénithal sur la salle d'exposition.

La majorité des concepteurs ne prend pas en considération l'importance de la lumière naturelle et le confort visuel pendant la phase conceptuelle du projet, ce qui résulte le manque un bon éclairage pendant des moments de la journée.

En dernier lieu, l'amélioration du confort visuel dans les édifices est une approche qui permet de développer la conception des futures constructions ainsi que la rénovation des édifices existants comme notre exemple d'étude : le musée d'Oum El Bouaghi.



Chapitre -IV- :

Etude de projet : Analyse,

Programmation et Intervention.



Introduction :

La conception d'une manière générale et particulièrement en architecture représente un domaine vaste et complexe qui a fait l'objet des nombreux travaux de recherche et d'investigation, tel que ceux de Philippe Boudon, Michel Conan, Robert Prost, Jean Charles Lebahar, Pierre Fernandez, etc.

La conception désigne un état (le projet) et un processus (le cheminement qui permet d'accéder au projet), ce dernier nécessite la manipulation des données nombreuses et hétérogènes. Donc, nous semble que la connaissance du processus de projet architecturale ainsi que les différentes phases opérationnelles qui le compose est primordiale. En effet, cela nous permet de comprendre les pratiques des concepteurs concernant l'intégration des aspects relatifs à la performance énergétique et au confort thermique dans le processus du projet architecturale.

Dans ce chapitre on va faire une analyse sur des exemples pour tirer des principes (constructifs ou écologique), et tirer les programmes surfaciques étudiés. Aussi, une analyse sur un terrain d'intervention pour avoir leurs contraintes et leur potentialité afin de bien avoir intégrer notre projet proposé.

La ville de Guelma :

Motivation de choix :

La ville de Guelma dispose d'un patrimoine naturel et architectural historique remarquable en citant :

- La fascinante cascade de hammam Debar.
- La large vallée de Seybouse.
- Les cavités de l'immense grotte souterraine de Bir-Ben-Osman...etc.

De nombreux lieux emblématiques, dédiés au spectacle :

- L'impressionnant Théâtre romain avec ses statues colossales d'Esculape et de Neptune.
- La piscine romaine de Hammam Bredaâ.
- Le théâtre municipal du centre-ville... etc.

Et bien sûr l'ancien stade municipale Ali-Abda, un bâtiment qui fait revivre aux citoyens les grands jours de l'Escadron noir, cette glorieuse équipe de football. A cela s'ajoutent des lieux d'exposition et musées : un jardin archéologique et des colonnes romaines, « Thibilis », la cité numide dans la commune de Sellaoua-Announa.

IV.1 Contexte géographique : situation et les limites de la ville de Guelma :

La ville de Guelma se situe géographiquement ; au nord – est de l’Algérie ; entre les parallèles 39° et 40° de l’attitude nord et les méridiens 5° et 6° de longitude ; à 60 Km au sud de la mer méditerranéenne et à 100 Km à l’est de Constantine.

La frontière Tunisienne est à peine à 150 Km à l’est.

Figure -126- : Situation de la ville de Guelma.



Source : <http://fr.wikipedia.org/wiki/Guelma>

IV.1.1 Situation :

IV.1.1.1 Situation de la ville par rapport à la wilaya :

Guelma se situe au cœur d'une grande région agricole à 290 m d'altitude, entourée de montagnes (Maouna, Dbegh, Houara) ce qui lui donne le nom de ville assiette, sa région bénéficie d'une grande fertilité grâce notamment à la Seybouse et d'un grand barrage qui assure un vaste périmètre d'irrigation.

Guelma est une ville sur laquelle les différentes périodes historiques ont laissé d'innombrables empreintes.

En effet, Guelma a abrité depuis la préhistoire jusqu'à la colonisation française plusieurs civilisations.

Figure -127- : Situation de la ville de Guelma.



Source : PDAU de Guelma.

La commune est limitée :

- **Au Nord** par la commune de Héliopolis et El Fedjoudj.
- **À l'Est** par la commune de Belkhir.
- **Au Sud** par la commune de Ben Djerrah.
- **À l'Ouest** par les communes de MedjezAmar.

IV.1.2. Guelma dans l'histoire :

Des inscriptions lybiques trouvées à Guelma prouvant que la région a été civilisée bien avant l'arrivée des Carthaginois ou des Romains, aux mentions latines attestant que Guelma portait déjà le nom de « Calama », bien que ce nom soit probablement d'origine phénicienne, l'histoire de Guelma est riche en événements comme son territoire est parsemé de sites d'une étonnante originalité. [<http://samcom.services-soft.com>]

D'illustres historiens anciens rapportent les récits de batailles que Jugurtha y livra en 109 avant J.C aux troupes romaines, il aurait vaincu, non loin de la ville de Guelma, précisément dans la mystérieuse Suthul, le général romain Postinius, un de ceux qui firent de l'antique Calama un centre urbain relativement important au cours du 1er siècle de l'ère chrétienne. Ne fit-elle pas avec Setifis (Sétif) et Hippo-Reggius (Annaba) un des greniers de Rome au cours du IIe et IIIe siècles après J.C. attestant que la période du règne des Sévères fit d'elle une des régions les plus prospères.

Au cours de l'époque chrétienne (IVe et Ve siècles), Calama a eu Possiduss (Possidius) (qui était aussi biographe de Saint-Augustin) comme évêque et appartenait à la province ecclésiastique de Numidie. D'ailleurs Saint-Augustin et Donatus évoquent la prospérité de cette ville. Dès l'invasion vandale, Possiduss alla se réfugier à Hippo-Reggius et Calama tomba au pouvoir de Genséric. Après la reconquête de « l'Afrique du Nord » par les Byzantins, Solomon, général de Justinien, y fit construire une forteresse. Vint ensuite l'époque de la civilisation arabo-musulmane qui marquera à jamais, l'histoire de Calama appelée désormais « Guelma » selon Ibn Khaldoun, des tribus arabes, en particulier les Banou Hillal, s'étaient déjà installées au cours du IXe siècle dans cette région attractive.

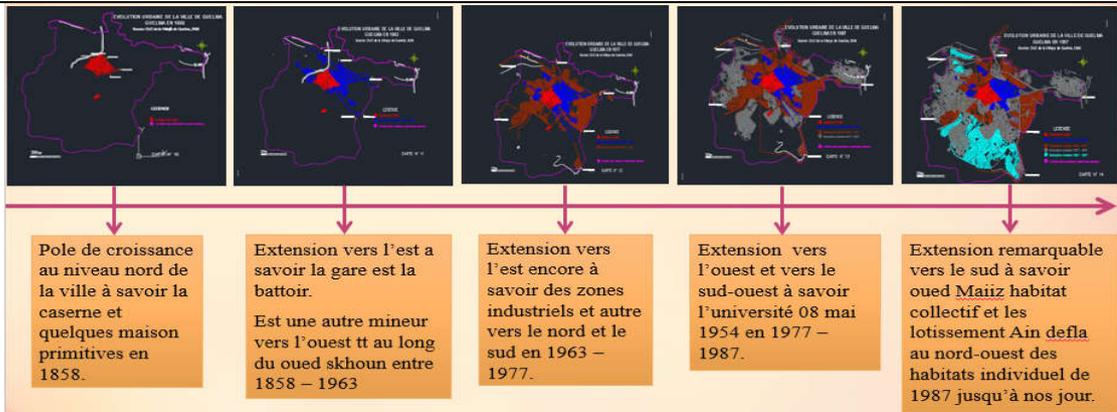
L'époque ottomane, quant à elle, n'a pas effectué de changement radical dans le paysage socioculturel de la ville, cependant elle a bien laissé des traces elle aussi, ne serait-ce que par quelques noms de famille qu'on retrouve aujourd'hui. Conquise en 1834 par les Français, elle accueillit plusieurs générations de colons et de pieds-noirs, la résistance guelmoise contre le colonialisme finit par payer le prix fort, le 8 mai 1945 la ville connaîtra un massacre sans précédent dans son histoire.

Figure -128- : Le théâtre Romain -Guelma-.



Source : Mouslim Gasmî.

Figure -129- : Evolution historique de Guelma.

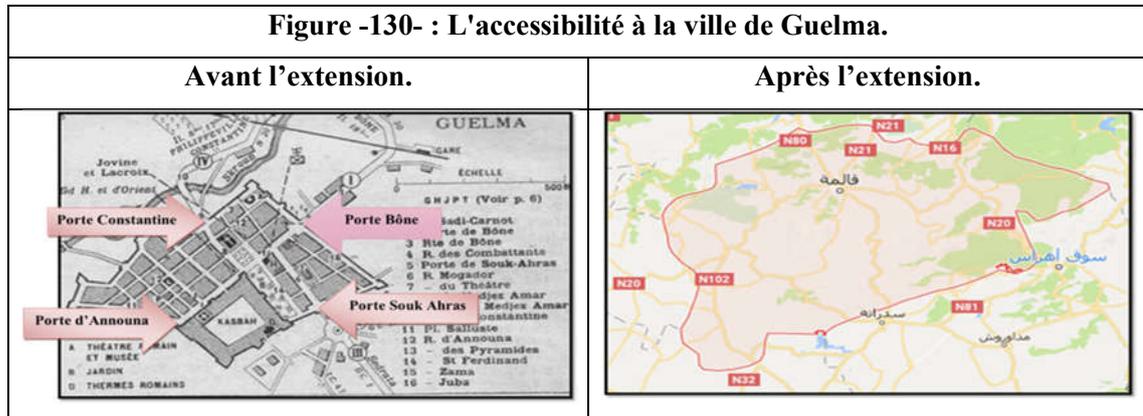


Source : Auteur.

Et si Guelma parlait, elle dirait : « Je fus une terre de batailles et de passions. Tout au long des siècles, les eaux de la Seybouse ont rougi du sang de mes braves... J'ai vécu les guerres puniques, connu la colonisation romaine, et côtoyé Byzance avant de rentrer dans la spiritualité de l'Islam, pour retomber dans l'emprise des ottomans et replonger dans la colonisation française et retrouver enfin l'indépendance. Guelma est Wilaya depuis 1974 et Ville universitaire depuis 1986.

IV.1.3 L'accessibilité :

Figure -130- : L'accessibilité à la ville de Guelma.



Source : Google.

Guelma était un petit village suit à Annaba clôturée avec **4 portails** :

- **Porte Bône.**
- **Porte Constantine.**
- **Porte souk Ahras.**
- **Porte d'Announa.**

Après l'extension à chaque fois il démolir un côté le mur est disparu à la place des portails il reste uniquement des directions les routes des willayas qui sont :

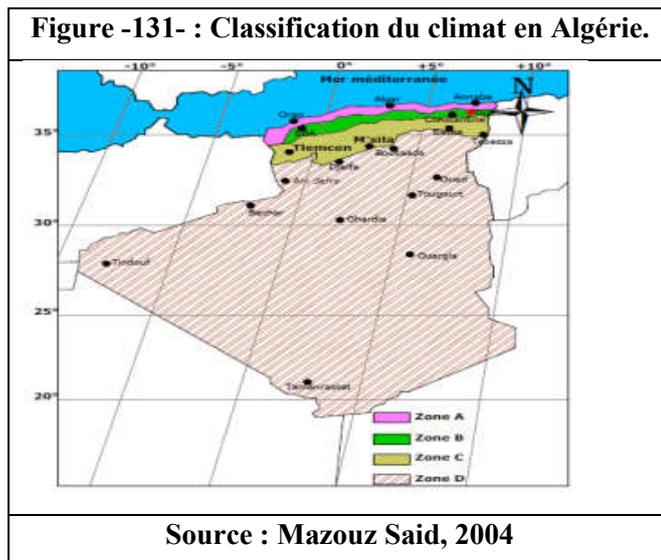
- **Les routes nationaux 21, 80, 16 au Nord.**
- **Les routes nationaux 81, 102 et 32 au Sud.**

IV.2 Analyse climatique :

IV.2.1 Classification du climat en Algérie :

L'Algérie occupe une vaste étendue territoriale, sa superficie dépasse les deux millions de Km². Plus de 4/5 de sa superficie est désertique. D'où une large variété géographique et climatique allant du littoral au désert. La classification climatique en Algérie permet de distinguer quatre zones principales :

- **Zone A** : Littoral marin.
- **Zone B** : Arrière littoral montagne.
- **Zone C** : Hauts plateaux.
- **Zone D** : Présaharien et saharien. [Said Mazouz, 2004



IV.2.2 Analyse climatique de la ville de Guelma :

- Guelma, ville du nord-est algérien, se situe entre **36° 28' de latitude nord** et **7° 25' de longitude est. Altitude : 500m.**

- Le climat de Guelma est celui de l'arrière littoral montagne (Zone B).
- Déterminé par des hivers plus froids et plus longs et des étés chauds et moins humides que ceux du littoral.

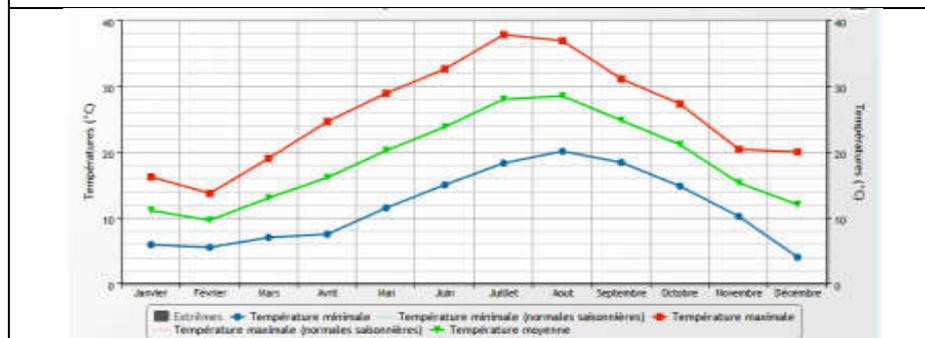
IV.2.2.1 Température :

Le facteur de la température de l'air a une grande influence sur le bilan hydrique du fait qu'il conditionne l'évaporation et l'évapotranspiration réel. Les données traitées intéressent la seule station de Guelma d'une période de 11 ans.

Figure -132- : Températures moyennes mensuelles.														
station	Mois	Automne			Hiver			Printemps			Eté		année	
		S	O	N	D	J	F	M	A	MA	JU	J	At	
Ain El Bey	T _{max} (°c)	31,15	26,45	20,53	15,86	14,63	16,283	17,81	20,94	25,16	31,14	34,94	33,97	12,09
	T _{min} (°c)	17,59	14,38	9,98	7	5,85	5,34	6,66	9,33	12,5	16,63	19,6	20,18	18,07
	T _{mo} (°c)	24,37	20,42	15,25	11,43	10,08	10,81	12,24	15,14	18,93	23,88	27,27	26,99	24,07
	T _{ann} (°c)	26,05			15,59			21,31		33,35				24,07

Source : DUC de Guelma.

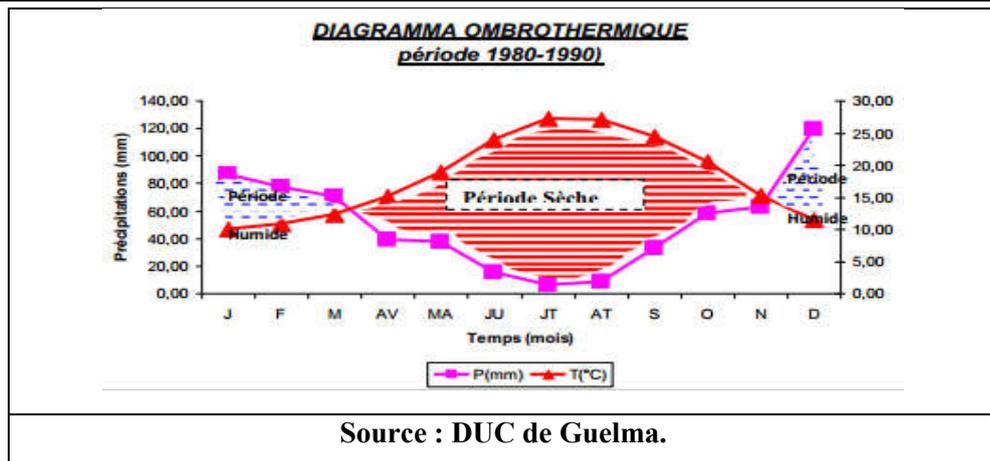
Figure -133- : Température à Guelma.



Source : <http://www.wofrance.fr/weather>

La température annuelle moyenne est de **17.9°C** avec **27. 7°C en août** (le mois le plus chaud) et **10°C en janvier** (le mois le plus froid).

Figure -134- : Diagramme ombro-thermique de Guelma période 1980-1990.



Pour connaître la période sèche, on applique la méthode ombro-thermique pour GAUSSEN et BAGNOULS, un mois sec est celui où le total des précipitations (mm) est inférieur ou égal au double de la température moyenne (C°), on obtient donc un diagramme pluviométrique dans lequel les températures sont portées à l'échelle double des précipitations.

Nous constatons que la région de Guelma présente une période sèche qui débute à la dernière semaine du mois de Mars et se prolonge jusqu'à la dernière semaine du mois de Septembre, c'est à dire la période humide s'échelonne pour une durée de 7 mois et 15 jours, et la période sèche pour 4 mois et 15 jours.

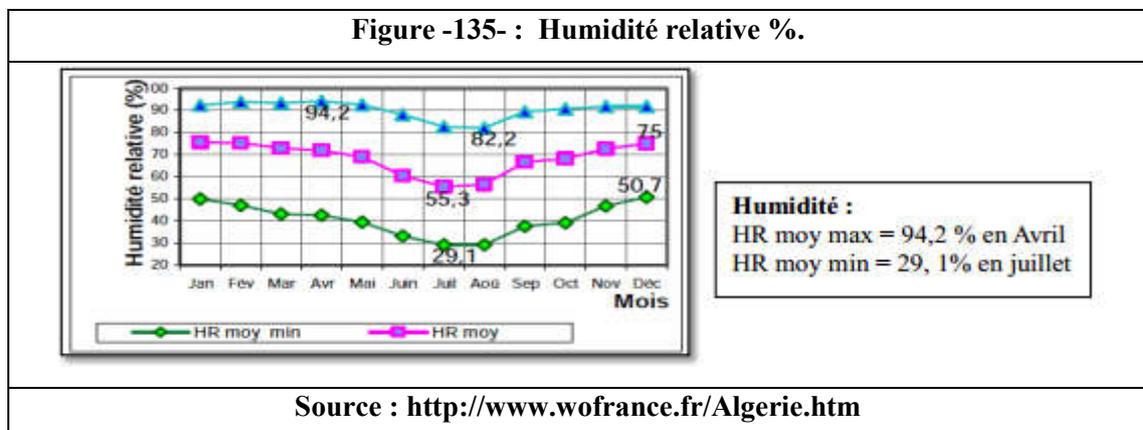
D'après le diagramme Ombro-thermique la période sèche s'étale de la fin de mois de Mai jusqu'à la fin de mois d'Octobre (4 mois).

IV.2.2.2 L'humidité :

	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Jui	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec
Humidité moyenne (%)	77	77	73	72	77	60	55.3	56	67.5	69	72	75

Tableau -7- : Humidité moyenne de Guelma.

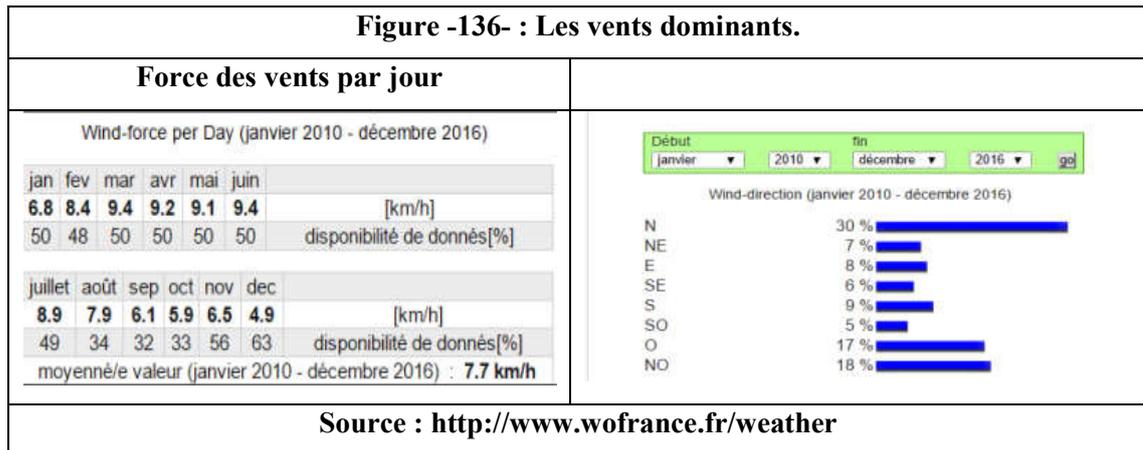
Source : <http://www.wofrance.fr/weather>



La moyenne mensuelle de l'humidité relative dépasse les 68.3 % avec une moyenne maximale de 94.2% et une moyenne minimale de 29.1%.

IV.2.2.3 Les vents dominants :

- Les vents dominants à Guelma sont d'une **vitesse moyenne de 7.7 km/h.**
- Les vents à Guelma sont de diverses directions. Ceux de **nord-ouest** avec une moyenne de 18%, il atteint leur maximum au mois de **décembre**. A l'inverse les vents **nord-est** sont plus fréquents au mois de juillet.
- Enfin le **sirocco** se manifeste au **sud** plus qu'au nord de la région, surtout en juillet (C'est un vent chaud et desséchant).



IV.2.2.4 La pluviométrie :

La précipitation est la totalité de la lame d'eau quantifiée par la pluviométrie, elle est d'origines divers : pluie, neige, etc.

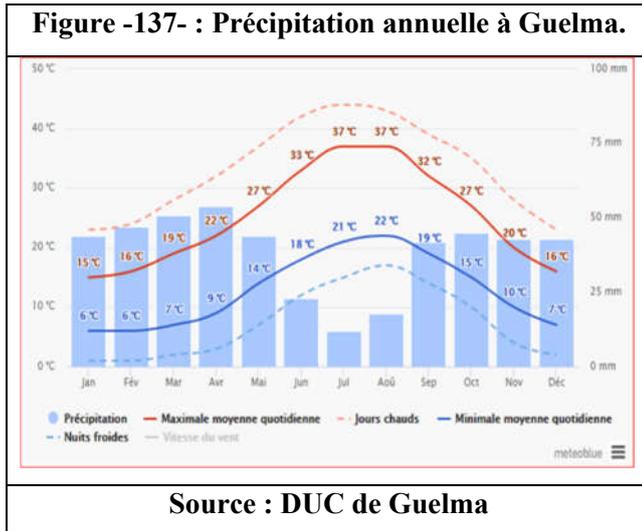
IV.2.2.5 Précipitations moyennes annuelles :

La carte pluviométrique de l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (A.N.R.H) (Edition 1993) montre globalement une répartition décroissante de la précipitation du Nord vers le Sud, et de l'Ouest vers l'Est. En effet dans la région de Guelma la précipitation est variée entre 363mm et 1145mm, le tableau suivant mentionne les variations annuelles des précipitations des stations de : Guelma, Héliopolis pour une période (1980-1990) :

Année	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
Section											
Guelma	468.2	415.2	687.9	363	805.7	445	588.9	511.5	455.8	458.8	633.9
P (mm)											
Héliopolis	505	1145.5	734	468	1117.4	448.3	723.8	627.7	543.2	500.4	567.8
P (mm)											

Tableau -8- : Précipitation annuelle totale en (mm).

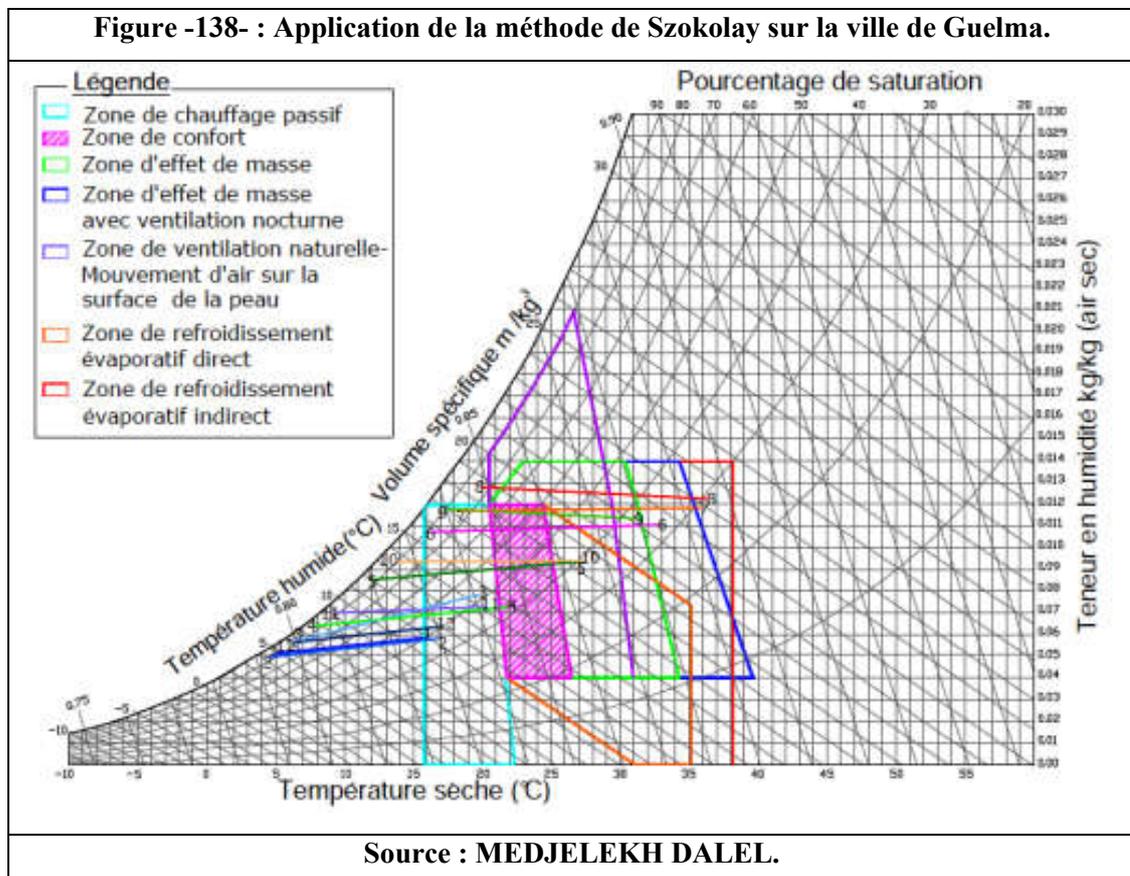
Source : DUC de Guelma



- La répartition des précipitations à Guelma est marquée par une durée de **sécheresse durant l'été**, avec un **minimum de 2.8mm** enregistré en **juillet**.
- Le reste des saisons est marqué par des précipitations considérables. Le total annuel est de 688.3 mm.

