

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 08 Mai 1945 de Guelma.**

**Faculté des Sciences et de Technologies.**

**Département d'Architecture.**

**Spécialité : Architecture.**

**Option : Architecture, Environnement et Technologies.**

**Présenté par : HAMLAOUI Nadjat.**

---

**Optimisation des Ambiances Lumineuses dans les Ecoles  
d'Architecture.**

*Cas d'étude : les ateliers de département d'architecture de  
l'université 08 Mai 45 Guelma.*

---

**Sous la direction de : DECHAICHA Assoul.**

**MEDDOUR Larbi.**

---

**Septembre 2020**

---



# *Remerciement*



Je tiens tout d'abord à remercier dieu, le tout puissant, qui m'a donné la force, le courage et la patience d'accomplir ce travail.

Je tiens à exprimer toutes mes reconnaissances à mes deux encadrants de mémoire messieurs **DECHAICHA Assoul** et **MEDDOUR Larbi**, je les remercie de m'avoir encadré, orienté, aidé et conseillé.

Je remercie les membres de jury messieurs **BELOUADAH Naceur** et **BOUDJEHEM Hocine** qui ont pris la peine d'évaluer mon travail et toutes les personnes qui par leurs paroles, leurs écrits, leur conseils et leurs critiques ont guidé mes réflexions et ont accepté de me rencontrer et répondre à mes questions durant ma recherche.

Je remercie mes très chers parents, qui ont toujours été là pour moi.

Tous ceux qui m'ont aidé, assisté de près ou de loin à l'élaboration de ce travail trouveront par le biais de ces remerciements, l'expression de mon respect le plus profond.



Au nom de Dieu le tout puissant

J'ai le plaisir à dédier ce modeste travail

A la source de tendresse que sont mes très chers parents tout en étant convaincue que mon succès est une récompense pour tous leurs sacrifices. Aucune dédicace ne pourrait exprimer mes respects

A mes frères et ma sœur

A mes encadrants

A mes chères amies

A tous ceux qui m'aiment

## **Résumé**

En Algérie, les établissements universitaires jouent un rôle décisif dans la vie économique, sociale et culturelle du pays ; Ces équipements doivent faire face à plusieurs défis, notamment le bien-être des étudiants ; sachant que la sensation de confort dans un espace architecturale est une synthèse de nombreux éléments, tels que le confort thermique, le confort acoustique, olfactif, ainsi que le confort visuel qui est l'élément indispensable pour un meilleur captage de multitudes d'informations, car la majorité de ces dernières sont visuelles.

En effet la lumière naturelle peut assurer le confort visuel des étudiants dans les salles de classe, en influençant positivement sur le processus biologique, le bien-être et capacité de rendement des étudiants. Le système d'éclairage naturel a pour but principal de permettre la pénétration de lumière naturelle à l'intérieure des salles de classe d'une manière de créer des ambiances lumineuses optimales, dont à travers notre étude nous avons visé à évaluer qualitativement la performance lumineuse dans les ateliers dans le département d'architecture, université 08 Mai 45 à la ville de Guelma, à l'aide d'un outil de simulation numérique Ecotect , afin d'arriver à des résultats qui enrichissent notre recherche.

## **Mots clés**

**Optimisation - Ambiance lumineuse - Lumière naturelle - Confort visuel - Ecole d'architecture.**



## **Abstract**

In Algeria, universities play a decisive role in the economic, social and cultural life of the country; this equipment must face several challenges, in particular the well-being of students; knowing that the feeling of comfort in an architectural space is a synthesis of many elements, such as thermal comfort, acoustic comfort, olfactory comfort, as well as visual comfort which is the essential element for a better capture of multitudes of information, because the majority of them are visual.

In fact, natural light can provide visual comfort to students in classrooms, positively influencing the biological process, well-being and performance capacity of students. The main objective of the natural lighting system is to allow the penetration of natural light into the classrooms in order to create optimal lighting atmospheres, which, through our study, we have sought to evaluate qualitatively the light performance. in the workshops of the Department of Architecture, University 08 May 45 in the city of Guelma, using a digital simulation tool Ecotect, in order to arrive at results that enrich our research.

## **Keywords**

**Optimization - Lighting ambience - Natural light - Visual comfort - School of architecture.**



## ملخص

في الجزائر ، تؤدي المؤسسات الأكاديمية دوراً حاسماً في الحياة الاقتصادية والاجتماعية والثقافية للبلد ؛ وتواجه هذه المعيدات عددا من المشاكل والتحديات ، بما في ذلك الراحة النفسية للطلاب ؛ علما أن الشعور بالراحة في المجال المعماري هو مزيج لعناصر كثيرة ، مثل الراحة الحرارية، السمعية ،الراحة الشمسية والراحة البصرية ،هذه الأخيرة هي عنصر ضروري من أجل التقاط أفضل لمختلف المعلومات ، لأن معظمها مرئي.

ويمكن للإضاءة الطبيعية أن توفر راحة بصرية للطلاب في الفصول الدراسية ، لما لذلك من أثر إيجابي على العملية البيولوجية للطلاب وراحتهم وإنتاجيتهم . والهدف الرئيسي من نظام الإضاءة الطبيعية هو ضمان دخول الضوء الطبيعي إلى الحيز الداخلي للحجرات الدراسية بحيث يوفر الأجواء الضوئية المثلى ، وقد ركزنا في دراستنا على التقييم النوعي لإنتاجية الضوء في ورش العمل في قسم الهندسة المعمارية بجامعة قالمة 08 ماي 45، وذلك باتباع نهج يستند إلى أدوات المحاكات المعمارية، باستخدام أداة نمذجة رقمية ( ECOTECT ) لتحقيق نتائج تثري أبحاثنا .