IV.2.3 Application de la méthode de S. Szokolay :

Szokolay a défini une zone de confort avec diverses zones de contrôle potentiel en fonction des données climatiques de la région d'étude.



On peut citer les recommandations suivantes :

- Effet de masse thermique avec ventilation nocturne et un contrôle solaire à partir du mois de juin.
- Une ventilation naturelle pour la saison d'été.
- Le chauffage passif pour les mois froids : octobre, mars, et le chauffage d'appoint pour les mois les plus froids tel que janvier.

Les tables de Mahoney :

Les tables de Mahoney présentent l'avantage d'intégrer certaines variables sociales et fonctionnelles en fonction des variations climatiques. C'est un autre outil pour déterminer les recommandations nécessaires à la réalisation du confort thermique dans le bâtiment. Les besoins en confort sont groupés en six indicateurs :

H1 : la ventilation indispensable (climat chaud et humide).

H2 : la ventilation souhaitée (climat chaud et sec).

H3 : la protection de la pluie nécessaire (climat tropical et tempéré).

A1 : l'inertie thermique (climat à grand écart diurne de température).

A2 : dormir dehors (climat chaud en été).

A3 : protection du froid.

L'analyse et les résultats sont présentés sous forme de tables avec recommandations. Cette méthode a été aussi choisie pour évaluer la situation dans la ville de Guelma.

Les principes de conception architecturale et les recommandations nécessaires déduites sont :

- Le plan compact.
- La cour intérieure à prévoir.
- Les murs épais ainsi que la toiture afin de permettre le déphasage de la chaleur.
- La possibilité de bénéficier d'un chauffage passif en hiver avec un chauffage d'appoint en complément.
- La climatisation naturelle et la ventilation sont nécessaires en été.

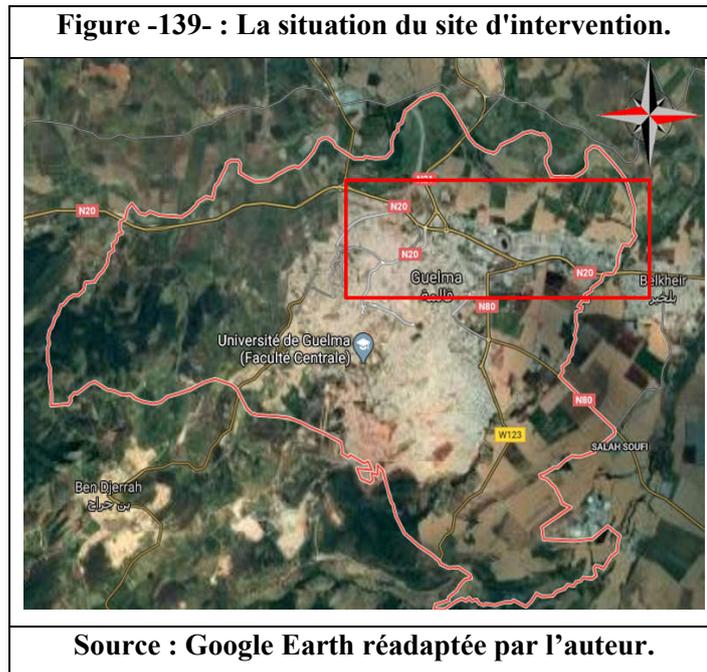
Le site d'intervention :

Motivation du choix :

- La valorisation du POS Nord
- La revalorisation d'ancien musée.

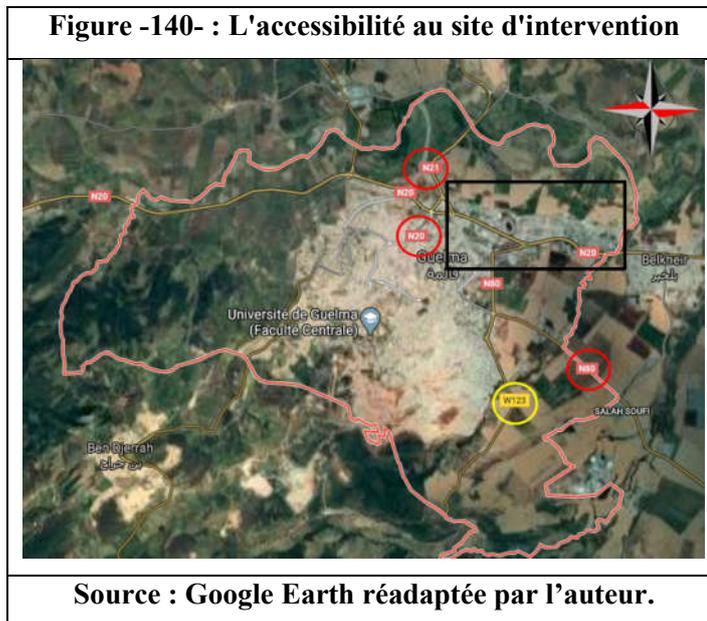
IV.3 Présentation du site d'intervention :

IV.3.1 La situation :



Le site d'intervention se trouve au Nord de la ville de Guelma.

IV.3.2 L'accessibilité :



Le site est accessible par :

- Les routes nationales RN 20, RN 21 et RN 80 (en rouge).
- La route Willayale RW 123 (en jaune).

Le terrain d'intervention :

Motivation du choix :

- La situation dans l'entrée de la ville (la porte d'Annaba).
- La diversité des activités.

- La présence de végétation.
- La situation dans un milieu fréquenté par les différentes catégories sociales.

IV.4 Présentation du terrain d'intervention :

IV.4.1 La situation :

Figure -141- : La situation du terrain d'intervention.



Source : Google Earth réadaptée par l'auteur.

Le terrain se trouve à l'ouest du POS Nord.

IV.4.2 L'accessibilité :

Figure -142- : L'accessibilité au terrain.

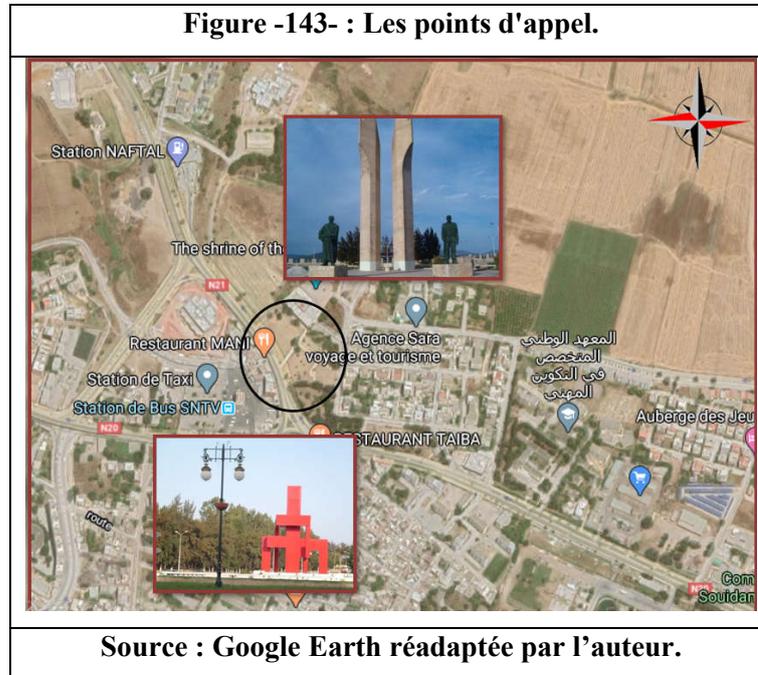


Source : Google Earth réadaptée par l'auteur.

Le terrain est accessible par :

- La route nationale 20 (en rouge).
- Une voie secondaire (en jaune).
- Des voies tertiaires (en bleu).

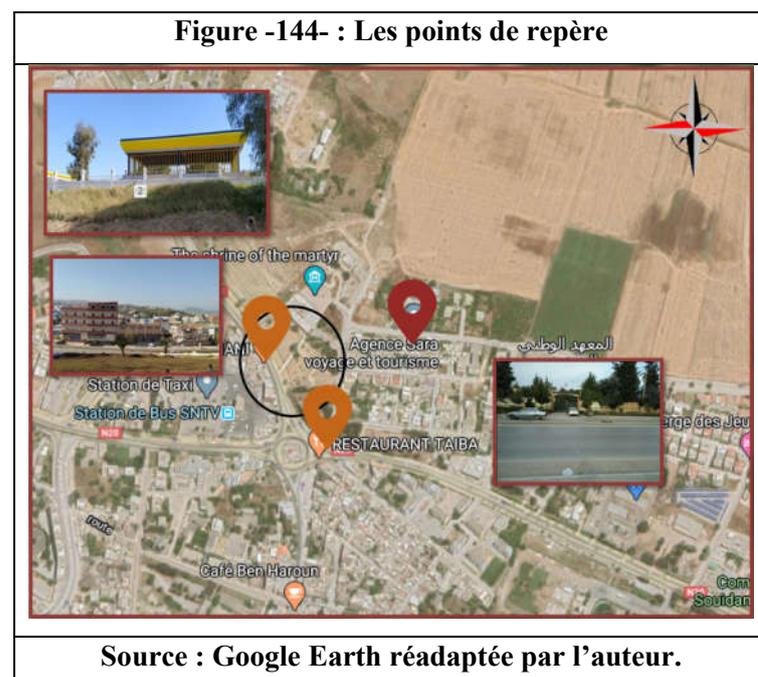
IV.4.3 Les points d'appel :



Le terrain est marqué par :

- Le monument de Maqam El-Chahid.
- Le point de la gare routière (SNTV).

IV.4.4 Les points de repère :

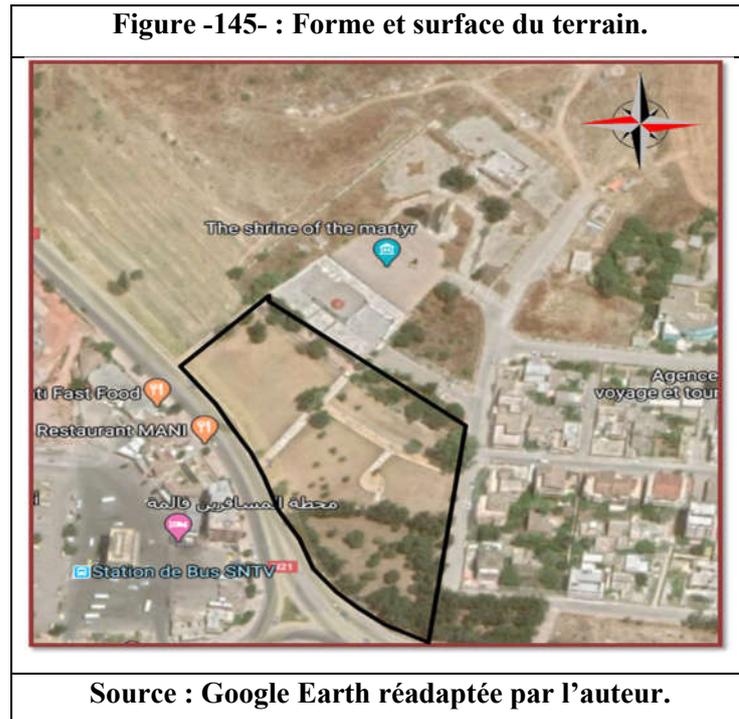


Le terrain est repéré par :

- Station de NAFTAL.
- La gare routière.
- Des restaurants.
- Une agence de voyage.
- Le centre de formation.

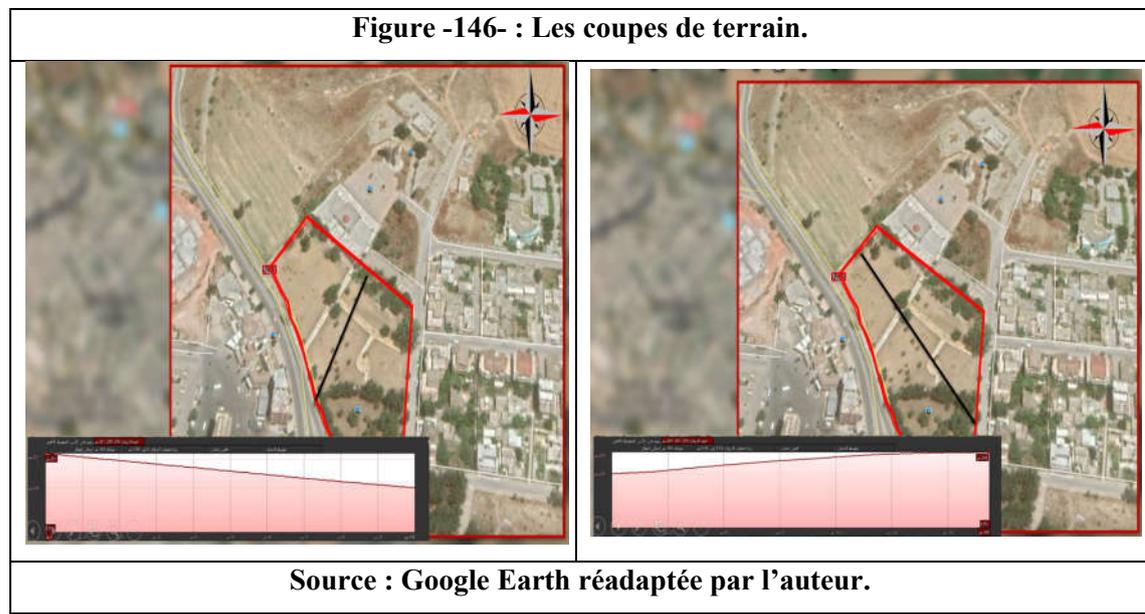
IV.4.5 Morphologie du terrain :

IV.4.5.1 Forme et surface :



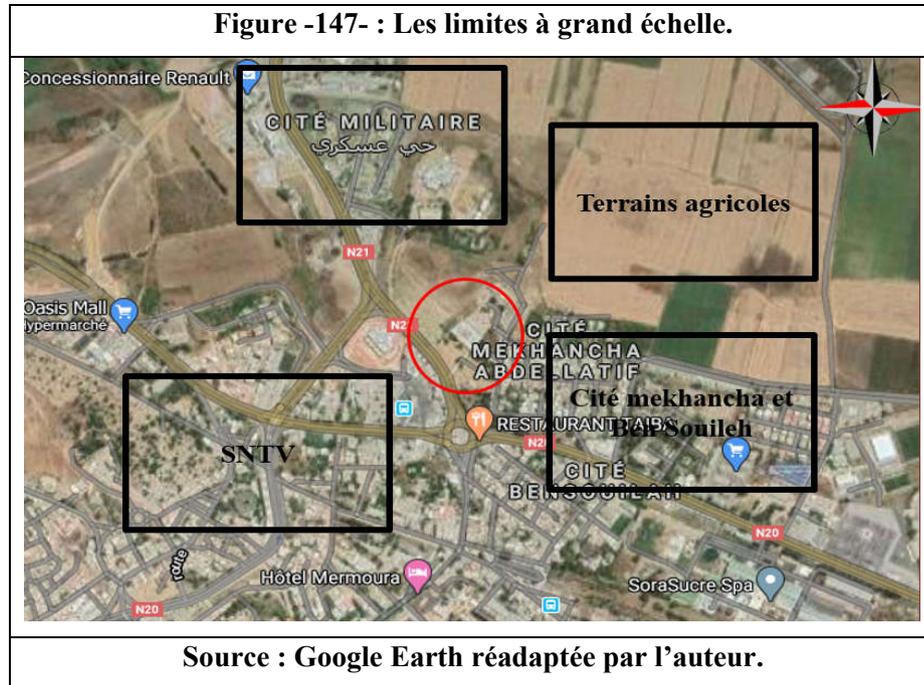
- La forme du terrain est irrégulière.
- La surface : 1.5 Hectares.

IV.4.5.2 La topographie du terrain :



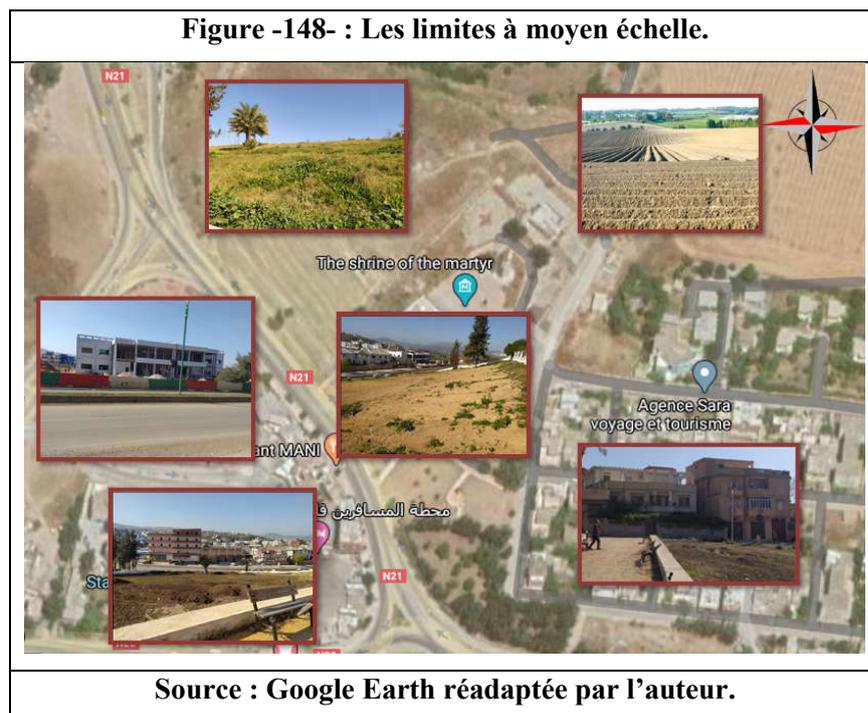
- Selon la coupe transversale : pente 8% (moyenne).
- Selon la coupe longitudinale : pente 4 % (relativement faible).

IV.4.6 Les limites du terrain :



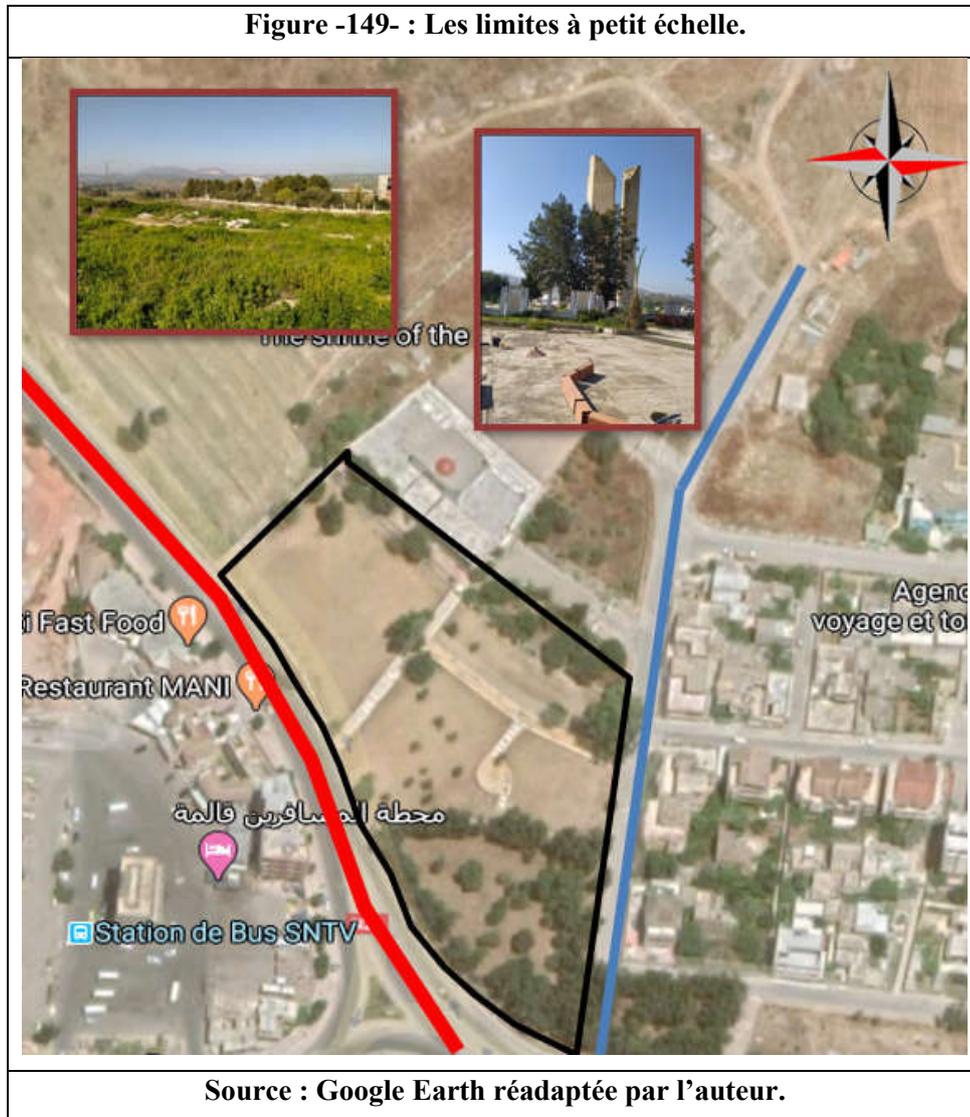
Le terrain est limité :

- Au Nord par la cité militaire.
- A l'est par des terrains agricoles et les cités Ben Souilleh et Mekhancha.
- A l'ouest par la gare routière (SNTV) et oasis mal.
- Au sud par l'hôtel Mermoura.



Le terrain est limité :

- Au Nord par un terrain vide.
- A l'est par un terrain agricole et des habitations individuelles.
- A l'ouest par la gare routière.
- Au sud par un rend point.

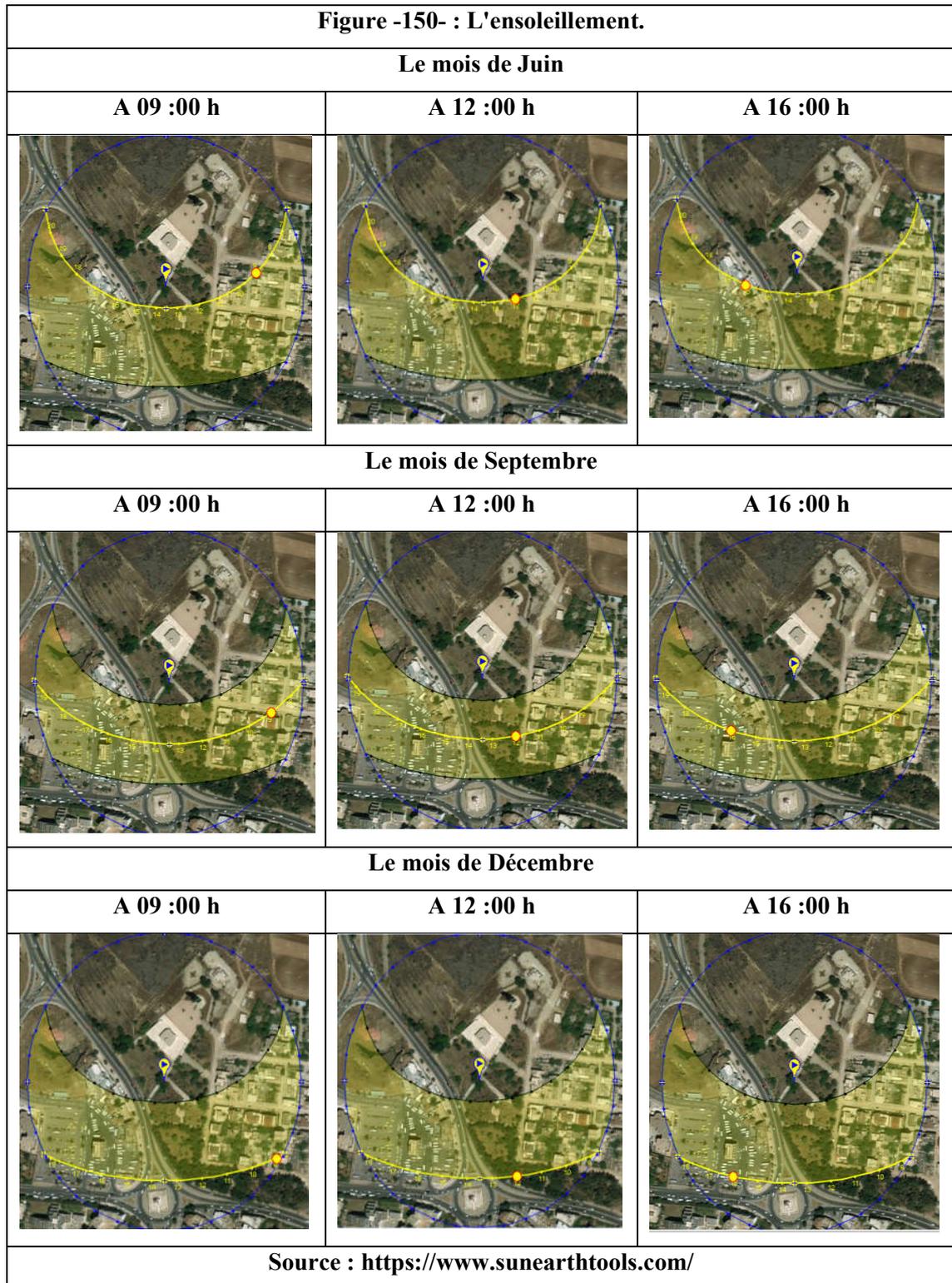


Le terrain est limité par :

- Au Nord par un terrain vide et le monument Maqam.
- A l'est par un vois secondaire.
- A l'ouest par la route national 20.
- Au sud par le rend point.

IV.4.7 Climatologie :

IV.4.7.1 L'ensoleillement :

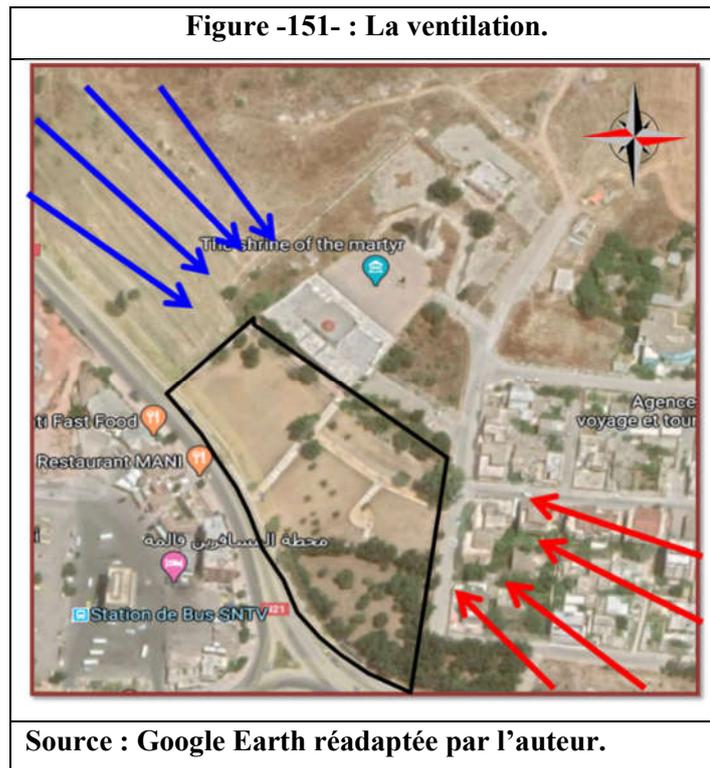


Le site est ensoleillé pendant tous les jours de l'année car il n'existe aucun obstacle matériel ou naturel dans le site.

IV.4.7.2 La ventilation :

Les vents dominants dans le terrain sont de direction Nord-ouest en hiver ; Sud – est en été qui caractérisé par des vents chauds.

Le terrain est totalement exposé aux différents vents.



Son exposition aux 2 vents est perceptible, surtout aux vents dominants du côté nord-ouest, du fait qu'il n'est pas protégé contre les vents (terrain vague sans aucun écran aux alentours).

IV.5 Analyse des exemples :

IV.5.1 Musée Cirta de Constantine :

Motivation du choix :

- La richesse et la variété des collections.
- L'ancienneté du musée.
- L'utilisation de l'espace extérieur pour une exposition en plein air.
- Répartition des collections selon la nature (sections archéologique et section des beaux-arts).
- Hiérarchisation de l'activité d'exposition aux salles d'exposition et aux galeries d'exposition.

IV.5.1.1 Le contexte urbain :

Le musée de Cirta se trouve dans un milieu très fréquenté par toutes les catégories sociales.

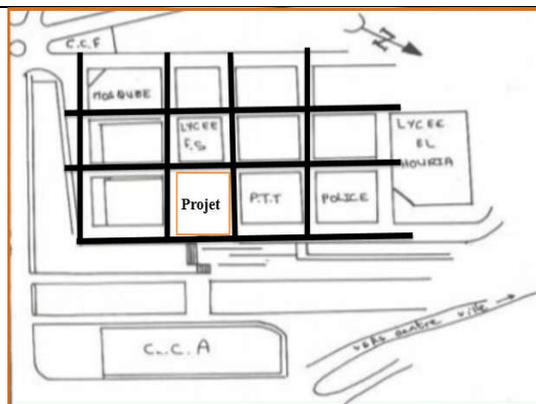
Figure -152- : Le contexte urbain du musée Cirta.



Source : Google Earth réadaptée par l'auteur.

IV.5.1.2 Forme et accessibilité au terrain :

Figure -153- : La forme du terrain.



Source : Auteur.

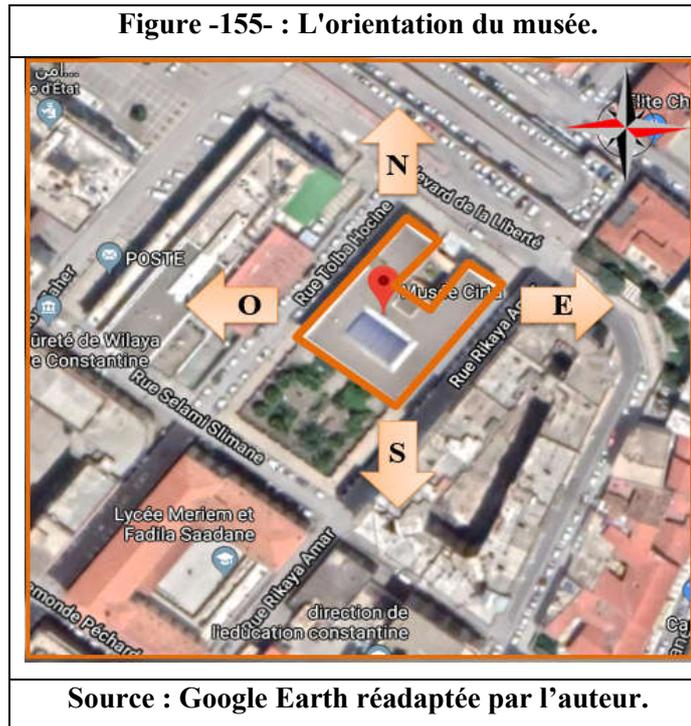
Figure -154- : L'accessibilité au terrain.



Source : Google Earth réadaptée par l'auteur.

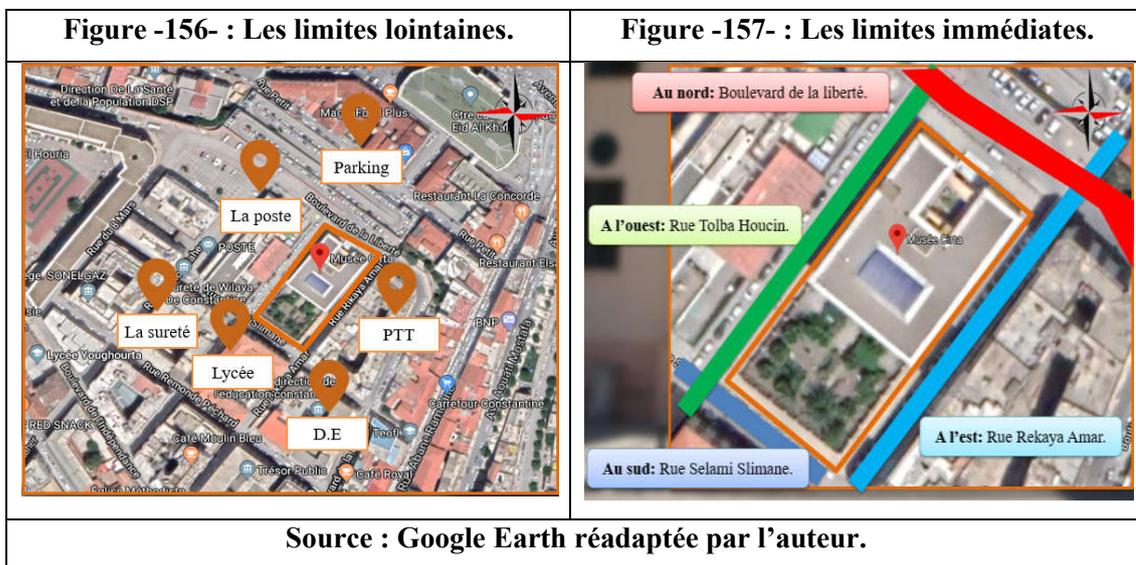
- Le terrain où est implanté le musée et de forme régulière (rectangle).
- La forme de terrain est le résultat de système en damiers.
- Le terrain est béni d'une bonne accessibilité grâce à sa situation au centre-ville.

IV.5.1.3 L'orientation du musée :



Le projet est implanté d'une façon à ce que les 02 façades principales soient orientées vers l'est et l'ouest pour bénéficier de maximaux d'ensoleillement afin de répondre aux besoins muséographiques.

IV.5.1.4 Les limites du musée :



IV.5.1.5 L'étude de masse :

La composition :

Le projet s'étend sur une surface de 2.100 m² (Projet 1200 m², Jardin 900 m²).

Le bâti représente 70% de la surface totale vu que le non bâti représente que 30% de la surface totale.

Le musée ne compte pas un parking propre a lui mais il en existe en face à la façade principale.

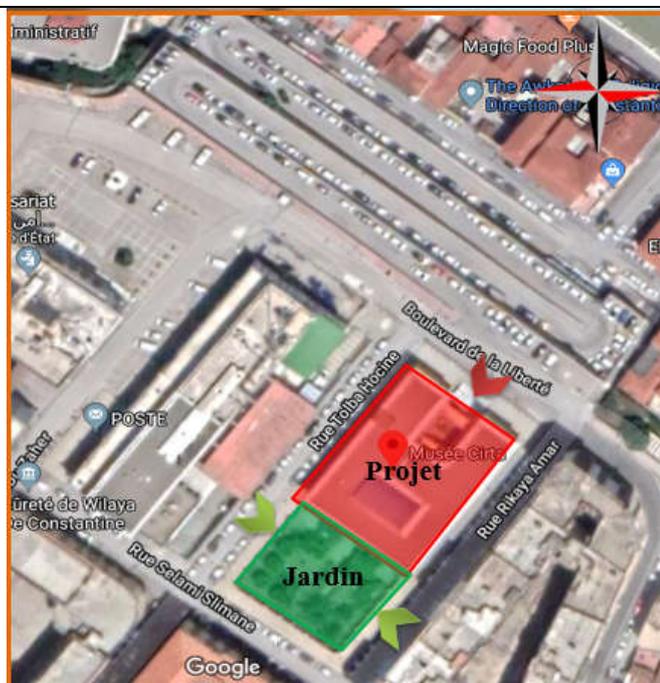
Figure -158- : La composition du plan de masse.



Source : Google Earth réadaptée par l'auteur.

Les accès :

Figure -159- : Les accès du musée.

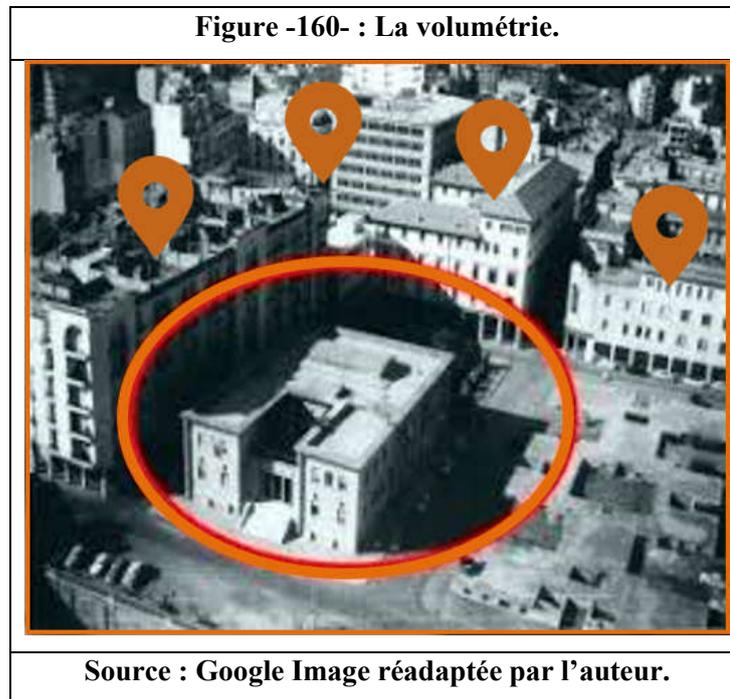


➔ Accé principale. ➔ Accès secondaires.

Source : Google Earth réadaptée par l'auteur.

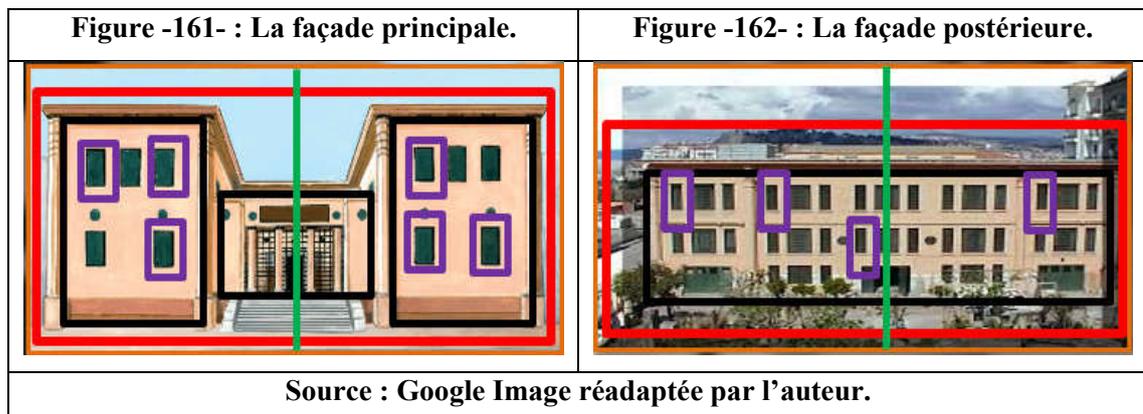
On remarque que l'architecte a fait des accès selon l'organisation des espaces et ses idées.

La volumétrie :



- Volume monobloc.
- Compose de cubes rectangulaires.
- Forme « U ».
- Ce volume garde l'aspect générale des équipements environnants qui présentent l'architecture coloniale que soit **en matière, en forme et en structure.**
- Le volume d'intègre parfaitement dans son environnement.

IV.5.1.6 L'étude des façades :



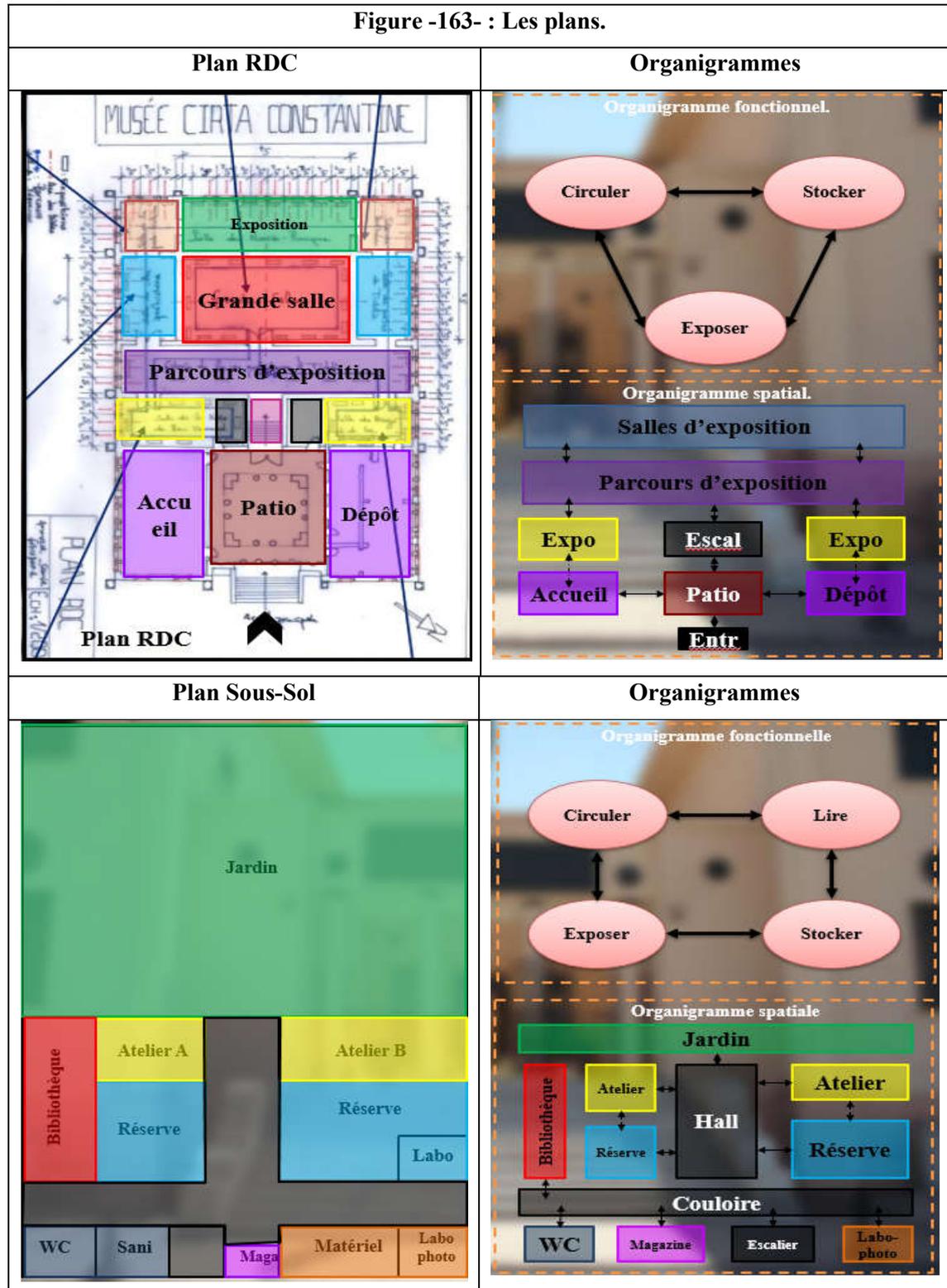
On remarque :

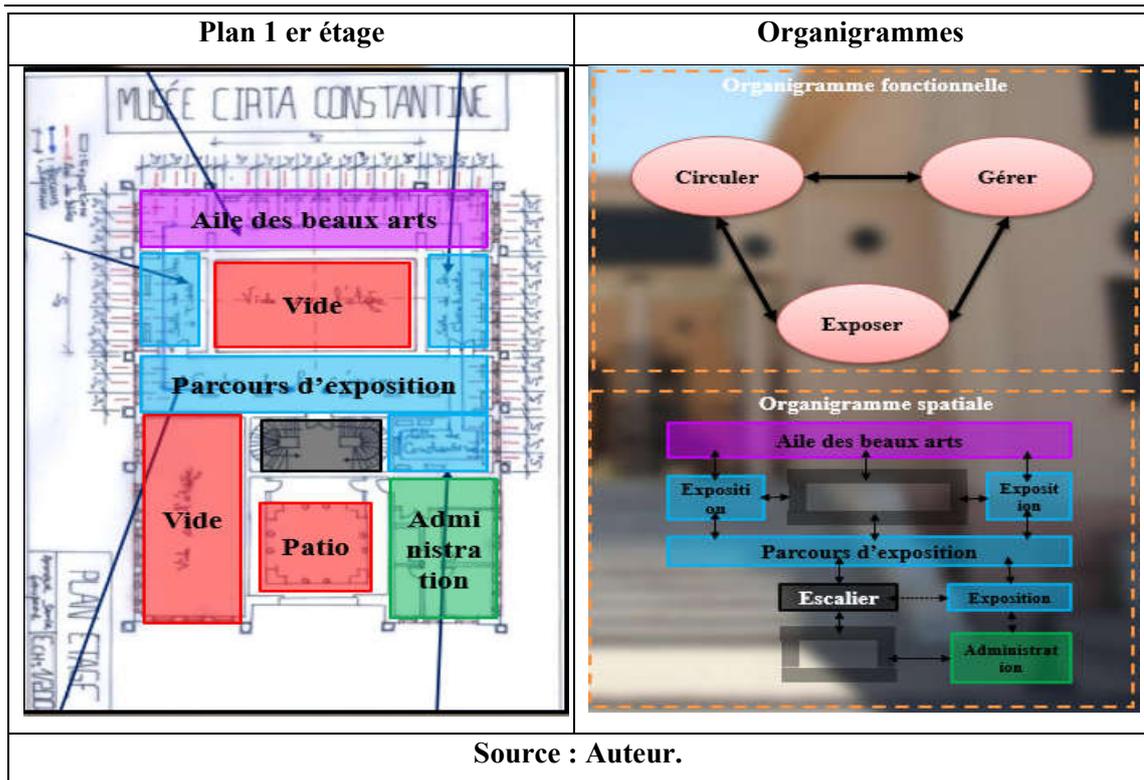
- La dominance de l'**horizontalité** malgré l'utilisation des **éléments verticaux.**
- Une symétrie par rapport à l'**axe verticale.**
- **Le style : Gréco-Romain.**

- Les façades sont décorées par **des sculptures géométriques**.
- **La couleur** : jaune sable.
- **Texture** : lisse.
- Ce musée représente **la stabilité et le calme**.

IV.5.1.7 L'étude spatial :

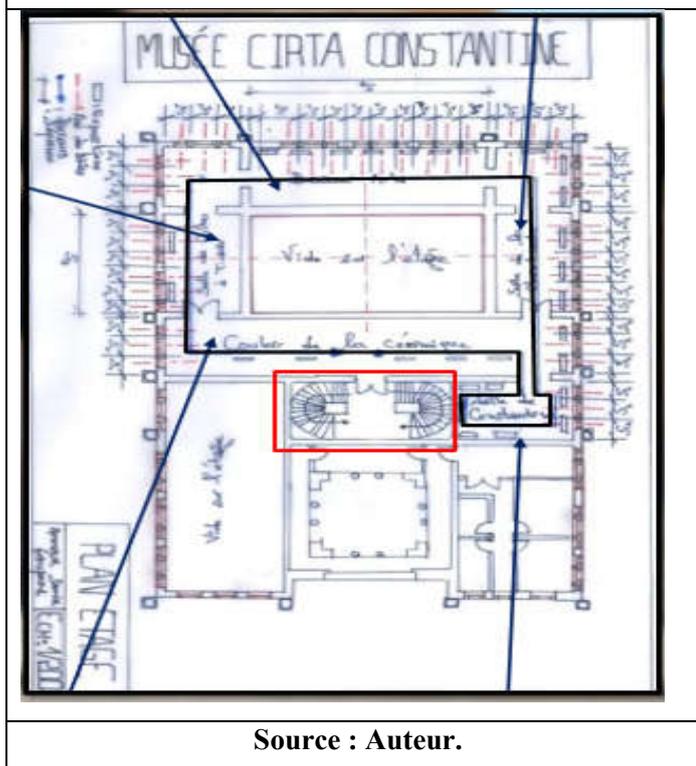
Les plans :





La circulation :

Figure -164- : La circulation verticale et horizontale.



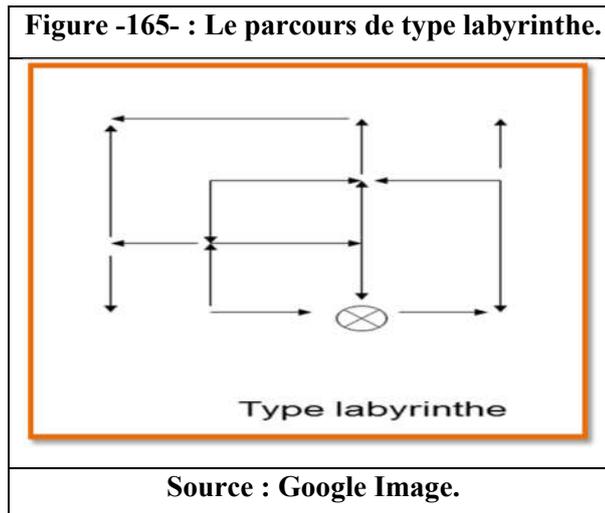
- La circulation horizontale est assurée par les couloirs et les halls.
- La circulation verticale est assurée par les escaliers.
- Les escaliers arrondis : Il y a 2 qui mènent vers le 1^{er} étage, elles se terminent avec un palier avant les salles.

- Les escaliers arrondis ont deux rôles : un rôle de circulation et un autre d'exposition.
- La circulation est déterminée par la forme du musée.

Les parcours :

Le parcours s'effectue à partir des couloirs qui mènent vers des salles de moyenne taille.

Dans le musée de Cirta, l'Architect a utilisé : le parcours labyrinthe.



IV.5.1.8 L'aspect technique :

- Le confort olfactif est assuré par l'espace tampon avant le WC.
- Le confort hygrothermique est assuré par l'utilisation des régulateurs d'humidité et de température.
- Le confort acoustique est absent.

IV.5.1.9 Structure et matériaux de construction :

- Structure : poteaux –poutre, murs porteurs.
- La structure est choisie selon la forme proposée et selon les objets exposés dedans.
- Murs en briques creuses.
- Carrelage de la période coloniale.
- Portes en fer.
- Fenêtres en bois, verre et fer.
- Marbre pour les escaliers.

IV.5.1.10 L'éclairage :

L'éclairage naturel :

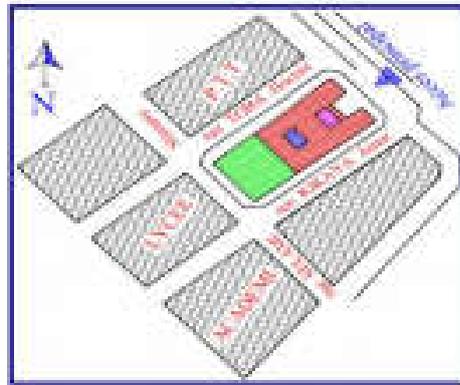
L'éclairage est un facteur majeur dans une exposition dans le musée, puisque le but d'une exposition est la mise en valeur et l'appréciation de l'objet ou l'œuvre exposée, qui dépend en grande partie de la qualité et de la quantité de lumière qui l'éclaire. Deux

modes d'éclairage naturel sont utilisés, à savoir le zénithal, et le latéral. La plupart des musées du monde possèdent ces deux modes d'éclairage naturel, qui parfois sont utilisés simultanément, parfois séparément et d'autres fois par alternance lorsqu'il s'agit de couverture d'un événement. Pour sa part le musée Cirta ne déroge pas à cette règle puisque l'éclairage naturel dans ce musée est assuré par ses deux modes d'éclairages.

- **L'éclairage Latéral :**

Délimité par des voies mécaniques, le musée Cirta s'ouvre sur quatre façades sans aucune mitoyenneté avec les constructions qui l'entourent. Ce qui permet de bénéficier des ouvertures latérales vers l'extérieur sur toutes les façades.

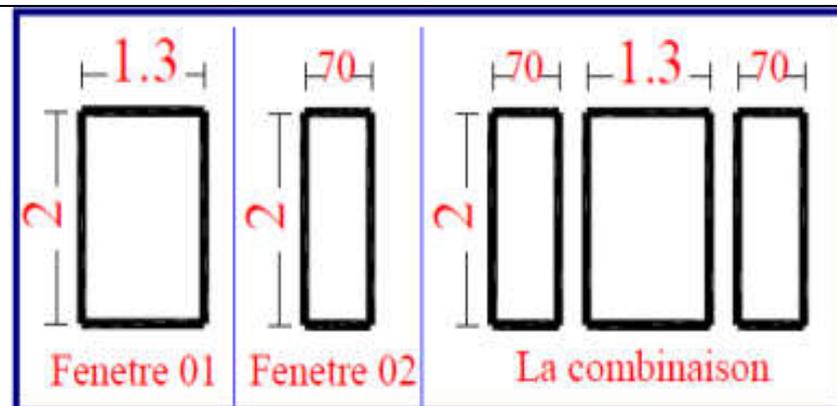
Figure -166- : Implantation du musée.



Source : www.cirtamuseum.org.dz

Les Ouvertures : Les façades du musée Cirta, sont conçues dans le style gréco-romain, offrant des modèles d'ouverture typique à cette architecture. Car le model le plus utilisé consiste en une association de deux formes de fenêtres, utilisée séparément ou en combinaison, ce type d'ouverture est le plus utilisé pour l'éclairage du musée.

Figure -167- : Représentation et dimensions des deux model ouvertures.

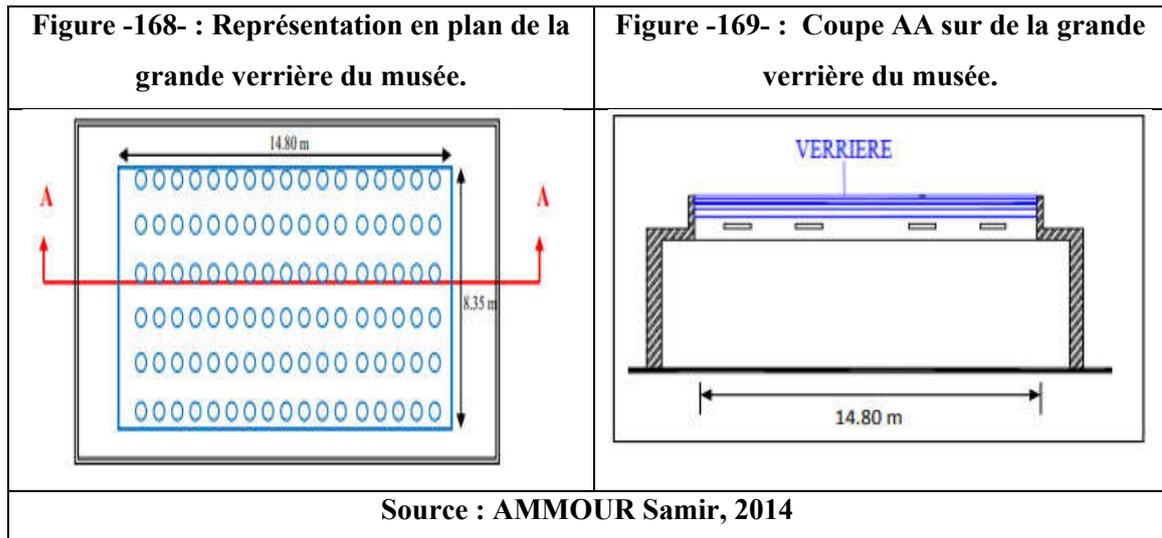


Source : AMMOUR Samir, 2014

- **L'éclairage Zénithal :**

La toiture du musée comporte deux verrières ; qui permettent un éclairage zénithal des espaces intérieurs. La petite verrière sert à éclairer les escaliers du musée, tandis que la grande verrière (objet d'étude) sert à éclairer la grande salle d'exposition.

Formes de la grande verrière : Occupant 85% de la surface du toit, la grande verrière qui éclaire la grande salle du musée, s'étale sur une surface en plan de 124 m² (14.80 m de longueur, et 8,35 m de largeur). Sur plans, elle prend une forme rectangulaire, mais en réalité la verrière est en forme de voûte.



Synthèse :

- Les atouts :
 - L'implantation du musée dans un tissu urbain culturel favorise son fonctionnement.
 - Création d'un espace central formant le noyau central du musée qui est le point de convergence aux autres espace (patio des sculptures).
 - Hiérarchisation de l'activité d'exposition aux salles d'exposition et aux galeries d'exposition.
- Les faiblesses :
 - Non réflexion hiérarchique des espaces de circulation.
 - L'utilisation d'un seul circuit pour le visiteur et le personnel.
 - L'absence totale des activités d'accompagnement comme détente, distraction par restaurant, cafétéria, boutique...
 - La présence d'un jardin épigraphique, mais qui n'est pas intégré dans le parcours du visiteur.
 - Les bâtiments qui entourent le musée déminent les heures d'ensoleillement.
 - Une seule vue panoramique sur la partie basse de la ville.
 - Absence de l'aspect écologique.

IV.5.2 Musée de GUGGENHEIM à BILBAO :

IV.5.2.1 Présentation du projet :

- **Titre :** Musée Guggenheim Bilbao.

- **Situation** : Bilbao-Espagne.
- **Réalisation** : 1993-1997.
- **Surface total** : 24000m².
- **Architecte** : Frank. O. Gerry.
- **Type de construction** : Musée d'art.

Figure -170- : Musée Guggenheim à Bilbao.



Source : <https://www.artefakto.fr/l/franck-gerhy/>

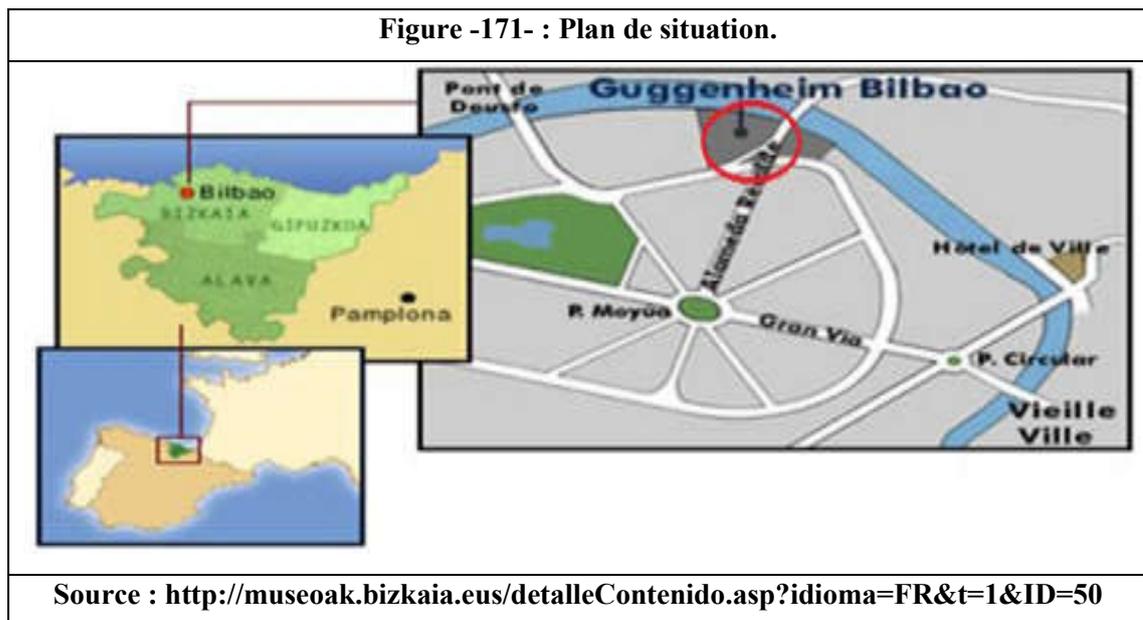
IV.5.2.2 La situation :

La situation d'un musée doit être connue et remarquable dans la ville. Le musée de Guggenheim Bilbao est situé à Bilbao au Pays basque espagnol qui à côté de l'un des centres principales de la ville dans un site connu comme un triangle culturel.

Articulation entre les deux parties de la ville.

Situation stratégique en agglomération urbaine.

Figure -171- : Plan de situation.



Source : <http://museoak.bizkaia.eus/detalleContenido.asp?idioma=FR&t=1&ID=50>

IV.5.2.3 Implantation et intégration urbaine :

Le musée doit être intégré avec son environnement et de préférence une implantation dans terrain élevée.

Figure -172- : Implantation et intégration urbaine.



Source : <http://projets-architecte-urbanisme.fr/musee-guggenheim-bilbao-franck-gehry-architecte-edifice/>

Le musée est implanté au bord de la rivière (Nervión) entouré par des équipements culturels et à proximité immédiate du centre-ville.

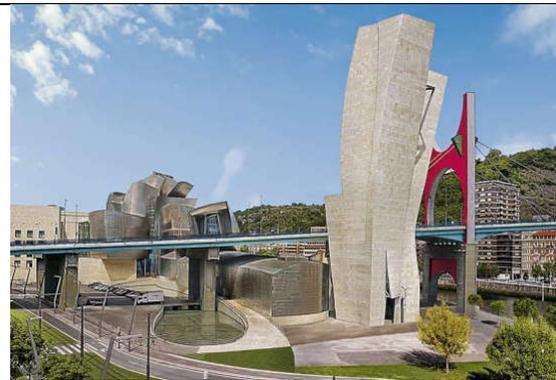
L'intégration avec le fleuve est assurée par l'utilisation des formes Organiques.

L'intégration avec l'environnement bâti est assurée par les formes régulières et des ouvertures rectangulaires.

Figure -173- : L'implantation du musée au bord de la rivière.



Figure -174- : L'intégration urbaine du musée.



Source : <https://www.dosde.com/discover/fr/musee-guggenheim-bilbao-fr/>

Le musée s'intègre parfaitement aux autres bâtiments (anciennes ou modernes) et s'accorde avec le site.

IV.5.2.4 L'étude de masse :

La composition :

Figure -175- : Plan de masse.



Source : Google Earth réadapté par auteur.

- La surface totale du musée : 96381 m² (En rouge).
- La surface qui représente le bâti : 24000 m² est 4,90% (En bleu).
- La surface non bâtie : 72381m² est 75,10% qui représente des placettes et un petit parking et des espaces vides pour la circulation (En mauve).
- Placettes et espaces vert : 50735m² est 4,82%.
- Parking : 3492 m² est 4,82%.
- Vide : 18154m² est 25,91%.

Orientation :

Le musée est orienté Sud-Est.

Figure -176- : Orientation du musée.

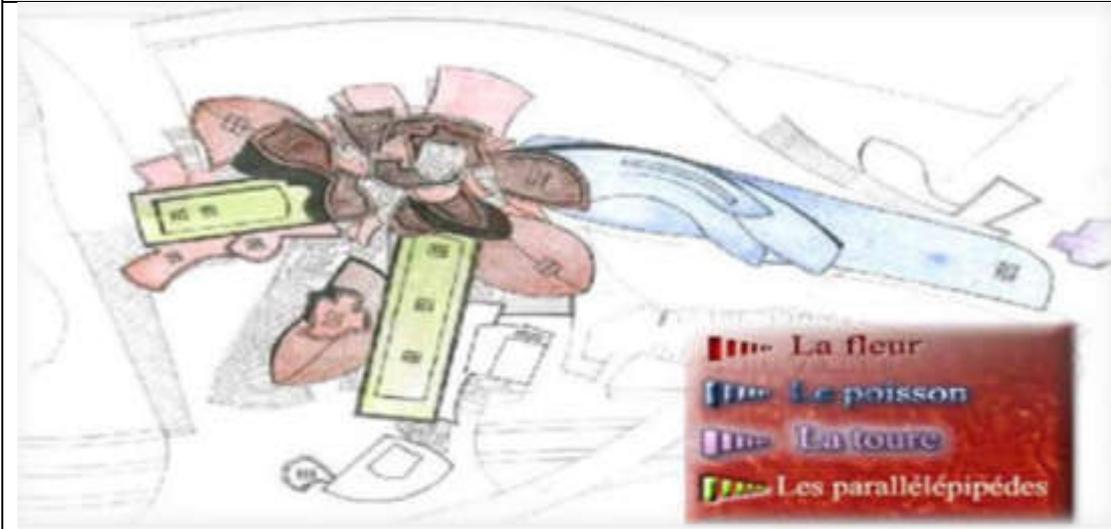


Source : Google Earth réadapté par auteur.

La forme :

Quelle que soit la forme de musée il doit respecter le fonctionnement et l'organisation des pièces.

Figure -177- : Composition des formes.



Source : <http://technostemarieb6.eklablog.com/histoire-des-arts-c20085619>

La forme générale irrégulière. Les formes n'ont pas de raison géométrique ou régi par aucune loi.

En observe un contraste entre les formes organique et régulières.

IV.5.2.5 L'environnement immédiat :

Figure -178- : L'environnement immédiat du musée.



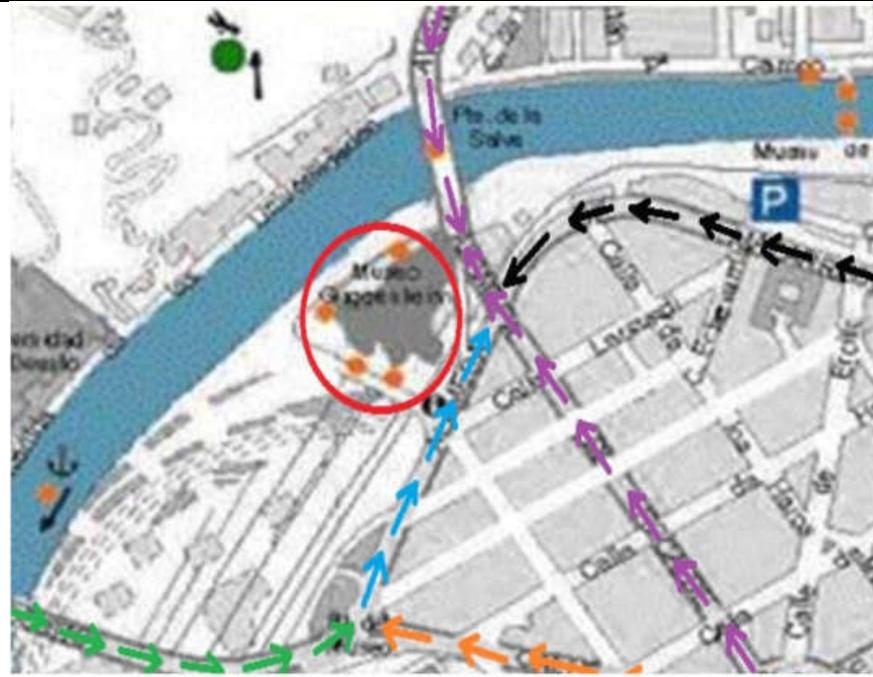
Source : <https://fr.slideshare.net/kherroubisofiane/projet-urbain-de-Bilbao>

Le musée est entouré par des équipements différents (loisir, éducation...) qu'il donne une importance pour le site.

IV.5.2.6 L'accessibilité :

Le musée doit être assuré par une accessibilité facile.

Figure -179- : L'accessibilité au musée.

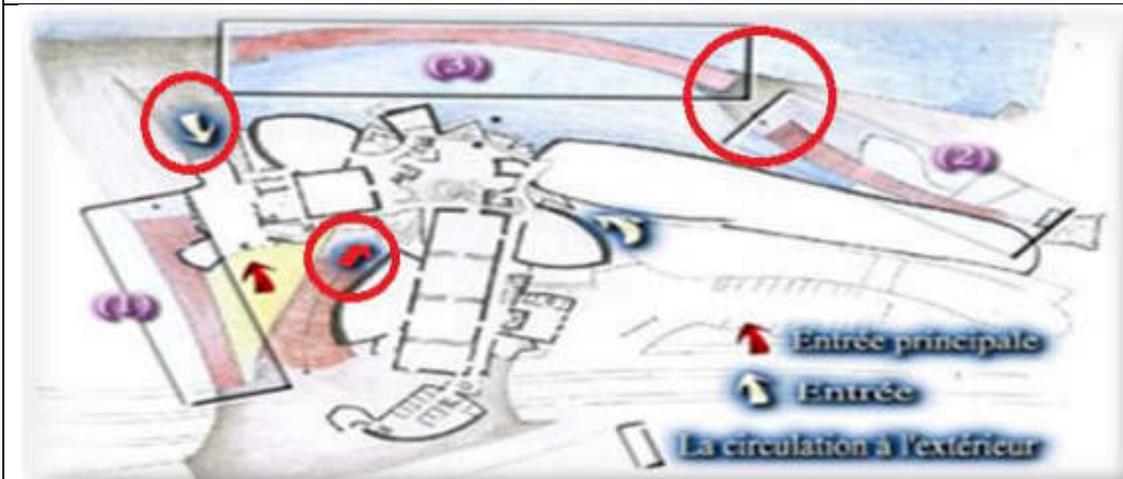


Source : <https://www.guggenheimbilbao.eus/fr/activites/reflections/>

Le musée est un nouveau point de repère pour la ville de Bilbao et il est accessible à partir des voies mécanique et piétonne qui relie le musée avec le centre de la ville.

IV.5.2.7 Les accès :

Figure -180- : L'entrée principale.



Source : <https://www.guggenheim-bilbao.eus/fr>

L'entrée principale du musée se trouve au bout de la rue Iparragirre l'un des axes stratégiques de Bilbao qui traverse toute la ville en diagonale comme un trait d'union entre le centre urbain et le musée.

Figure -181- : L'entrée des gens handicapés.



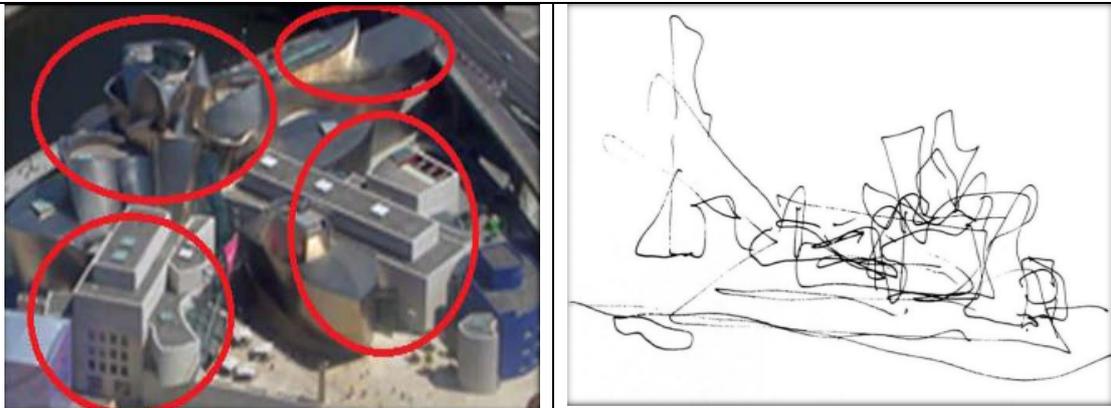
Source : <https://www.guggenheim-bilbao.eus/fr>

On accède au 2ème niveau à travers une rampe conçue pour faciliter l'entrée aux gens handicapés.

La passerelle qui traverse l'eau pour accéder à la cafète, restaurant et la tour. Le musée est bien accédé à cause de l'existence de plusieurs entrées publiques et service.

IV.5.2.8 La volumétrie :

Figure -182- : La volumétrie.



Source : <https://www.guggenheim-bilbao.eus/fr>

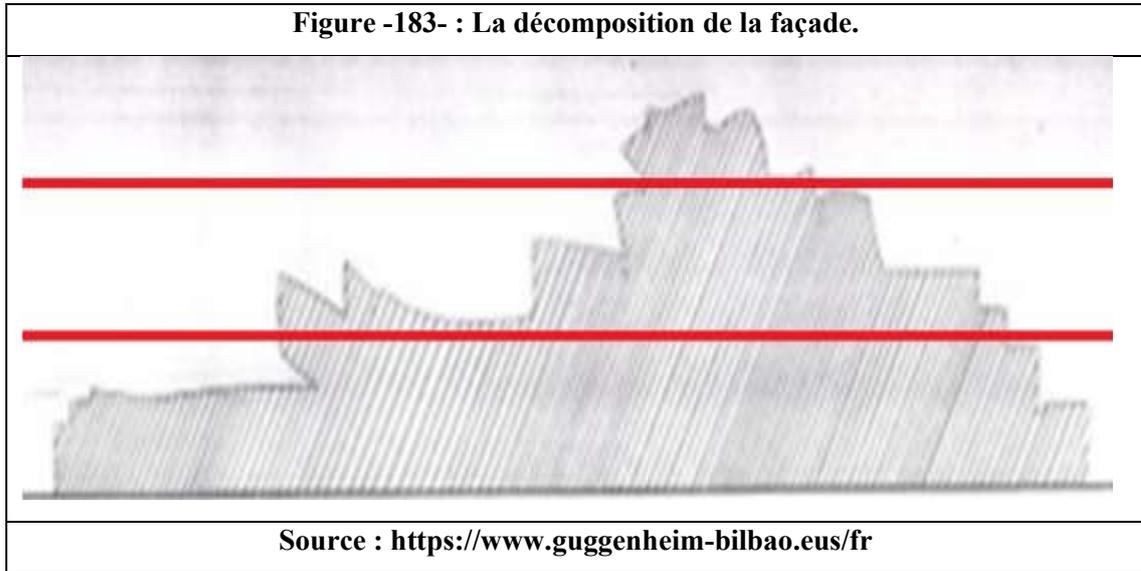
Le musée conçu comme un seul volume sculpté monobloc et massif composé par plusieurs volumes différents dont chaque volume a son traitement.

Parallélépipédique Poisson ou bateau une Fleur

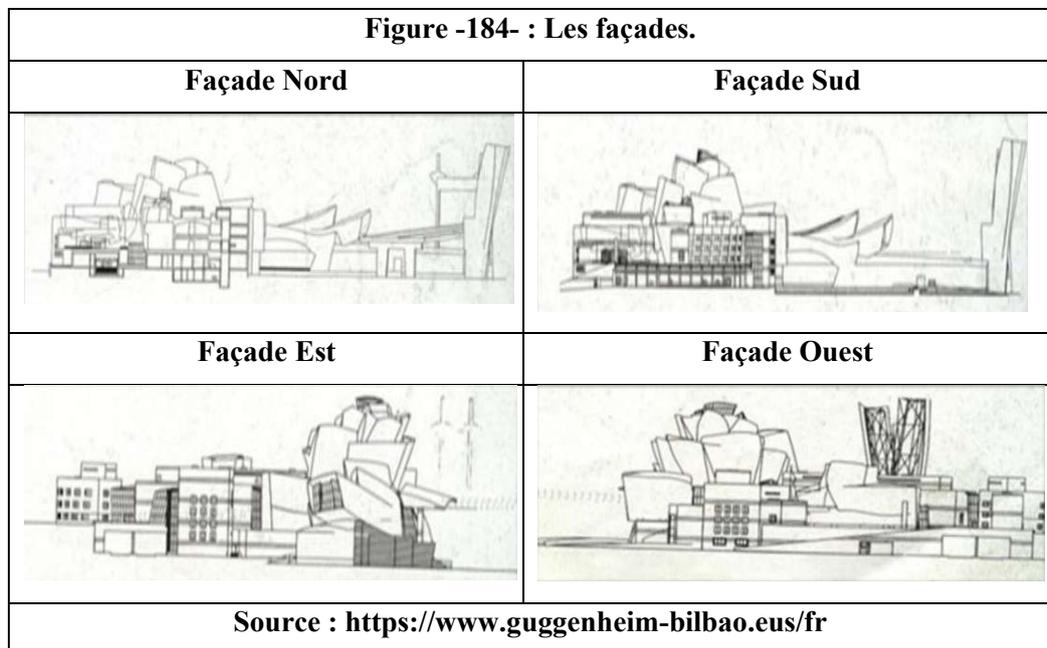
La conception du musée Inspiré par les formes et les textures d'un poisson, il peut être considéré comme une sculpture, une œuvre d'art en soi.

IV.5.2.9 Les façades :

La décomposition de la façade :



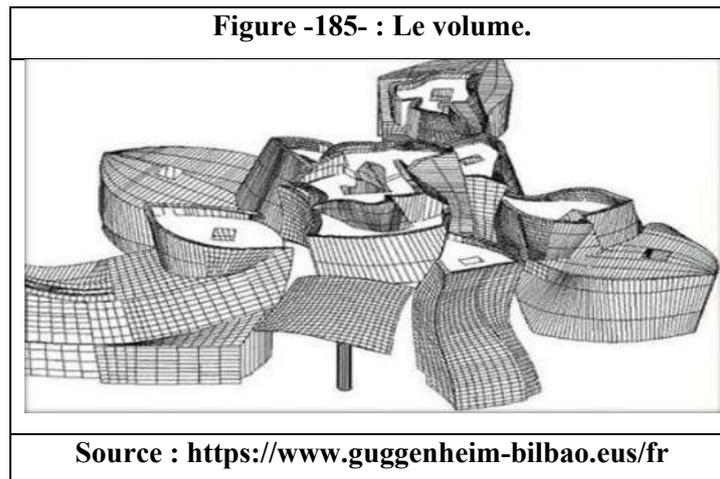
- **La tête** : elle a une forme triangulaire, pour assurer la contradiction terre-ciel.
- **La base** : elle est d'une forme rectangulaire, qui assure la relation entre le projet et la terre, et donne la sensation d'une façade stable.
- **Le corps** : représente la grande partie du gabarit, et il est caractérisé avec une forme très complexe par rapport à la base.



L'absence du contact visuel de l'intérieur avec l'extérieur cause de provoquer une curiosité ce qui oblige les gens à visiter l'édifice pour découvrir l'activité interne dominante sur la façade.

L'utilisation de minimums d'ouvertures latérales avec des angles droits les fenêtres alignées et l'absence de symétrie.

Le plein est un facteur dominant sur les façades.



IV.5.2.10 Les matériaux de construction :

- **Le titane :**

Ce matériau a été choisi après une large sélection dont divers types d'acier inoxydable pour sa couleur (brillons) sa capacité de réfléchir la lumière et capacités mécanique et sa résistance à la corrosion.

- **Le verre :**

L'enveloppe des ascenseurs qui offre des vue panoramique utilisé pour les ouvertures qui assure le contact.

- **La pierre calcaire :**

La stabilité au niveau de la base du musée Chaque pierre orthogonalement enduit organique et d'autres couverts par une peau métallique de titane.



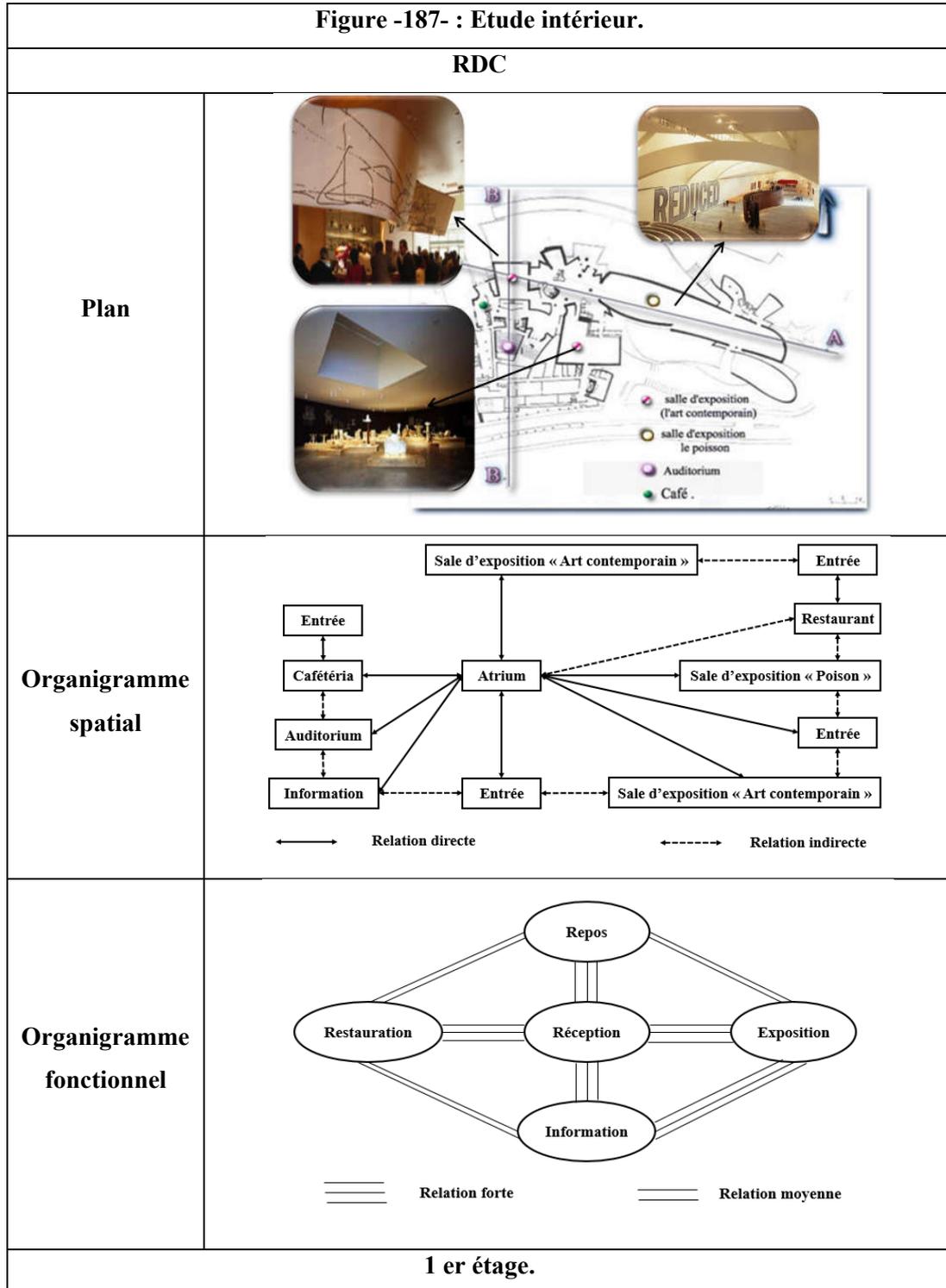
IV.5.2.11 La texture et couleurs :

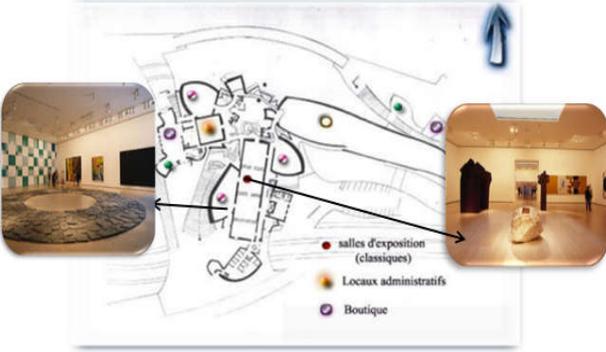
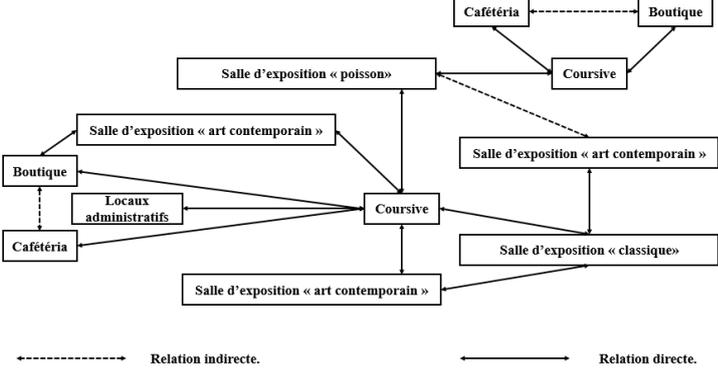
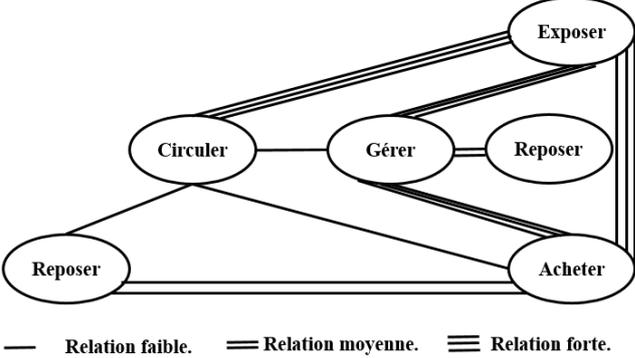
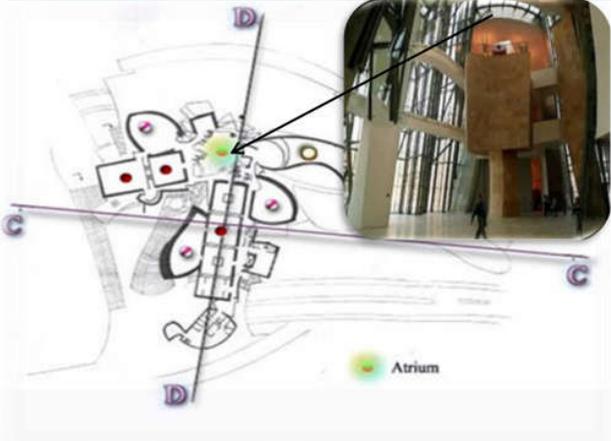
Texture lisse a cause de l'utilisation du titane en façade.

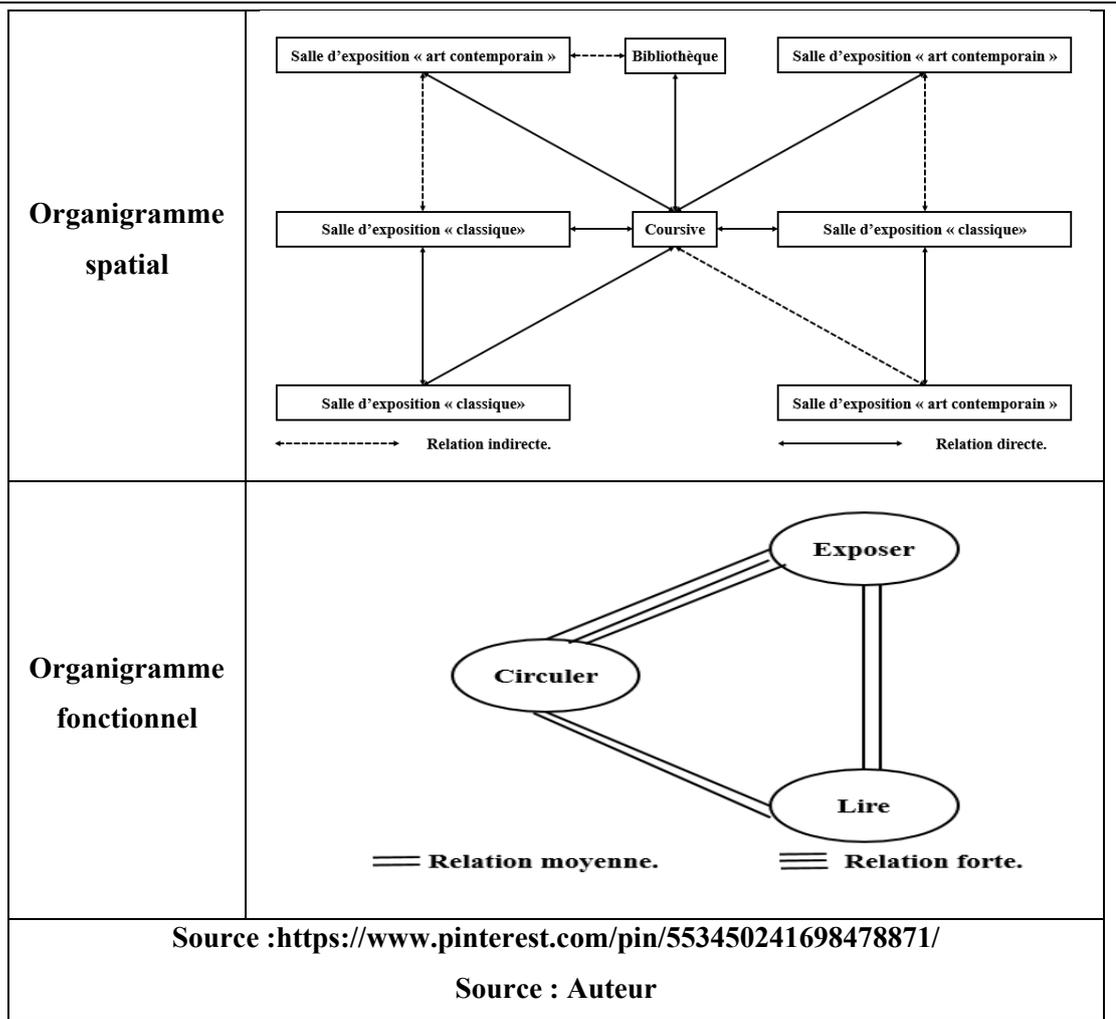
Les couleurs sont Changés avec chaque changement de degré de la lumière chaque heure de la journée permet à l'édifice d'être un signal dans son environnement.

IV.5.2.12 Intérieur :

Les plans :



<p>Plan</p>	
<p>Organigramme spatial</p>	
<p>Organigramme fonctionnel</p>	
<p>2 ème étage.</p>	
<p>Plan</p>	

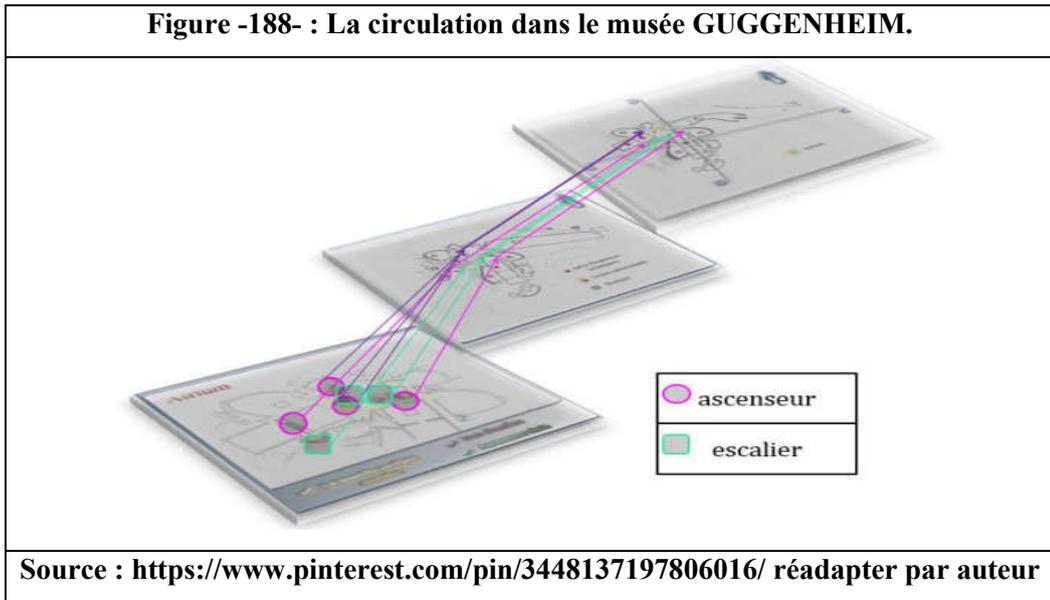


Espace	Orientation	Surface m ²
Atrium	Espace centrale	300
Auditorium	Sud – Ouest	605
Cafétéria	Est / Ouest	150
Restauration	Nord - Est	460
Salle d'exposition de poisson	Est	2500
Bureaux	Ouest	1200
Bibliothèque	Nord	200
Boutiques libraires	Nord – Est / Ouest	675
Salles d'exposition « 19 galeries »	Toutes les directions	10560

Tableau -9- : Les espaces du musée GUGGENHEIM l'orientation et la surface de chaque espace.

La circulation :

Figure -188- : La circulation dans le musée GUGGENHEIM.



La circulation verticale est assurée par des escaliers et des ascenseurs.

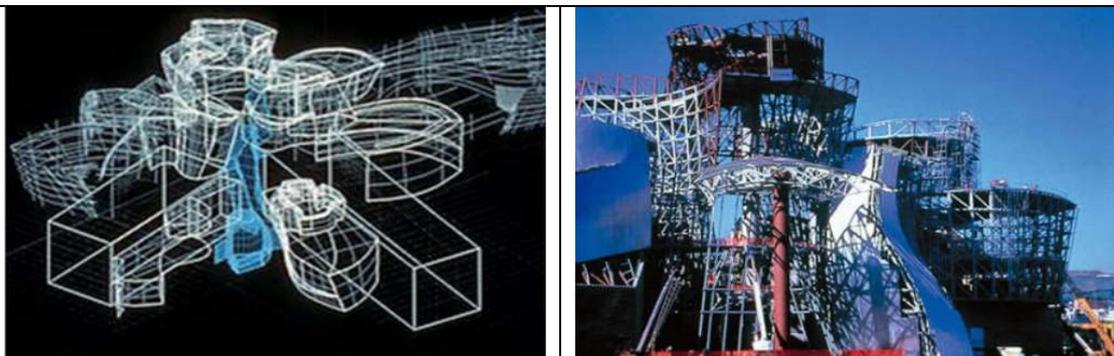
- La tour d'escalier met en relation entre 19 galeries dans 3 niveaux.
- Les escaliers construits en acier.
- La structure de l'ascenseur entièrement vitré.

Les parcours :

- Parcours libre non centralisé pour offre le libre choix pour le visiteur.
- Le parcours d'exposition intégré avec le parcours de visiteur.
- La distribution des espaces d'exposition et de service autour d'un hall central pour donner la liberté au visiteur.

IV.5.2.13 La structure :

Figure -189- : La structure du musée de GUGGENHEIM.



Source : <http://technostemarieb212.eklablog.com/le-musee-de-guggenheim-bilbao-a68175781>

L'utilisation des :

- Murs porteurs.
- Ossature métallique.

La conception de musée par un plan qui n'a aucune trame structurelle.

Les sinueuses courbes ont été conçus par un programme informatique appelé Catia dimensions de conception l'utilisation des murs porteurs et les plafonds.

La présentation de structure interne avec des barres métalliques qui forment des grilles de triangulations qui sont assemblés pour former un corps unique (Catia) ce qui permet la conception et le calcul des façons qu'il Ya quelques années n'aurait pas été possible.

IV.5.2.14 L'éclairage :

Extérieur :

- La lumière est un élément fort dans la conception de projet.
- Pendant la nuit la fonction de lumière artificiel.

Intérieur :

L'éclairage naturel :

L'éclairage est un élément important dans un musée dans ce cas, l'architecte éclairer le musée par un éclairage naturel en créant des ouvertures dans les plafonds de chaque galerie et avec les hauteurs sous plafond l'éclairage va être adouci. Et pour éclairer les galeries inférieures, un système de puits amène la lumière jusqu'aux galeries inférieures.

Figure -190- : L'éclairage zénithal dans le musée de GUGGENHEIM.



Source : <https://www.pinterest.com>

Mais les conservateurs du musée ont préféré un éclairage artificiel plus facile à contrôler, l'architecte va placer des voiles pour filtrer la lumière, Pour les périodes où il Ya beaucoup de soleil ils sont placés.

En hiver quand la lumière est peu abondante les voiles sont retirés.

Éclairage zénithale au moyen d'ouvertures en verre :

- Les salles d'expositions.
- L'atrium.
- Utilisation des lucarnes aux galeries d'expositions.

Éclairage latéral :

- Façade vitrée.

- Terrasse.

L'éclairage artificiel :

L'utilisation des Lampes halogènes basse tension et des projecteurs amovibles.

Figure -191- : L'éclairage artificiel dans le musée de GUGGENHEIM.



Source : <http://www.znanje.org/i/i25/05iv02/05iv020819/gughajm.html>

Synthèse :

Le musée est un monument à la gloire de l'art et de l'architecture, cet édifice nous permet de comprendre :

- La relation du musée avec la ville.
- La forme très symbolique qui est en elle-même un rappel que l'architecture est une forme d'art art.
- L'utilisation fréquente de symbole qui rappelle plusieurs éléments soit dans la ville soit de l'art.
- La programmation très simple des différents espaces du musée.
- L'intégration optimale et totale du musée avec la ville que ce soit de l'extérieur ou de l'intérieur.
- La circulation à l'intérieure du musée qui favorise la contemplation des œuvres exposées.

IV.5.3 Musée D'art Contemporain De Denver, Colorado, USA :

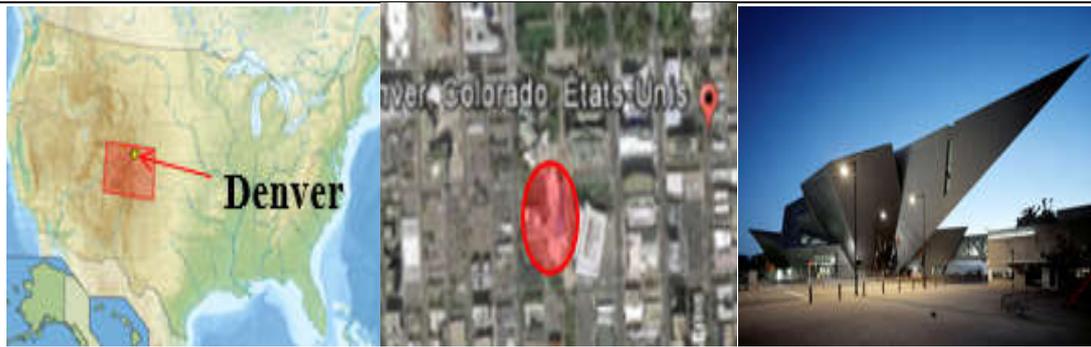
IV.5.3.1 Le contexte géographique :

La situation :

Le musée est situé à Denver, la capitale de Colorado, État de l'Ouest des États-Unis, qui est béni avec 300 jours de soleil par an. Cette construction pointue par l'architecte Daniel Libeskind est une extension pour le musée d'art de Denver déjà existant conçue par l'architecte italien Gio Ponti.

Le complément loge actuellement des collections de tableaux Modernes et Contemporains aussi bien qu'une collection Océanique et d'art Africain.

Figure -192- : La situation du musée Denver.

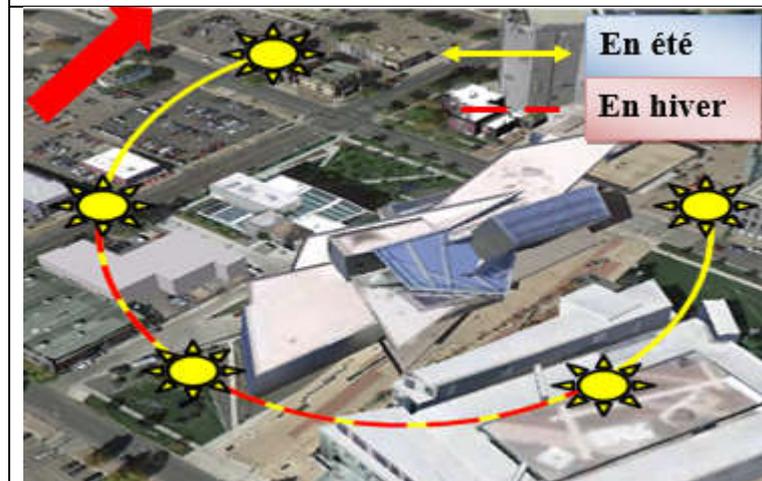


Source : Google Earth.

Orientation :

Le projet est implanté d'une façon à ce que les 02 façades principales soient orientées vers l'est et l'ouest où l'éclairage dans l'espace central est assuré par un atrium.

Figure -193- : Orientation du musée.

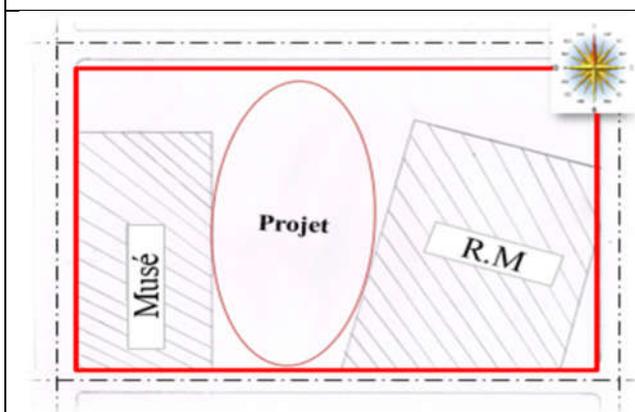


Source : Google Earth réadaptée par auteur.

IV.5.3.2 Etude extérieur :

Forme et accessibilité au terrain :

Figure -194- : Forme et accessibilité au terrain.

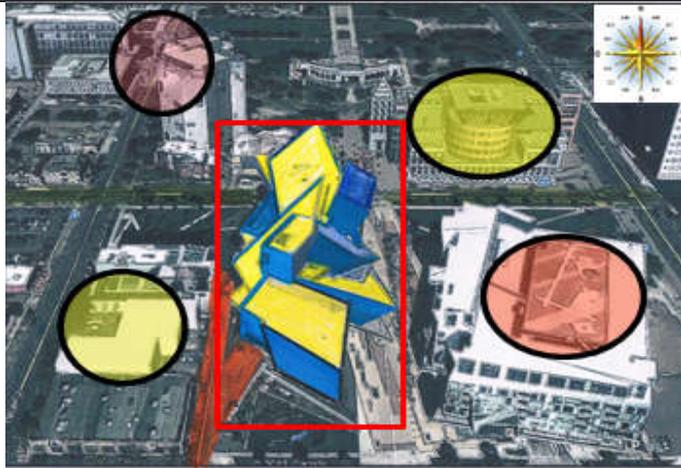


Source : Auteur.

- Terrain de forme régulière (rectangle).
- Accessible par quatre vois primaires.

Les limites lointaines :

Figure -195- : Les limites lointaines du musée.



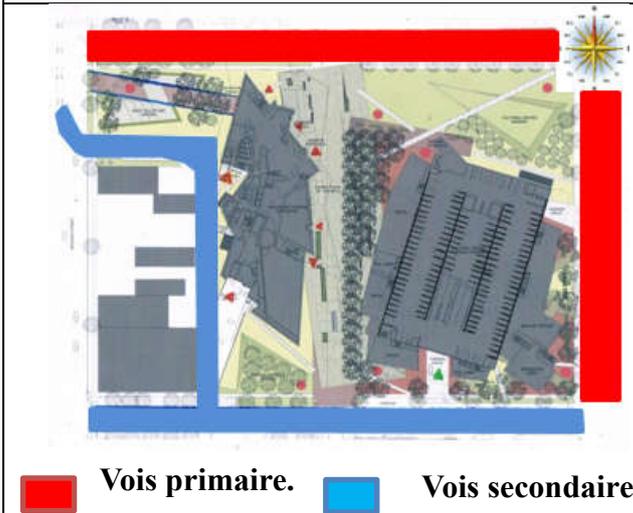
Source : Google Earth réadaptée par auteur.

Le musée est limité :

- Au Nord par ancien musée de Denver.
- A l'Est par la résidence du musée.
- A l'Ouest par un musée.
- Au Sud par un Boulevard.

Les limites immédiates :

Figure -196- : Les limites immédiates du musée.



Vois primaire. **Vois secondaire.**

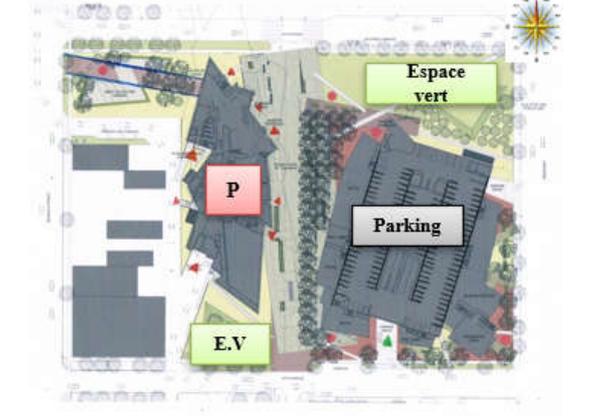
Source : Google Maps réadaptée par auteur.

Le musée est limité :

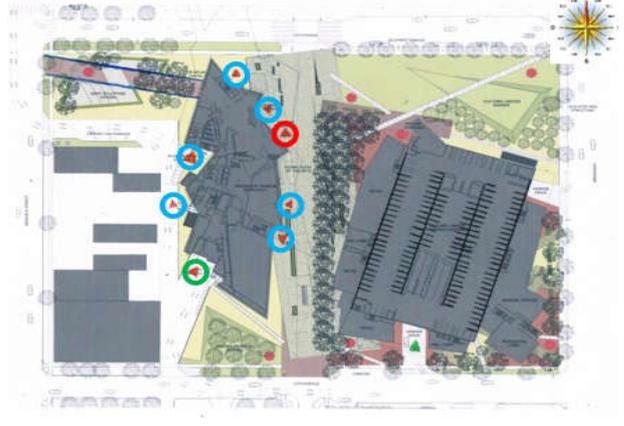
- Au Nord et Est par des vois primaires.
- Au Sud et Ouest par des vois secondaires.

IV.5.3.3 Etude de masse :

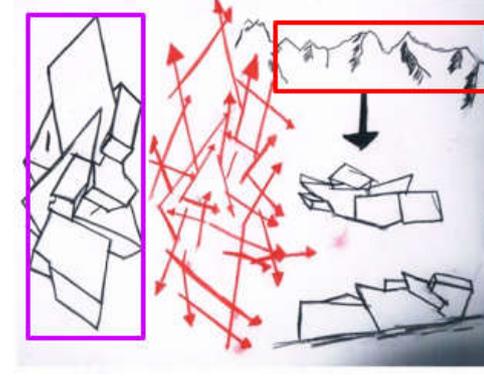
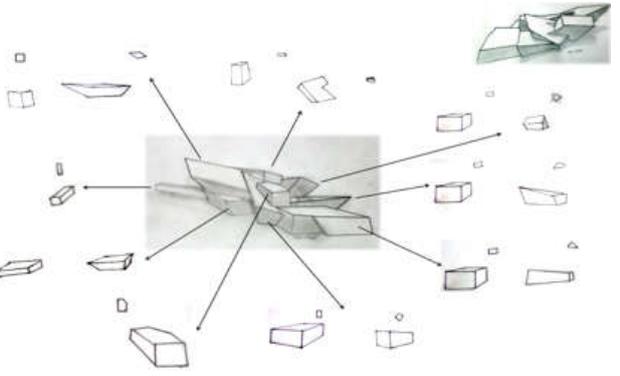
Plan de masse :

<p>Figure -197- : Plan de masse du musée.</p>	<p>Le musée implanté sur un terrain de forme rectangulaire. La forme du projet est irrégulière dont l'entourage qui reste est aménagé par espaces verts et verdure qui sont très petits et étroits à cause du manque du terrain.</p> <p>Les parkings sont séparés de projet et aménagés à la résidence du musée</p>
	
<p>Source : Google Maps réadaptée par auteur.</p>	

Les accès :

<p>Figure -198- : Les accès du musée</p>	<ul style="list-style-type: none">● Accé mécanique.● Accé principale.● Accé de service. <p>Séparation entre la circulation mécanique et piétonne.</p> <p>Les accès sont organisés proche des musées existants.</p>
	
<p>Source : Google Maps réadaptées par auteur.</p>	

La volumétrie :

<p>Figure -199- : La genèse de la forme.</p>	
	
<p>Source : Libeskind.</p>	

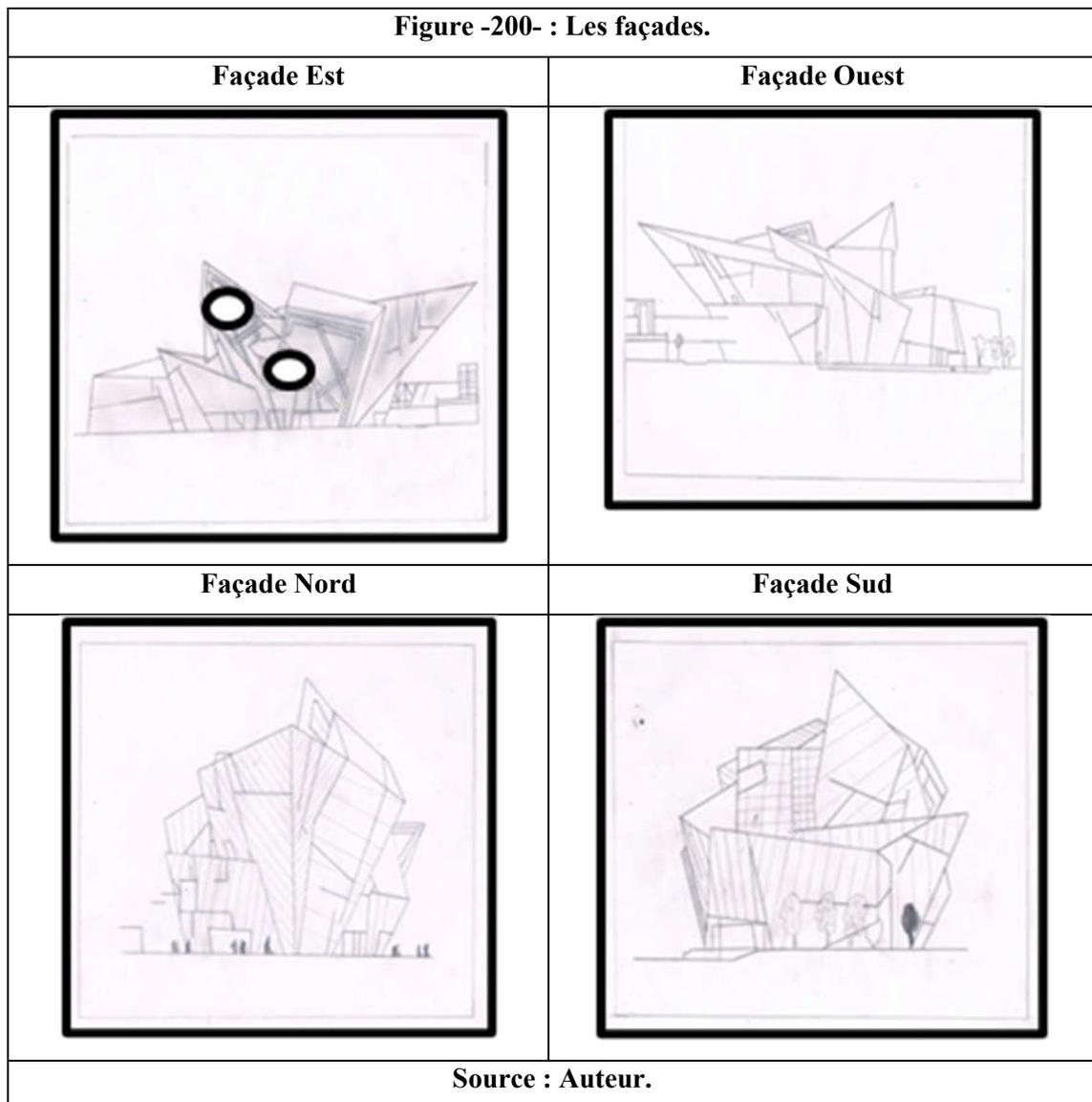
Métaphore choisie pour la forme du bâtiment : un affleurement de roches cristallines qui Libeskind a vu de sa fenêtre de l'avion au moment de franchir les Rocheuses. Pour façonner des volumes anguleux qui semblent émerger du sol.

On remarque l'absence d'un axe majeur mais des axes inclinés d'une façon aléatoire pour concrétiser la métaphore des cristaux rocheuses.

Formes géométriques agressifs, pur irrégulier, ce qui reflète les pics et les cristaux de roche provenant des proches montagnes Rocheuses. 9 volumes, 8 rhomboïdes ce sont des parallélépipèdes sculptés et un volume nettement en porte à faux traverse la rue pour relier la structure, ces 9 volumes emboîtés et incluses les uns aux autres.

Un volume nettement en porte à faux traverse la rue pour relier la structure des 02 musées.

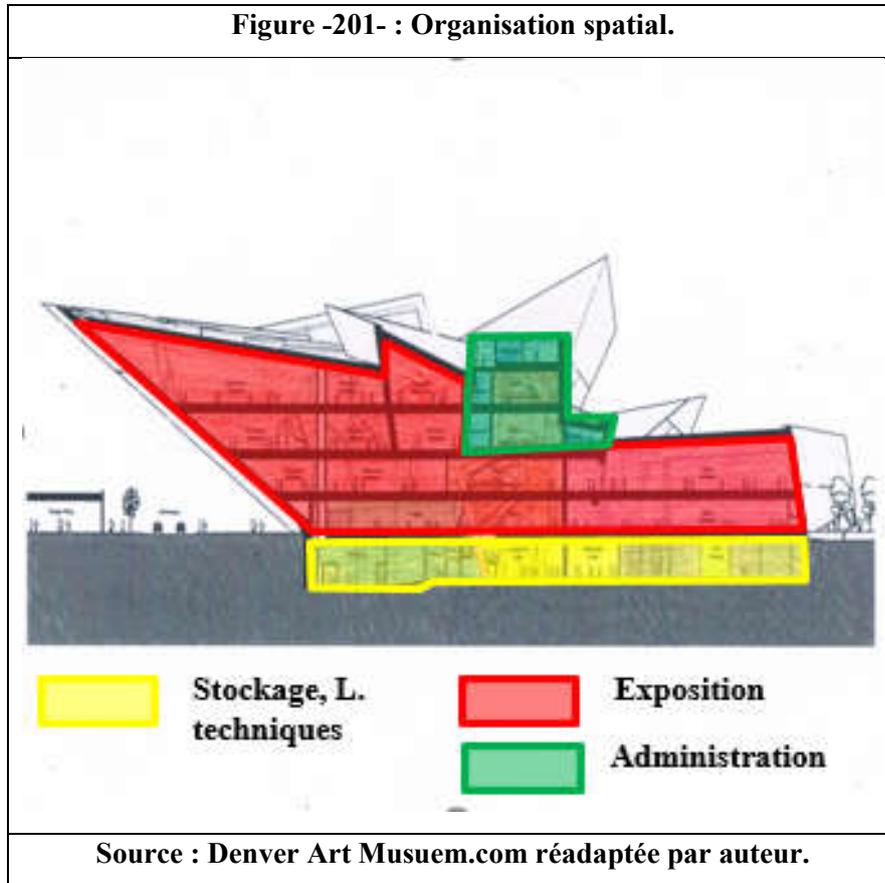
IV.5.3.4 Etude des façades :



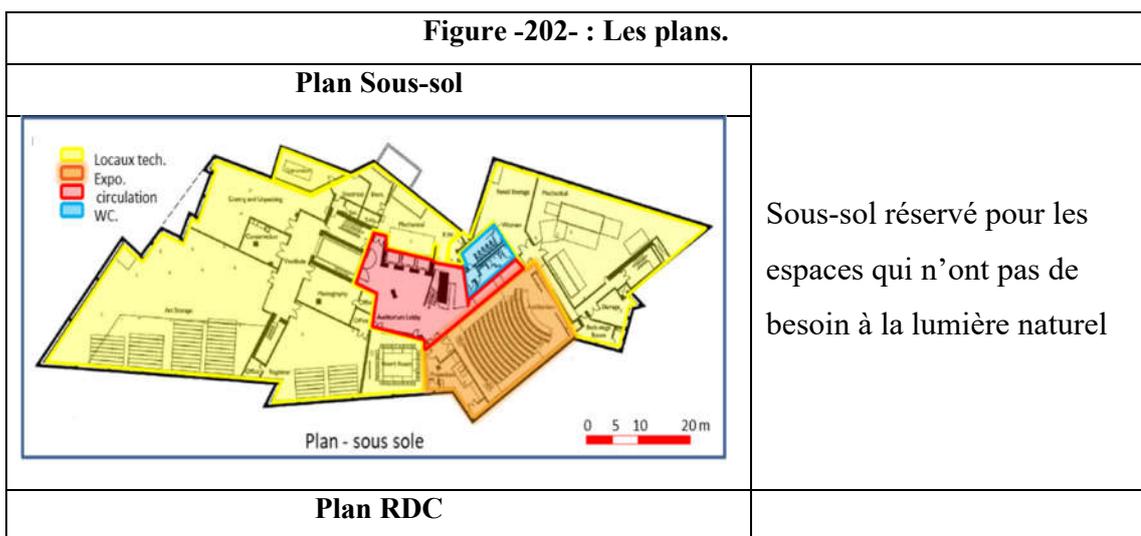
- Les façades sont marquées par des lignes obliques et la 3Dimension (L'Idée).

- Les façades sont presque opaques pour contrôler la lumière.
- Sauf l'Atrium qui marque l'espace de circulation vertical central.

IV.5.3.5 Etude intérieur :



Le principe d'organisation des espaces fait par la réservation de sous sole pour les locaux technique, RDC pour le commerce, L'exposition aux étages.



<p>RDC</p>	<p>Des boutiques en RDC sont destinés à fabriquer une vie de rue instantanément dynamique et pour aider à revitaliser le centre-ville de Denver.</p>
<p style="text-align: center;">Plan 1 er étage</p> <p>1 er étage</p>	<p>La distribution des espaces intérieurs fait par l'implantation des salles d'exposition dans les parties opaques ou il utilise l'éclairage artificiel</p>
<p style="text-align: center;">Plan 2 ème étage</p> <p>2 eme étage</p>	<p>L'espace central occupe par un escalier qui s'enroule à travers un atrium de quatre étages.</p>
<p style="text-align: center;">Source : Denver Art Musuem.com réadaptée par auteur.</p>	

La circulation :

Figure -203- : La circulation.

	<p>Le cheminement des visiteurs est séparé de l'autre du personnel.</p>
<p>Source : Denver Art Musuem.com réadaptée par auteur.</p>	

Les organigrammes :

<p>Figure -204- : Organigramme spatial.</p> <p>Organigramme spatial</p>	<p>Figure -205- : Organigramme fonctionnel.</p> <p>Organigramme fonctionnel</p>
<p>Source : Auteur.</p>	<p>Source : Auteur.</p>

Perception de l'intérieur :

C'est un musée où ce que vous voyez à l'extérieur est une expression de ce que vous voyez à l'intérieur.

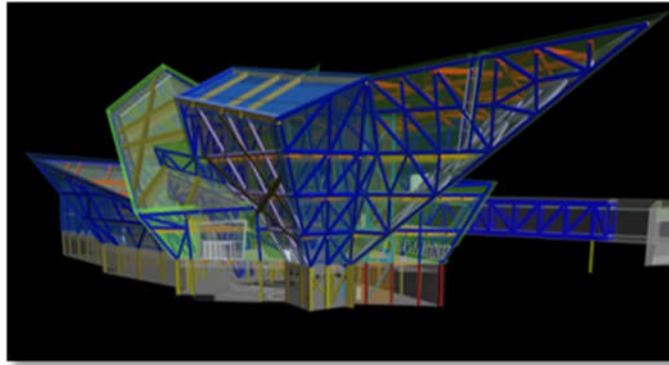
Le tissu blanc cassé pour adoucir l'intérieur un peu.

IV.5.3.6 Etude technique :

La structure :

La structure nécessite la mise en œuvre de 2.740 tonnes d'acier. Un logiciel 3D permettait de localiser avec précision chacune des poutres de la charpente. 50 000 boulons. Cette ossature a ensuite été revêtue extérieurement de 9.000 panneaux en titane blanc.

Figure -206- : La structure.



Source : Denver Art Musuem.com

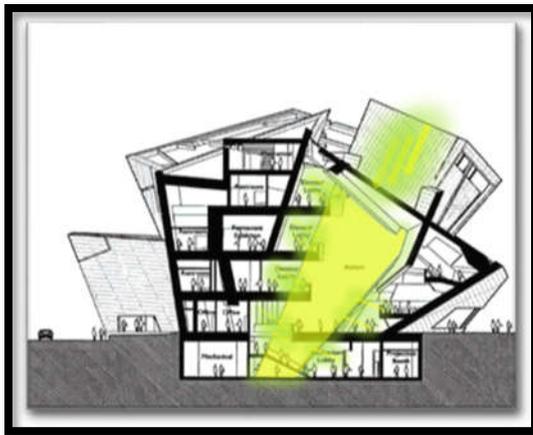
Les matériaux de construction :

Le choix des matériaux a été fait de manière à préserver le contexte existant avec l'utilisation de pierres locales.

Des matériaux innovants : le titane qui reflète la lumière de Colorado, Acier, Béton, Black Pearl Granite.

IV.5.3.7 L'éclairage :

Figure -207- : L'éclairage naturel.



Source : Denver Art Musuem.com

Les escaliers sont marqués par L'atrium qui offre à un éclairage zénithal. Éclats de lumière du jour entre par puits de lumière en forme de fentes prévues où les murs se croisent, de sorte que, parfois, le bâtiment ressemble comme si elle était écartant les coutures. Plus haut, poutres sillonnent l'espace comme pour empêcher les murs de tomber sur vous.

L'utilisation de l'éclairage artificiel au niveau des salles d'exposition.

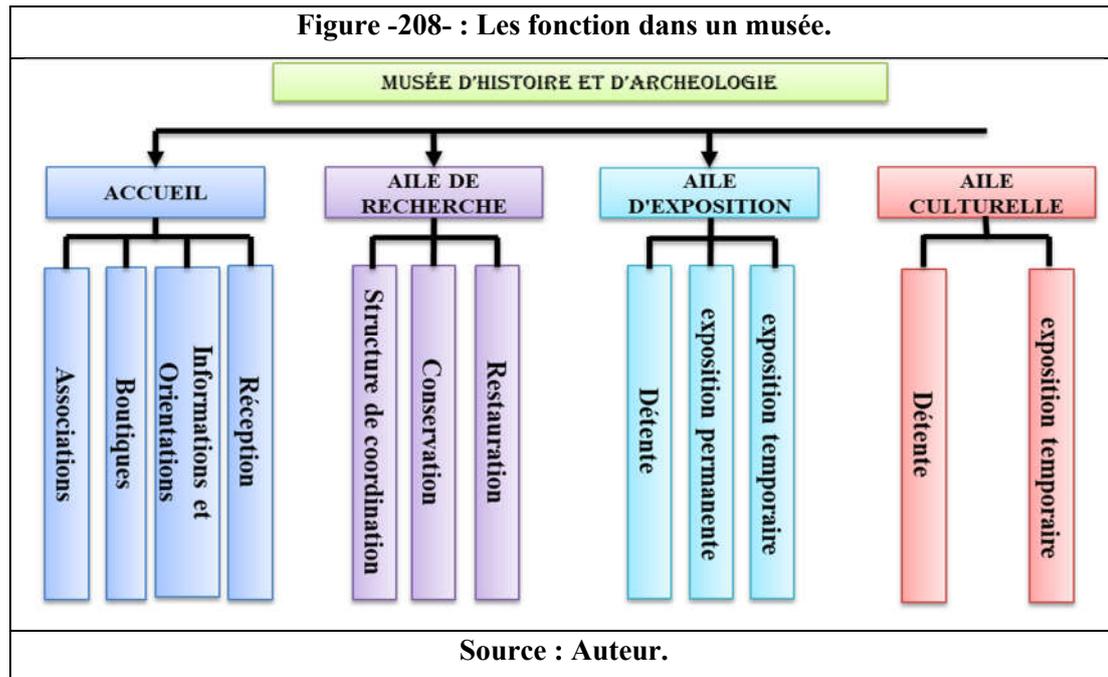
Synthèse :

- L'identification du projet se détermine par son implantation au site urbain et dans un milieu culturel par excellence.
- Le bâtiment se démarque de son environnement à travers une composition radicalement dynamique

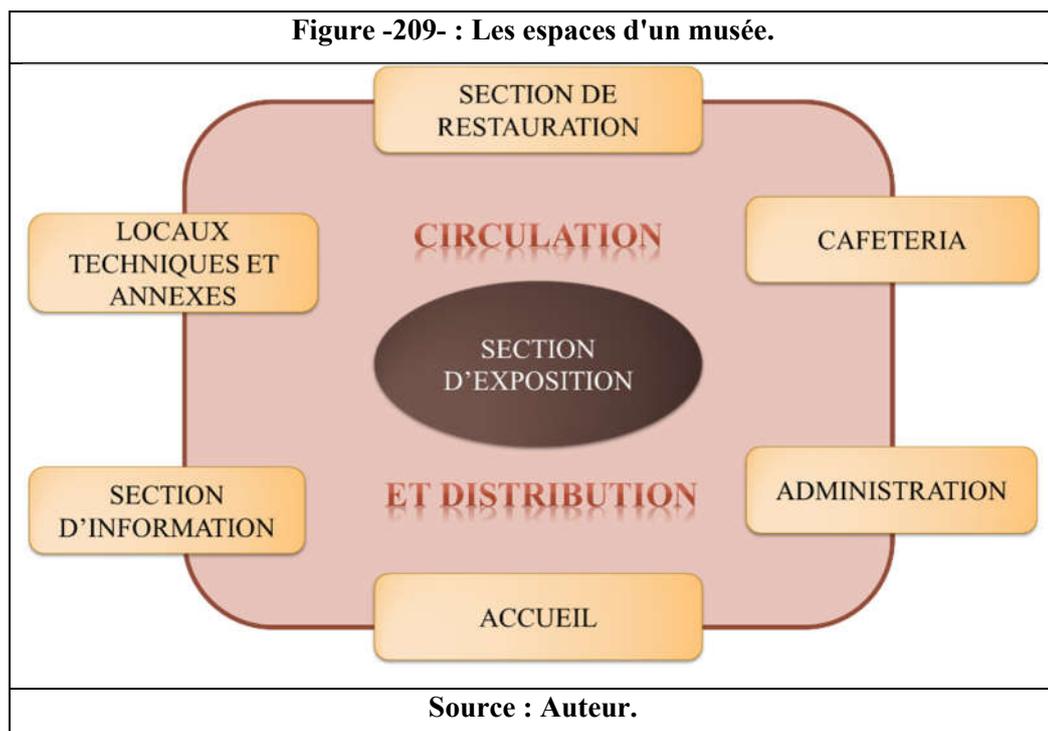
- Une passerelle dans chaque étage qui offre une chance de regarder vers le haut et vers le bas dans l'atrium, comme si l'architecte nous a mis à l'intérieur d'un iceberg
- Le musée nous offre un contact avec l'extérieur à travers la transparence des espaces de repos.

IV.6 La programmation :

Les fonctions dans un musée :

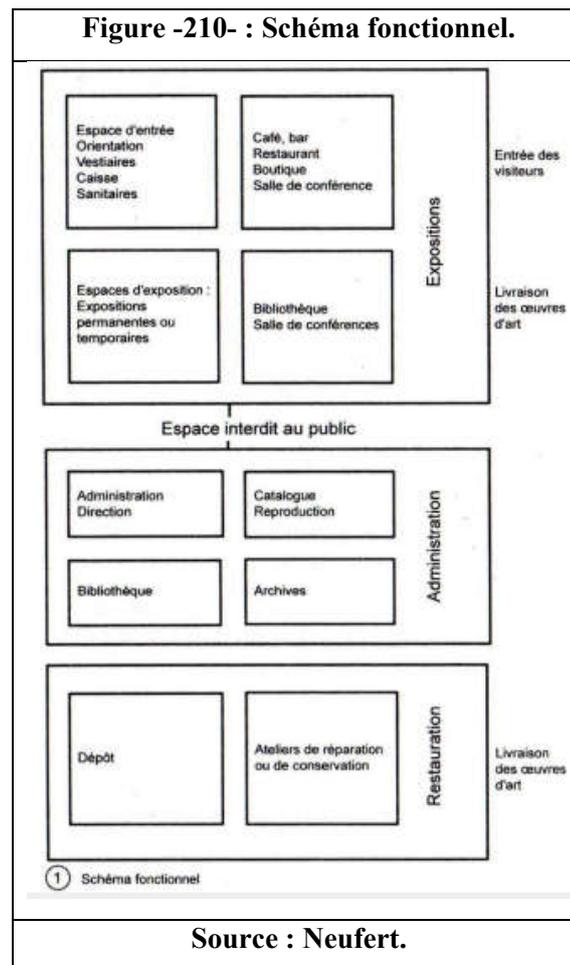


Les espaces :



Les exigences d'un musée :

Schéma fonctionnel d'un musée :



Eclairage :

La lumière du jour directe ne doit jamais frapper les pièces de musée, qui pourraient ainsi être endommagées. C'est pourquoi les salles d'exposition doivent être équipées de systèmes d'éclairage flexibles : absence de luminaires encastrés, de luminaires fixes muraux ou en plafond.

Directives pour les puissances d'éclairage :

- Pièces d'exposition très sensibles → 50-80 lux.
- Pièces d'exposition sensibles → 100-150 lux.
- Pièces d'exposition peu sensibles → 150-300 lux.

Il convient de ne pas émettre un rayonnement ultraviolet de plus de 25W/m².

Chaque salle d'exposition doit pouvoir être mise totalement dans l'obscurité. Dans les pièces recevant du public mais non prévues pour des expositions, comme les espaces d'accueil, les cafétérias, la bibliothèque, une forte proportion de lumière du jour est vivement souhaitée.

Les calculs d'éclairage des musées sont très théoriques, la qualité de la lumière est déterminante. Dans ce sens, les essais américains se révèlent les plus instructifs.

Climat intérieur dans les locaux de stockage et les salles d'exposition :

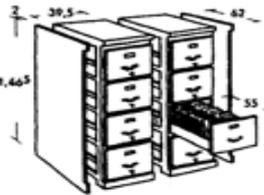
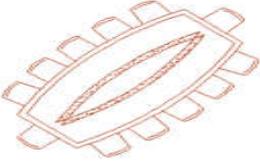
Il est recommandé d'atteindre dans les locaux de stockage et les salles d'exposition une température comprise entre 15 et 18 °C en hiver et entre 20 et 22 °C en été. Il convient en outre de ne pas dépasser des pointes de température de 26 °C en été et de 13 °C en hiver. Les locaux destinés au stockage ne doivent donc pas être par exemple prévus dans des combles non isolés.

Étant donné que la reproduction d'insectes destructeurs est fortement limitée en dessous de 15 °C, une température comprise entre 12 et 13 °C est considérée comme optimale, surtout pour les collections d'histoire naturelle et d'ethnographie.

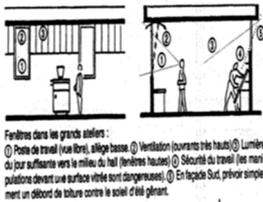
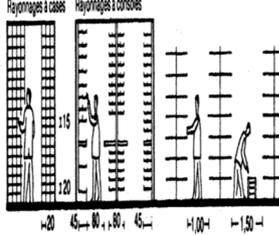
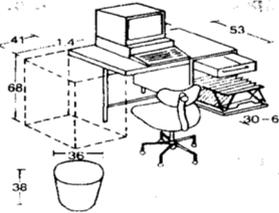
Chimiquement plutôt instables, les films et le matériel photographique doivent de préférence être entreposés au frais et au sec à une température inférieure à 16 °C (optimum autour de 5 °C).

L'humidité relative des espaces de stockage et d'exposition est liée aux matériaux exposés ou entreposés : un taux compris entre 55 et 60 % est idéal pour le bois, entre 50 et 55 % pour la toile et entre 45 et 50 % pour le papier. Une humidité de l'air maximale de 40 % doit être respectée pour les métaux. Il est particulièrement important d'éviter les variations rapides de températures : l'écart d'humidité relative ne doit pas dépasser 2,5 % en une heure et 5 % en une journée. Les variations saisonnières ne doivent pas être supérieures à 5 % en été et inférieures à 5 % en hiver. La fluctuation de la fréquentation des musées entraîne une modification permanente des conditions climatiques intérieures.

	Sous espace	Définition	Côté architectural	Côté technique
Accueil	/	C'est le premier contact avec le visiteur où se manifeste le temps d'introduction à la visite.	Forme : Il peut avoir n'importe quelle forme. Aménagement : Un comptoir, des chaises, des fauteuils avec table basses, des panneaux d'affichage.	Nécessite la présence de bon éclairage et de bonne aération.
Objectif : C'est l'espace de transition entre l'intérieur et l'extérieur qui nous met dans l'ambiance du pôle.				
Intention : L'entrée du pôle doit être bien éclairé, d'une forme ouverte, hospitalier et agréable avec un revêtement du sol confortable acoustiquement, résistant au feu et esthétiquement beau.				
Administration	Bureau directeur	- Espace de direction et gestion des affaires de la Musée.	La circulation : La circulation préférable : Circulation labyrinthe. Architecture :	-Eclairage naturel + artificiel jusqu'à 500 lux. -Plafonds acoustiques.

<p>Secrétariat</p>	<p>-Espace de gestion et de réception et de recevoir et envoyer des courriers et Préparation des réunions</p>	<p>-Entrée spécifique séparée des espaces publics. -Bonne organisation interne. -Hauteur libre $\geq 2.80\text{cm}$ Aménagement :</p>	<p>-Protection solaire indispensable. -Eclairage latéral au plan de travail. -La température idéale est de 19°-25°.</p>
<p>Bureau du Gestion et comptabilité</p>	<p>-Service chargé à faire les comptabilités et les gestions du tous les affaires financières de musée.</p>		
<p>Salle de réunion</p>	<p>- Une grande salle ou l'administration peut rassembler les personnels, afin d'étudier une affaire précise, ou pour donner de nouvelle recommandation concernant l'organisation du travail.</p>	 	
<p>Archive</p>	<p>-Service chargé de la documentation des dossiers administratifs</p>		
<p>Bureau du personnel</p>	<p>-Ensemble de service et d'information personnalisée accessible 24/24.</p>		
<p>Service de sécurité</p>	<p>Bureau qui garantit la sécurité des visiteurs, clients et commerçants.</p>		
<p>Service des relations extérieures</p>	<p>-Il sera chargé d'établir des relations et des contacts avec des partenaires diversifiés.</p>		
<p>Bureau du conseiller culturel</p>	<p>-C'est un bureau qui a à sa tête un diplômé en cultures et arts. Ce conseiller culturel est chargé de mettre en application les mesures arrêtées par l'administration de ce centre en matière de culture.</p>		

<p>Objectif : L'administration consiste à organiser les tâches des administrateurs, pour gérer le pôle.</p> <p>Intention : L'administration doit occuper un espace isolé des sections d'exposition Les bureaux d'administration peuvent être :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cloisonnée (bureau du directeur). - Semi cloisonnées Et même ouverts l'un sur l'autre. 				
Section exposition	Exposition permanente	C'est une exposition contemporaine des œuvres dans tous les domaines de l'art de façon permettre la lecture de l'évolution des tendances dans ce domaine	<p>Structure : -Porte à faux. -Importé des filaments d'acier dans la coquille en béton.</p> <p>Hauteur Double hauteur.</p> <p>La forme : Une forme symbolique comme elle peut porte n'importe quelle forme géométrique.</p> <p>Lien : -Proximité de stockage. -Position sécurisée. -Relié directement à l'accueil.</p>	<p>Les revêtements : (Murs et sol) acceptent une projection d'images directe (revêtement clair, permettant un rendu d'images homogènes.</p> <p>Equipements : -Doivent être modulables et mobiles, avec possibilité de cloisonnements mobiles -Mure comme arrière-plan d'affichage</p> <p>Eclairage : -Minimiser l'éclairage naturelle pour la protection des œuvres contre les rayons solaires, et favorisé l'éclairage artificiel spots pour mettre en valeur les tableaux.</p>
	Exposition temporaire	-Caractérisé par son évolution et se consacrera à des thèmes spécifiques dans le domaine artistique dans le but d'informer le public des activités culturelles.		
<p>Objectif : Expliquer, Circuler et Organiser. La section d'exposition présente le cœur du musée, elle vise à bien présenter l'objet exposé au visiteur.</p> <p>Intention : Les salles d'exposition auront des grandes surfaces flexibles mais pas lassantes, neutres et bien éclairés, isolés thermiquement et phobiquement.</p>				
Section de restauration	Stockage	Lieu spacieux et accessible d'accumulation et de conservation des œuvres réalisés et préparés à l'exposition en bonne état.	/	Une bonne isolation thermique Peu éclairage.
	Salle de mise en Catalogage	La salle de classement hâtif et souvent peu favorable dans une catégorie avant l'exposition.	/	

<p>Laboratoire et atelier de restauration</p>	<p>C'est le lieu qui obtient les tests scientifiques et les analyse du produit chimique et les opérations de restauration</p>	<p>Circulation : Linière ou labyrinthe. Aménagement :</p>  <p>Liant : Réserve et bureau de responsable.</p> <p>Lieu: RDC ou sous-sol.</p>	
<p>Réserve</p>	<p>C'est une zone fonctionnelle de traitement des collections, qui sert à :</p> <ul style="list-style-type: none"> - CONSERVER - ÉTUDIER - GÉRER pour permettre toutes les formes de diffusion. 	<p>Circulation : Linière ou labyrinthe. Aménagement :</p>  <p>Liant : Laboratoire et atelier</p> <p>Lieu : RDC ou sous-sol Orientation : au nord, peu de lumière naturelle et éclairage artificiel, peu d'ouvertures et des ports de fer pour la sécurité.</p>	
<p>Bureau de responsable</p>	<p>Espace de direction et gestion les affaire de la restauration.</p>	<p>Circulation : Linière. Aménagement :</p>  <p>Liant : Directeur, laboratoire et atelier, réserve.</p>	

	Dépôt de restauration	La restauration en art englobe toutes les interventions et tous les traitements servant à rétablir un état historique donné et, par-là, à améliorer la lisibilité et l'intégrité esthétique d'un objet.	/	
<p>Objectif : Les espaces de restauration doivent être équipés de matériels nécessaires pour la restauration des œuvres à exposer. Les surfaces de stockages doivent être suffisantes pour les œuvres stockés.</p> <p>Intention : Les locaux de restauration et de stockage doivent être isolés de publics Un traitement climatique spécifique ou la stabilité de l'humidité relative, une isolation thermique et acoustique sont importantes.</p>				
Section d' information	Salle de conférence	Le rayonnement culturel d'un musée doit aller au-delà de l'exposition et proposer une information scientifique sur l'art et initier un débat, et pour ce faire une salle de conférence.	<p>Circulation : La circulation est de type labyrinthe.</p> <p>Aménagement : Salle de lecture qui contient des tables et des chaises. Fichier central. Un bureau pour le conservateur. Vestiaire, dépôt des sacs. Photocopieuse. Rayonnage pour ranger des livres. Un espace périodique.</p> <p>Architecture : Comme la bibliothèque est un espace public donc il doit avoir une grande surface avec des murs double hauteur contient des vitrages pour mieux d'éclairage et d'aération.</p>	<p>Elle nécessite la présence de la lumière naturelle. Nécessite la présence de bonne aération. Elle nécessite la présence du calme Elle doit être isolées ; on utilise des matériaux d'isolation, Facilité d'accès aux documents : On peut mettre des rayonnages entre les tables</p>
	Salle virtuelle	La salle virtuelle est un environnement d'affichage, c'est un lieu unique pour la visualisation des idées scientifiques et historiques, et des objets associés		
	Bibliothèque	<p>Salle de lecture : Établissement de la documentation à la disposition du public.</p> <p>Reserve : Un espace pour ranger et organiser les livres qui sont utilisés par les visiteurs du musée.</p> <p>Conservateur : Personnes chargées de garder.</p>		
<p>Objectif : Cette partie diffère d'un espace à l'autre, elle complète les tâches présentatifs du musée pour aller vers l'éducatif et l'explicatif.</p> <p>Intention : Cette partie du musée doit avoir une relation forte avec la partie d'exposition, soit apparente et accessible pour tous. Adéquate pour les différentes tâches d'information.</p>				

Cafétéria	/	C'est lieu public ou l'on se sert des cafés, des boissons, et des plats.	<p>Circulation : Parcours labyrinthe Dans ce parcours, une série d'espaces différents, bien qu'enchaînés entre eux, n'impose aucune contrainte de circulation (le musée Getty Center de Los Angeles).</p> <p>Aménagement : Tables. Chaises. Muni d'un comptoir bien éclairé et visible de partout. Fauteuils.</p> <p>Lien : Relié directement à l'accueil. Lien possible en été avec l'extension extérieure cafétéria par une ouverture qui retient le visiteur dans un espace jardin, (non relié au parking).</p> <p>La forme : La plus adaptée c'est la forme carré ou rectangulaire.</p>	<p>Eclairage : Eclairage naturel.</p>
Locaux techniques	Chaufferie	Local pour la production d'énergie destinée au chauffage centrale.	Espace séparé totalement de public. Proximité de sortie secours.	Construire avec des matériaux résistant aux chocs (froid et chaleurs) et non combustible. Assuré une bonne isolation acoustique à cause de la vibration de la machine. Assuré une bonne Aération.
	Climatisation	Local pour le changement d'air en chaleur en hiver et en froid en été.		
	Factotum	Espace dans laquelle on trouve un employé subalterne, sans fonction précise, qui fait des charges multiples et variées. Et un dépôt pour le matériel.	Isolé du public et en relation avec extérieur. À proximité d'espace de déchet et le dépôt du ménage.	Assuré une bonne isolation acoustique. Éclairage naturel ou artificiel. Assuré une bonne aération à cause de la poussière.
Les sanitaires	Les salles de toilette communes	Comportant plusieurs cabines ; les lavabos doivent offrir un dégagement horizontal et vertical permettant d'approcher un fauteuil roulant et être installés à au plus 865 mm au-dessus du plancher.	/	/

	Les salles de toilette privées	Espaces fermés destinés à une seule personne. Elles ne doivent avoir aucune dimension inférieure à 1 700 mm		
--	---------------------------------------	---	--	--

Tableau -10 - : Etude des sections d'un musée.

Source : Auteur.

On considère l'exposition comme la fonction principale du pole, l'exposition est une vision des choses dans le but d'informer le visiteur.

La qualité de la présentation et la mise en valeur des collections dépendront de la bonne conception des salles d'exposition. Il est donc primordial pour le concepteur de posséder une compréhension globale des enjeux liés à la salle d'exposition.

Dépôt :

Un dépôt est un stockage centralisé et organisé des données.

Ce peut être une ou plusieurs bases des données ou les fichiers sont localisés en vue de leurs distributions sur le réseau ou bien un endroit directement accessible aux utilisateurs.

Choix des supports qui contribuent à l'exposition.

✓ **Les cloisons légères :**

Permettent d'avoir différents types d'organisation variant selon le thème et dynamisant l'espace.

✓ **Les murs comme arrière-plan :**

Un revêtement neutre aura lieu pour éviter la réflexion de la lumière et faciliter la lecture.

✓ **Les cloisons amovibles :**

Pour la mise en forme des espaces et pour l'accrochage des travaux et pour protéger en même temps l'objet de la lumière.

✓ **Suspension au plafond :**

Les objets suspendus par des câbles spéciaux au plafond

✓ **Les vitrines d'exposition :**

La vitrine est un élément principal pour la bonne présentation des objets exposé, à leur conservation et à leur sécurité

✓ **Les vitrines table d'exposition :**

Exposition de petits objets, Documents, pièces de monnaies.

✓ **Les vitrines du milieu :**

Solution classique et idéale pour les expositions (lumière vient de tous les côtés).

✓ **Les vitrines murales :**

Ce sont des vitrines d'exposition fixé tout longue mur.

Le programme retenu :

Programmes des exemples :

Musée Cirta Constantine		Musée Guggenheim Bilbao		Musée Denver USA	
Espace	Surface (m ²)	Espace	Surface (m ²)	Espace	Surface (m ²)
Patio	/	Atrium	300	Salles d'exposition (11)	Exposition spéciale : 1132 588 331 Exposition permanente : 957 690 617 243 194 134 120 80
Administration	/	Auditorium	605	Stockage (5)	Stockage d'art : 728 194 49 Stockage de commerce : 108 31
La grande salle	117.3	Cafétéria	150	Atrium	733 400 276
La salle des bronzes	40.04	Restauration	460	Hall	263
Salle de Kallaa de béni Hamed	40.04	Salle d'exposition de poisons	2500	Auditorium	367
Salle de la préhistoire	/	Bureaux	1200	Quai de chargement	457 194

Chapitre -IV- : Etude de projet : Analyse, Programmation et Intervention.

Salle de la protohistoire	/	Bibliothèque	200	Commerce	Caf : 560 Bout : 300
La salle du panthéon	/	Boutique librairie	675	WC	70
Salle des beaux-arts	119.34	Salles d'exposition "19 galeries"	10560	Terrasse	145
La salle numido-punique	66,30	/	/	Mécanique	365 176 162 120
Salle de poterie de Teddys	46.92	/	/	/	/
Couloire de céramique	71.145	/	/	/	/
Salle des cultes à Tiddis	71.145	/	/	/	/
Salle de la chrétienne numide	46,92	/	/	/	/
L'aile ethnique	/	/	/	/	/
La bibliothèque	180	/	/	/	/
Les réserves	/	/	/	/	/
Les laboratoires	/	/	/	/	/
Les ateliers	/	/	/	/	/
Les services techniques	/	/	/	/	/
Le jardin	900	/	/	/	/
2100 m²		16400 m²		9400 m²	

Programme officiel :

Programme officiel			
Activité	Espace	Nombre	Surface d'unité (m²)
Activité mère	Salle pour la période préhistorique.	02	50
	Salle pour période romaine.	02	145
	Salle pour la période byzantine.	01	100
	Salle pour l'exposition temporaire.	01	200

	Salle de conférence.	01	150
Totale			840
Activité de gestion	Bureau de directeur.	01	25
	Bureau de secrétaire.	01	25
	Bureau de recherche.	03	20
	Salle de travail commune.	01	30
	Sanitaires.	01	10
Totale			150
Activité d' accueil	Réception.	01	15
	Bibliothèque.	01	100
	Salle d'information et orientation.	01	15
	Hall d'accueil.	01	100
	Vente de livres et cartes postales.	01	18
	Vente d'objets de souvenirs.	01	15
	Atelier pour enfants.	01	60
	Sanitaires.	01	15
Totale			340
Activité de service	Réserve et aire de stockage	02	100
	Atelier de restauration et de moulage	01	100
	Laboratoire photo	01	20
	Loge de gardien	01	12
Totale			335
Animation	Cafétéria	01	200
	Restaurant	01	150
	Sanitaires	01	30
Totale			380
Totale : 2100 m²			
Circulation : 30% = 630m²			
Surface totale : 2730 m²			

Tableau -11- : Programme officiel.

Source : Ministère d'urbanisme.

Programme retenu :

Programme retenu			
Fonction	Espace	Nombre	Surface d'unité (m²)
Fonction d'accueil	Hall d'accueil	01	200
	Réception	01	20
	Information et orientation	01	30
	Vente de livres et cartes postales.	01	20
	Vente d'objets de souvenir.	01	20

Chapitre -IV- : Etude de projet : Analyse, Programmation et Intervention.

	Association	01	40
	Hall d'exposition	01	200
	Sanitaires	01	20
Totale :			550
Fonction d'animation	Cafétéria	02	300
	Restaurant	01	120
	Sanitaires	01	30
Totale :			450
Fonction de coordination	Bureau du Directeur.	01	30
	Secrétariat.	01	20
	Salon d'honneur.	01	60
	Bureau de recherche.	01	30
	Bureau de gestion.	01	30
	Salle de réunion.	01	50
	Salle d'archive.	01	20
	Sanitaires.	01	20
Totale :			260
Fonction d'information	Bibliothèque.	01	400
	Salle de conférence : - Hall. - Salle de spectacle. - Scène. - Arrière scène. - Salle de repos des artistes. - Dépôt. - Vestiaires - Sanitaires.	01	300
	Sanitaires	01	20
	Totale :		
Fonction de recherche	Atelier de conservation et de restauration : - Atelier centrale. - Espace lavage. - Labo des applications chimiques.	01	100
	Locaux techniques : - Labo photo. - Dépôt générale. - Loge de femmes de ménage.	01	360

	<ul style="list-style-type: none"> - Chaufferie. - Poste de transformateur. - Climatisation. - Réserve d'énergie. 		
	Sanitaires.	01	20
Totale :			480
Fonction de communication	Exposition permanente :		
	- Salle d'objet d'archéologie.	01	120
	- Salle de préhistoire.	02	100
	- Salle de la période romaine.	02	200
	- Salle du période grec.	02	200
	- Salle de la période Byzantine.	01	100
	- Salle de la période arabo-musulmane.	02	100
	- Salle de la période coloniale.	02	100
	- Salle de la période d'indépendance.	02	120
	Exposition temporaire :		
- Pour les festivals et l'animation culturelle de la ville.	01	300	
	Exposition en plain aire	01	400
	Espace dépôt	02	40
	Sanitaires	01	30
Totale :			2630
<p>Totale : 4170 m²</p> <p>Circulation : 30% = 1251 m²</p> <p>Surface totale : 5421 m²</p>			

IV.7 Genèse et démarche de projet :

Le projet proposé est un musée d'histoire et d'archéologie situé au nord de la commune de Guelma.

Principe à suivre :

- Concevoir un musée avec ces ambiances lumineuses spécifiques.
- Concevoir un musée qui répond au critère de l'architecture écologique.
- Utilisation des matériaux sains et durables.
- Une démarche Eco responsable avec la bonne gestion des déchets et traitement des eaux.

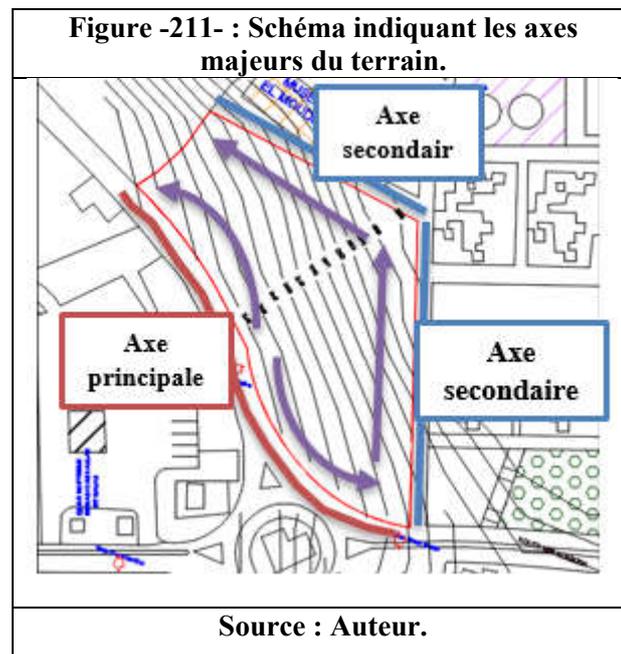
IV.8 Schéma de principe :

Présentation de la méthode de conception :

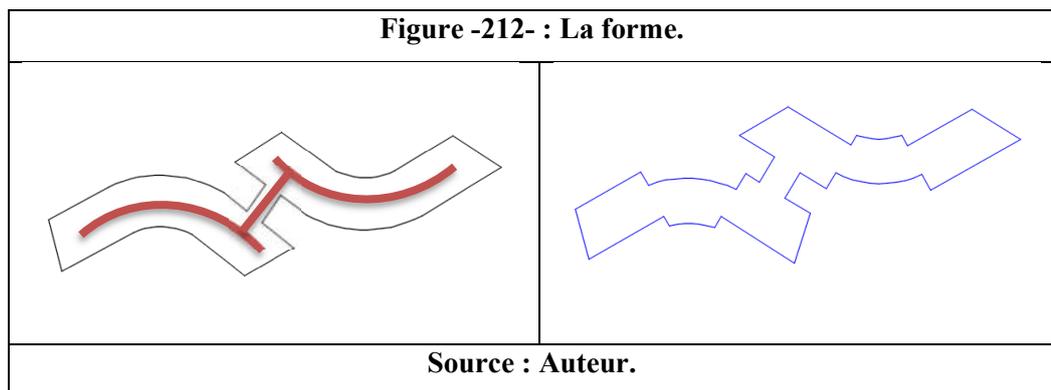
La méthode utilisée pour la conception de l'idée de base du projet s'intitule « la Composition géométrique ».

✓ Les axes principaux :

Le premier axe majeur : le boulevard de 20 m de largeur, sur lequel le projet est orienté. L'exploitation de cet axe majeur par la construction d'une façade principale qui donne sur ce boulevard à travers sa j'ai choisis un axe de projet à travers laquelle j'ai relié les deux carrefours comme est présenté dans les figures suivantes :



Esquisse :



On a commencé par deux arcs en premier lieu articuler par un élément structurant en suite on a décalé l'élément centrale des arcs pour avoir un jeu de volume et une richesse au niveau de la façade.



Conclusion Générale



Conclusion générale :

La lumière a occupé au cours de l'histoire de l'architecture une place importante et était une source d'inspiration pour les différentes civilisations et tendances architecturales. Grace à cet aspect physique, nous sommes capables de percevoir le monde qui nous entoure et particulièrement l'objet architectural.

Du point de vue de la durabilité, la lumière du jour constituée une ressource naturelle, propre et inépuisable. Pour cela, elle est devenue un élément principal dans la conception architecturale surtout dans la phase d'esquisse que l'architecte doit utiliser de manière intelligente et appropriée afin d'assurer le confort visuel, d'accroître le facteur de productivité d'un espace, d'améliorer considérablement son esthétisme et réduire la consommation d'énergie, alors qu'une mauvaise utilisation de cette lumière va conduire à l'inconfort, ce qui annule les bienfaits qu'elle peut offrir. L'architecture moderne cherche à éclairer et réchauffer les bâtiments construits par le soleil, le captage et la distribution de lumière naturelle dans les bâtiments baser sur des techniques et conceptions particulière et respectons les principes de confort visuel et intégrant la lumière naturelle dans tous les phases de conception architecturale et prendre en compte la différence en disponibilité du flux de lumière naturel dans tout l'année.

Le musée est un édifice tellement riche de sens et de significations qu'il permet plus que tout autre, une liberté d'expression architecturale. Il doit être l'occasion d'une recherche particulière du rapport entre l'espace et la lumière. La première fonction de l'architecture muséale est d'offrir des espaces de présentation pour le déploiement d'une collection d'œuvres d'art, pour sa mise en valeur. Il devient le cadre de la scène et la scène ou paraissent les œuvres d'art.

L'éclairage muséographique, qui implique une maîtrise de la lumière, fait découvrir les caractéristiques d'un objet par le choix de sa direction, de son intensité et de sa composition spectrale des ultraviolets ou infrarouges. Un éclairage équilibré permet d'observer, voire et de restaurer l'œuvre si besoin. Enfin, l'éclairage complète sa mise en exposition.

Les outils de prédétermination de la lumière naturelle jouent un rôle majeur dans le processus de la conception de l'éclairage naturel en tant que moyens de vérification et d'aide à la prise de décision.

Les recommandations :

- Dans les espaces d'exposition les collections sont menacées par des dangers qui leur font courir des agents physiques, chimiques ou organiques de dégradation tels

que les impuretés atmosphériques, la lumière, l'humidité et la température. Pour les prévenir, des dispositions sont à prendre dès la conception du projet architectural.

- Lors de la conception d'un musée quelconque, dont le but est d'assurer la protection des œuvres d'art, il est important de prendre en considération les effets du rayonnement ultraviolet, et infrarouge sur les œuvres.
- Des normes pour l'éclairage des différents types d'objets :
 - ✓ 50 lux pour les objets sensibles à la lumière, tels les œuvres graphiques et photographiques, les textiles, les plumes et les spécimens d'histoire naturelle.
 - ✓ 150-200 lux pour les peintures, les bois polychromes et autres objets peints.
 - ✓ Environ 300 lux pour les matériaux non sensibles à la lumière et aux ultraviolets comme la pierre, la céramique, le verre et le métal.
- La conception d'un dispositif de l'éclairage naturel, doit respecter l'orientation du bâtiment et la position du soleil.
- Associer un éclairage électrique conforme aux normes qui soit bien repartitionné de manière à rétablir l'équilibre entre les endroits les plus éclairés et ceux qui le sont le moins, notamment les coins de la salle.
- L'installation de réflecteurs en dessous de la verrière de manière à réfléchir plus de lumière vers l'extérieur.
- Le choix des luminaires utilisés doit se faire en fonction de leurs températures de couleurs ainsi que leurs indices de rendu des couleurs.
- Tous les luminaires utilisés doivent être dotés de filtres en fonction des objets qu'ils éclairent.
- Les sources de lumière (tubes fluorescents, lampes à incandescence, lampes à cycle d'iode, spots, lumière du jour contrôlée) et les éclairages, calculés en lux, donnent ainsi lieu aujourd'hui à des recommandations précises : 150 à 200 lx pour les objets sensibles, peintures notamment ; 50 à 80 lx pour les très sensibles, tapisseries, dessins, spécimens d'histoire naturelle, etc. (Il s'agit, remarquons-le, de seuils peu élevés, la lumière du jour normale pouvant dépasser 10 000 lx).



Bibliographies



Bibliographies.

Les livres :

1. André DE HERDE, S. R. (2004). *L'éclairage naturel des batiments*. Louvain, Belgique: Presses universitaires de Louvain.
2. DUTREIX, A. (mars 2010). *bioclimatisme et performance énérgitique des batiments* . Paris: EYROLLES.
3. Environnement, B. (2010). *Optimiser l'éclairage naturel, Guide pratique pour la construction et la rénovation durables de petits bâtiments*. Bruxel: Institut bruxellois pour la gestion de l'environnement.
4. ERCO. (2012). *L'éclairage des musées (Concepts, Applications, Technique)*.
5. GONZALO, R., & HABERMANN, K. J. (2005). *Architecture et efficacité énérgétique ; principes de conception et de construction*. Bale: Barkhausie verlag AG.
6. HERDE, L. (2005). *Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique*. Paris: Observ'ER.
7. ICEB, A. e. (2014). *Guide Bio-tech : l'éclairage naturel*. CSTB Editions.
8. J., H. (2003). *Haute qualité environnementale du cadre bâti : enjeux et pratiques*. Paris: AFNOR.
9. Jean-Jacque, E. (1999). *Manuel d'éclairage muséographique* . Dijon: OCIM.
10. Jean-Jacque, E. (2002). *Théorie, technique et technologie de l'éclairage muséographique*. Le Harmattan.
11. Jones.J. (1970). *Design methods : seeds of human futures*. London, UK: Wiley-Interscience.
12. Khan, L. (1996). *Silence et Lumière*. Editions du Linteau.
13. Martinique, C. (1982). *Construire à la Martinique avec le climat. élément de conception pour tous*.
14. MERLEAU-PONTY Claire, E. J.-J. (2005). *L'exposition, théorie et pratique*. Dijon: Le Harmattan.
15. Narboni, R. (2007.). *lumière et ambiances*. France : Le Moniteur .
16. PASINI, J. e. (1994). *Daylighting development* .
17. PAULE, B. (2003). *Espace et lumière, le projet d'éclairage*. Lausanne: Ecole polytechnique fédérale de Lausanne.
18. Poulot, D. (2014). *Musée et muséologie*. Paris: Clamecy (Nièvre).

-
19. REITER, A. D. (2004). *L'éclairage naturel des bâtiments* . Louvain, Belgique: Presses universitaires de Louvain.
 20. RODITI, D. (juin 2011). *ventilation et lumière naturel*. Paris : EYROLLES.
 21. Roulet, C. (2012). *Eco-confort -Pour une maison saine et à basse consommation d'énergie*. Lausanne: PPUR.
 22. Said, M. (2004). *Eléments de conception architecturale*. Alger: Edition O.P.U.
 23. SCARTEZZINI, J. (1991). *L'éclairage naturel dans le bâtiment* . Lausanne: Proceedings CISBAT .
 24. Schaer, R. (1993). *L'invention des musées*. Paris: Gallimard.
 25. Steemers, B. e. (2002). *Energy and Environment in Architecture, A Technical Design Guide*.
 26. Stierlin, H. (1984). *Hadrien et l'architecture romaine*. Payot: Office du livre.
 27. VANDEVYVER, T. e. (1999). *SANTE ET QUALITE DE L'ENVIRONNEMENT INTERIEUR DANS LE BATIMENT*. PRESSES POLYTECHNIQUES ET UNIVERSITAIRES ROMANDES.

Les sites Web :

1. <https://www.algerie360.com/guelma-un-precieux-patrimoine-en-friche/> (Guelma). Consultation 31-10-2019.
2. <http://journals.openedition.org/ceroart/4572>. Consulté le 07 Octobre 2019.
3. https://www.academia.edu/14733591/Onsite_performance_of_electrochromic_glazings_coupled_to_an_aniolic_daylighting_system/ (Guelma) / consultation 11-01-2020 [Scartezzini et al, 1993, 1994.].
4. <http://www.fiabitat.com/la-construction-bioclimatique-et-le-bioclimatisme-1/> (Guelma) / consultation 11-01-2020.
5. URCAUE, Guide-conseil I' Union Régionale, des Pays-de-la-Loire 312, avenue René Gasnier 49100Angers. [www.urcaue-paysdelaloire.com] / (Guelma) / consultation 11-01-2020.
6. <http://www.assistancescolaire.com/> (Guelma) / consultation 12-01-2020.
7. <http://sirius.astroclub.free.fr/>(Guelma) / consultation 12-01-2020.
8. <http://www.alertes-meteo.com>(Guelma) / consultation 12-01-2020.
9. <http://sirius.astroclub.free.fr/>(Guelma) / consultation 16-01-2020.

-
10. [https://www.superprof.fr/ressources/scolaire/physique-chimie/terminale-/\(Guelma\)](https://www.superprof.fr/ressources/scolaire/physique-chimie/terminale-/(Guelma)) / consultation 16-01-2020.
 11. <s/optique/diffraction.html> /(Guelma) / consultation 05-02-2020.
 12. <https://slideplayer.fr/slide/3695276/>(Guelma) / consultation 05-02-2020.
 13. <www.energieplus/>(Guelma) / consultation 08-02-2020.
 14. <http://art-tech.over-blog.com/>(Guelma) / consultation 10-02-2020.
 15. <http://www.logismarket.fr> /(Guelma) / consultation 10-02-2020.
 16. <www.lebloglaurielumiere.com> /(Guelma) / consultation 12-02-2020.
 17. <http://guidebatimentdurable.bruxellesenvironnement.be> /(Guelma) / consultation 12-02-2020.
 18. <http://www.leparisien.fr/> /(Guelma) / consultation 12-02-2020.
 19. Microsoft Encarta 2007. © 1993-2006 Microsoft Corporation. Tous droits réservés.
 20. https://sites.uclouvain.be/eclairage_naturel/guide_confort.htm#ancre07
 21. <http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/optimalisation/56253>
 22. <www.inrs.fr>
 23. <http://www.farnacophonie.hachett-livre.fr>
 24. <https://www.visiativ-solutions.fr/simulation-numerique-definition-enjeux/>
 25. <http://fr.wikipedia.org/wiki/Guelma>
 26. <http://samcom.services-soft.com>
 27. <https://www.sunearthtools.com/>
 28. <https://www.artefakto.fr/l/franck-gerhy/>
 29. www.cirtamuseum.org.dz
 30. <http://museoak.bizkaia.eus/detalleContenido.asp?idioma=FR&t=1&ID=50>
 31. <http://technostemarieb6.eklablog.com/histoire-des-arts-c20085619>
 32. [https://fr.slideshare.net/kherroubisofiane/projet-urbain-de Bilbao](https://fr.slideshare.net/kherroubisofiane/projet-urbain-de-Bilbao)

Les revues:

1. **Bonnardel, N**, « Activités de conception et créativité : de l'analyse des facteurs cognitifs à l'assistance aux activités de conception créatives », Presses Universitaires de France, Volume 72, 2009.
2. **Jean-Jacques Ezrati**, support tracé ; revue de l'association pour la recherche scientifique sur les arts graphiques, département de la conservation préventive, centre de recherche et de restauration des musées de France, support tracé n°7, 2007.

-
3. **Noémie Drouguet « Jean-Jacque Ezarti, éclairage d'exposition musées et autres espaces »**, CeROArt [En ligne], 10/2015, mis en ligne le 05 Mars 2015, consulté Le 07 Octobre 2019.

Les thèses :

1. **A. BELAKEHAL, k. TABET AOUL**, L'éclairage naturel dans le bâtiment. Référence aux milieux arides à climat chaud et sec. Université Mohamed Khider, Biskra, N°04, Juin 2003, page 10
2. **Ahmed Ali Ep et Ait Kadi Salima**, Performances thermiques du matériau terre pour un habitat durable des régions arides et semi-arides ; Cas de Timimoune, Mémoire magistère, Université Mouloud Mammeri – Tizi Ouzou, pages : 40, 41.
3. **BELAKEHAL Azeddine, BENSALÉM Farid et TABET AOUL Kheira** , L'ECLAIRAGE NATUREL DANS L'ARCHITECTURE DE LA PERIODE OTTOMANE EN ALGERIE, Laboratoire de Conception et de Modélisation des Formes et des Ambiances Urbaines et Architecturales (LACOMOFA), Département d'architecture, Université KHIDER Mohamed Biskra, BP 145 RP, 07000 Biskra, Algérie.
4. **Catherine Perret ; Ghislaine Azemard; Myriam Prot-Poilvet**, Les utopies scénographiques : représentation, Reproduction, visualisation et rendus, Ministère de la Culture et de la Communication Délégation au développement et aux affaires internationales Mission e la recherche et de la technologie. Mai 2007.
5. **DAICH Safaa**, Simulation et optimisation du système light shelf sous des conditions climatiques spécifiques, Cas de la ville de Biskra, thèse Magistère, Université Mohamed Khider – Biskra, 2012. (André DE HERDE, 2004; REITER, 2004).
6. **J. BELL & W. BURT in ROUAG Djamilia**. Sunlight problems within new primary school classrooms in Constantine. Thèse de Doctorat. Université de Constantine, 2001.
7. **M ATHUYT**. « AMBIANCE THERMIQUE –UNITE : 5 facteurs d'ambiance - Promotion 2003/2004 ».
8. **MAHAYA Chafik**, Optimisation de la forme urbaine par l'évaluation du potentiel solaire, thèse magister, Université Mohamed Khi der, Biskra, avril 2014.
9. **Mc. Nichol, A. and Owen L. J.** (Eds), (1994). Day lighting in Buildings. Maxi-Brochure prepare par Energy Research Group University College Dublin pour European Commission DG XVII for Energy, 7

-
10. **MEDDOUR Samir**, impact de l'éclairage zénithal sur la présentation et la préservation des œuvres d'art dans les musées, thèse magistère, Université Mentouri Constantine, 2008.
 11. **Miguet F. (2000)**. Paramètres physiques des ambiances architecturales : Un modèle Numérique pour la simulation de la lumière naturelle dans le projet urbain. Thèse Doctorat : Ecole d'architecture de Nantes.
 12. **MUDRI, Ljubica**. De l'hygiène au bien-être, du développement sans frein au développement durable : ambiances lumineuses. Paris : Ecole d'architecture de Paris- Belleville. Novembre 2002.
 13. **PENICAUD, 1978 In LEHTIHET MOHAMED CHERIF** : « Modification des microclimats urbains par la couverture végétale avec référence à la ville de Jijel » Mémoire de Magister, université de Jijel, 2007.
 14. **SARAOUI Selma**, A la recherche d'une topologie lumineuse de l'espace architectural. Cas des musées, thèse Magistère, Université Mohamed Khider – Biskra, 2012.

Les rapports :

1. **R. Floru**, Eclairage et vision. [Rapport de recherche] Notes scientifiques et techniques de l'INRS NS 149, Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS). 1996, 135 p., ill., bibliogr. ffhal-01420151f

Les cours :

1. **Bernard PAULE**, *dispositif de l'éclairage naturel*, cours (en ligne) http://moodle.epfl.ch/file.php/3371/DOCUMENTS/COURS_THEORIE/Dispositifs_Eclairage.pdf EPFL-ENAC 2007.



Liste des figures



La liste des figures :

Chapitre -I- :

Figure -1- : Les quatre éléments de l'architecture bioclimatique.....	10
Figure -2- : Schéma de bioclimatisme.	12
Figure -3- : Pénétration de la lumière naturelle à travers les fenêtres.	14
Figure -4- : La lumière naturelle et l'orientation.....	16
Figure -5- : Les position du soleil au cours de la journée.....	19
Figure -6- : Rotation de la terre autour de son axe.	20
Figure -7- : Rotation de la terre autour du soleil.....	20
Figure -8- : Cordonnée du soleil.	21
Figure -9- : Schéma du ciel uniforme.	21
Figure -10- : Schéma d'un ciel serein.....	22
Figure -11- : Le champ visuel.....	22
Figure -12-: La perception des couleurs par l'œil humain.	23
Figure -13- : Facteur de réflexion des couleurs.	24
Figure -14- : Domaines du spectre électromagnétique en fonction de la longueur d'onde et de la fréquence.	24
Figure -15- : La lumière visible par l'œil humain.	25
Figure -16- : Les types de réflexion.....	26
Figure -17- : La réfraction.	27
Figure -18- : La diffraction.	27
Figure -19- : La diffusion de la lumière par les particules diffusantes.	28
Figure -20- : La diffusion Compton.....	28
Figure -21-: La dispersion de la lumière blanche.	29
Figure -22- : La polarisation.	29
Figure -23- : Les types de polarisation.	30
Figure -24- : Les types de transmission.	31
Figure -25- : Les notions photométriques.....	32
Figure -26- : Le flux lumineux.	32
Figure -27- : Intensité lumineuse.	33
Figure -28- : Eclairement.....	33
Figure -29- : Luminance.	33
Figure -30- : Le facteur de lumière du jour (FLJ).....	34
Figure -31- : Le facteur de lumière du jour (FLJ).....	34
Figure -32- : Capturer la lumière naturelle.	36
Figure -33- : Eclairage unilatéral (vue en plan).	39
Figure -34- : Eclairage bilatéral (vue en plan).	39
Figure -35- : Exemple d'un éclairage d'une pièce par éclairage zénithal pour un ciel couvert.	40
Figure -36- : Principe du Shed.....	41
Figure -37- : Exemple d'éclairage zénithal de type tabatière.....	42
Figure -38- : Critère pour les tabatières.	42
Figure -39- : Les différents types de lanterneaux.	43
Figure -40- : Schéma représentant les valeurs du FLJ.....	43

Figure -41- : La verrière.....	43
Figure -42- : Absence et présence d'un masque.....	45
Figure -43- : Les variations saisonnières sur les différentes façades.....	45
Figure -44- : Indice d'ouverture pour l'éclairage naturel, augment de gauche à droite...	46
Figure -45- : Indices d'ouverture et de profondeur en fonction du type de local.....	47
Figure -46- : Influence des menuiseries sur la surface d'ouverture réelle.....	47
Figure -47- : Indice d'ouverture = 24.1%.....	47
Figure -48- : Indice d'ouverture = 16.5%.....	47
Figure -49- : Contact visuel avec l'extérieur.....	48
Figure -50- : Vitrage teinté.....	48
Figure -51- : Risque d'éblouissement.....	49
Figure -52- : Verrière horizontale.....	49
Figure -53- : Verrière inclinée.....	50
Figure -54- : Sheds verticaux.....	50
Figure -55- : Variation du pourcentage des personnes satisfaites en fonction de l'éclairage.....	52
Figure -56- : Les paramètres du confort visuel.....	54
Figure -57- : Indicateurs Typologiques d'Eclairage Naturel.....	59
Figure -58- : Indicateurs Topologiques d'Eclairage Naturel.....	60
Figure -59- : Indicateurs Morphologiques d'Eclairage Naturel.....	61
Figure -60- : Les fonctions du musée.....	71
Chapitre -II-	
Figure -61- : Le Musac « musée d'art contemporain » Espagne.....	72
Figure -62- : Musée de l'holocauste, Yad Vashem, 2005, Moche Safdie.....	73
Figure -63- : Musée des sciences naturelles, Japon, 2004.....	73
Figure -64- : Institut du monde arabe.....	74
Figure -65- : Le musée du Louvre, à Paris, 1793.....	74
Figure -66- : Musée des marionnettes, Suisse.....	74
Figure -67- : Musée d'Orsay.....	75
Figure -68- : Musée Guggenheim, New York.....	75
Figure -69- : Musée de la peinture française à Hiroshima.....	76
Figure -70- : Centre Pompidou.....	76
Figure -71- : Musée du Louvre.....	76
Figure -72- : Musée d'art contemporain aux USA.....	77
Figure -73- : Musée Guggenheim, Bilbao.....	77
Figure -74- : L'affichage sur le sol.....	79
Figure -75- : L'affichage sur des supports.....	79
Figure -76- : L'affichage sur tableau.....	79
Figure -77- : L'affichage sur coffre.....	79
Figure -78- : L'affichage sur socle.....	80
Figure -79- : Illustration schématique de rendu des couleurs obtenus avec respectivement une lumière de bonne qualité (à gauche), une lumière rouge (au centre) et une lumière bleue (à droite).....	84
Figure -80- : Le diagramme de Kruithof.....	85

Figure -81- : Représentation schématique de la température de couleur en fonction des sources lumineuses.	86
Figure -82- : Les reflets.	86
Figure -83- : Solution pour éviter le reflet.	87
Figure -84- : Lumière dirigée.	87
Figure -85- : Lumière focalisée.	88
Figure -86- : Lumière cadrée.	88
Figure -87- : Position des appareils d'éclairage à 30°.	90
Figure -88- : Réduire l'ombre portée du visiteur.	90
Figure -89- : Eclairer les vitrines sans éblouir.	91
Figure -90- : Le faisceau aux contours du tableau.	91
Figure -91- : Les appareils d'éclairage mural.	92
Figure -92- : Souligner les murs et les œuvres.	93
Figure -93- : Les appareils éclairant des objets imposants.	93
Figure -94- : Lumière diffuse.	93
Figure -95- : Lumière orientée.	94
Figure -96- : Lumière composée.	94
Chapitre -III-	
Figure -97- : Utilisation des volets intérieurs pour le captage et la protection solaire.	101
Figure -98- : Utilisation de l'effet de serre.	101
Figure -99- : Fonctionnement des stores à lamelles extérieurs et intérieurs au plan thermique.	101
Figure -100- : Les plafonds diffuseurs de la lumière du jour.	103
Figure -101- : Musée El Moudjahid.	109
Figure -102- : Les limites de musée.	109
Figure -103- : La situation du musée.	109
Figure -104- : L'intégration urbaine de musée.	109
Figure -105- : Plan de masse.	110
Figure -106- : La forme.	110
Figure -107- : L'environnement immédiat du musée.	111
Figure -108- : L'accessibilité au musée.	111
Figure -109- : L'entrée principale du musée.	112
Figure -110- : Les entrées secondaires du musée.	112
Figure -111- : La volumétrie.	112
Figure -112- : La façade principale.	113
Figure -113- : La façade latérale gauche.	113
Figure -114- : La circulation verticale et horizontale.	115
Figure -115- : La circulation des handicapés.	116
Figure -116- : L'aménagement des espaces.	116
Figure -117- : L'éclairage artificiel.	116
Figure -118- : L'éclairage naturel.	116
Figure -119- : Etude de l'ombre.	117
Figure -120- : L'influence de bâtiment voisinant.	117

Figure -121- : Le diagramme solaire de mur sud.....	117
Figure -122- : Le diagramme solaire de mur est.....	118
Figure -123- : L'éclairement sur 1m d'hauteur.	121
Figure -124- : L'éclairement sur le mur sud.	123
Figure -125- : L'éclairement sur le mur est.	123
Chapitre -IV-	
Figure -126- : Situation de la ville de Guelma.....	129
Figure -127- : Situation de la ville de Guelma.....	129
Figure -128- : Le théâtre Romain -Guelma-.	131
Figure -129- : Evolution historique de Guelma.	131
Figure -130- : L'accessibilité à la ville de Guelma.	131
Figure -131- : Classification du climat en Algérie.	132
Figure -132- : Températures moyennes mensuelles.	133
Figure -133- : Température à Guelma.	133
Figure -134- : Diagramme ombro-thermique de Guelma période 1980-1990.....	133
Figure -135- : Humidité relative %.	134
Figure -136- : Les vents dominants.	135
Figure -137- : Précipitation annuelle à Guelma.	136
Figure -138- : Application de la méthode de Szokolay sur la ville de Guelma.....	136
Figure -139- : La situation du site d'intervention.....	138
Figure -140- : L'accessibilité au site d'intervention	138
Figure -141- : La situation du terrain d'intervention.....	139
Figure -142- : L'accessibilité au terrain.	139
Figure -143- : Les points d'appel.	140
Figure -144- : Les points de repère.....	140
Figure -145- : Forme et surface du terrain.....	141
Figure -146- : Les coupes de terrain.	141
Figure -147- : Les limites à grand échelle.	142
Figure -148- : Les limites à moyen échelle.....	142
Figure -149- : Les limites à petit échelle.	143
Figure -150- : L'ensoleillement.....	144
Figure -151- : La ventilation.....	145
Figure -152- : Le contexte urbain du musée Cirta.....	146
Figure -153- : La forme du terrain.	146
Figure -154- : L'accessibilité au terrain.	146
Figure -155- : L'orientation du musée.	147
Figure -156- : Les limites lointaines.....	147
Figure -157- : Les limites immédiates.....	147
Figure -158- : La composition du plan de masse.....	148
Figure -159- : Les accès du musée.....	148
Figure -160- : La volumétrie.....	149
Figure -161- : La façade principale.....	149
Figure -162- : La façade postérieure.....	149
Figure -163- : Les plans.....	150

Figure -164- : La circulation verticale et horizontale.	151
Figure -165- : Le parcours de type labyrinthe.	152
Figure -166- : Implantation du musée.....	153
Figure -167- : Représentation et dimensions des deux model ouvertures.	153
Figure -168- : Représentation en plan de la grande verrière du musée.	154
Figure -169- : Coupe AA sur de la grande verrière du musée.	154
Figure -170- : Musée Guggenheim à Bilbao.	155
Figure -171- : Plan de situation.....	155
Figure -172- : Implantation et intégration urbaine.....	156
Figure -173- : L'implantation du musée au bord de la rivière.	156
Figure -174- : L'intégration urbaine du musée.....	156
Figure -175- : Plan de masse.....	157
Figure -176- : Orientation du musée.....	157
Figure -177- : Composition des formes.	158
Figure -178- : L'environnement immédiat du musée.....	158
Figure -179- : L'accessibilité au musée.	159
Figure -180- : L'entrée principale.	159
Figure -181- : L'entrée des gens handicapés.....	160
Figure -182- : La volumétrie.....	160
Figure -183- : La décomposition de la façade.	161
Figure -184- : Les façades.	161
Figure -185- : Le volume.	162
Figure -186- : Les matériaux de construction.	162
Figure -187- : Etude intérieur.	163
Figure -188- : La circulation dans le musée GUGGENHEIM.	166
Figure -189- : La structure du musée de GUGGENHEIM.	166
Figure -190- : L'éclairage zénithal dans le musée de GUGGENHEIM.....	167
Figure -191- : L'éclairage artificiel dans le musée de GUGGENHEIM.	168
Figure -192- : La situation du muée Denver.....	169
Figure -193- : Orientation du musée.....	169
Figure -194- : Forme et accessibilité au terrain.	169
Figure -195- : Les limites lointaines du musée.....	170
Figure -196- : Les limites immédiates du musée.....	170
Figure -197- : Plan de masse du musée.	171
Figure -198- : Les accès du musée.....	171
Figure -199- : La genèse de la forme.....	171
Figure -200- : Les façades.	172
Figure -201- : Organisation spatial.	173
Figure -202- : Les plans.	173
Figure -203- : La circulation.....	174
Figure -204- : Organigramme spatial.....	175
Figure -205- : Organigramme fonctionnel.....	175
Figure -206- : La structure.	176
Figure -207- : L'éclairage naturel.....	176

Figure -208- : Les fonction dans un musée.....	177
Figure -209- : Les espaces d'un musée.	177
Figure -210- : Schéma fonctionnel.	178
Figure -211- : Schéma indiquant les axes majeurs du terrain.	191
Figure -212- : La forme.	191
La liste des tableaux :	
Chapitre -II- :	
Tableau -1- : Les matériaux de transmissions lumineuses	100
Tableau -2- : Les matériaux de revêtements conseillés	100
Tableau -3- : La distribution des espaces.....	114
Tableau -4- : Les espaces du musée l'orientation et la surface de chaque espace.....	115
Tableau -5- : Le facteur lumière jour.....	119
Tableau -6- : Tableau synthèse.	124
Tableau -7- : Humidité moyenne de Guelma.....	134
Tableau -8- : Précipitation annuelle totale en (mm).	135
Tableau -9- : Les espaces du musée GUGGENHEIM l'orientation et la surface de chaque espace.	165
Tableau -10 - : Etude des sections d'un musée.....	185
Tableau -11- : Programme officiel.....	188