## الكلمات المفتاحية

تحسين - الأجواء الضوئية - ضوء طبيعي - راحة بصرية - كلية الهندسة المعمارية.



## **Tableau des matières**

### **SOMMAIRE**

Remerciement	
Dédicace	
Résumé.....	I
Sommaire.....	II
Liste de figures.....	X
Liste des tableaux.....	XV
Liste des schémas.....	XVI

### **INTRODUCTION GENERALE.**

Introduction.....	01
Problématique.....	02
Objectif de recherche.....	03
Hypothèse.....	03
Méthodologie de mémoire.....	03
Structure de mémoire.....	04

### **CHAPITRE I : LE CONFORT VISUEL DANS LES ESPACES PEDAGOGIQUES.**

Introduction.....	06
I.1 Le confort.....	06
I.1.1 Le confort visuel.....	06
I.1.2 Les critères du confort visuel.....	08
I.1.3 Les paramètres du confort visuel.....	09

I.1.3.1	Le niveau d'éclairage de la tâche visuelle.....	10
I.1.3.2	Rendu correct de couleurs et qualité lumineuse agréable.....	11
I.1.3.3	Une répartition harmonieuse de la lumière dans l'espace.....	12
I.1.3.4	Les rapports de lumière présents dans le local.....	13
I.1.3.5	L'absence d'ombres gênantes.....	14
I.1.3.6	La relation au monde extérieur.....	15
I.1.3.7	L'éblouissement.....	16
I.1.3.7.1	L'éblouissement directe.....	17
I.1.3.7.2	L'éblouissement indirecte.....	17
I.1.3.7.3	Eblouissement perturbateur.....	18
I.1.3.7.4	Eblouissement d'inconfort.....	18
I.1.3.7.5	Les facteurs impliqués dans l'éblouissement.....	18
I.1.3.7.6	Contrôle de l'éblouissement.....	19
I.1.4	Le confort visuel dans les salles de classes.....	21
I.1.4.1	Tâches visuelles dans les salles de classe.....	21
I.1.4.2	Eléments de confort visuel dans les salles de classes.....	22
	Conclusion .....	24

**CHAPITRE II : LUMIERE NATURELLE ET CONCEPTION PASSIVE :  
DEMARCHE ET METHODE D'EVALUATION LUMINEUSE.**

	Introduction.....	26
II.1	La lumière.....	26
II.1.2	Sources de lumière naturelle.....	27
II.1.2.1	Sources lumineuses diurnes directes.....	27
II.1.2.1.1	Source primaires.....	28
II.1.2.1.2	Sources secondaires.....	28
II.1.2.2	Sources lumineuses diurnes indirectes.....	29
II.1.2.3	Autres sources secondaires.....	30



II.1.3 Les dimensions de la lumière.....	31
a. La lumière pour les fonctions visuelles.....	31
b. La lumière à effet biologique .....	31
c. La lumière pour la perception émotionnelle.....	31
II.1.4 Les grandeurs photométriques.....	31
II.1.4.1 Flux lumineux.....	32
II.1.4.2 Intensité lumineuse.....	33
II.1.4.3 L'éclairement.....	33
II.1.4.4 La luminance.....	33
II.1.4.5 Facteur lumière du jour (FLJ).....	34
II.5 Eclairage naturel.....	35
II.5.1 Type d'éclairage naturel.....	35
II.5.1.1 Eclairage zénithal.....	36
II.5.1.1.1 Dispositifs d'éclairage zénithal direct.....	36
II.5.1.1.1.1 Les tabatières (ou skylights).....	37
II.5.1.1.1.2 Les dômes.....	38
II.5.1.1.1.3 Les verrières.....	38
II.5.1.1.2 Systèmes d'éclairage zénithal indirect.....	39
II.5.1.1.2.1 Toitures en dents de scie (ou sheds).....	39
II.5.1.1.2.2 Lanterneaux.....	40
II.5.1.1.2.3 Puits de jour.....	41
II.5.1.1.2.4 Conduites de lumière ou « <i>Light pipes</i> ».....	42
II.5.1.2 Eclairage latéral.....	42
II.5.1.2.1 Types d'éclairage latéral .....	42
II.5.1.2.1.1 Eclairage unilatéral.....	42
II.5.1.2.1.2 Eclairage bilatéral.....	43
II.5.1.2.1.3 Eclairage multilatéral.....	43
II.5.1.3 Eclairage composé.....	44

II.6 La stratégie de la lumière naturelle.....	44
II.6.1 Captage.....	45
II.6.2 Transmission.....	45
II.6.3 Distribution.....	46
II.6.4 Protection.....	46
II.6.5 Contrôle.....	47
II.7 L’ambiance lumineuse.....	47
II.7.1 Les catégories des ambiances lumineuses.....	48
II.8 L’architecture passive.....	48
II.8.1 Le confort visuel dans l’architecture passive.....	49
II.8.2 Les principes de l’architecture passive.....	49
II.8.2.1 La captation et/ou la protection de la chaleur.....	49
II.8.2.2 Minimisation les pertes énergétiques.....	50
II.8.2.3 La transformation et la diffusion de la chaleur.....	50
II.8.2.4 Le stockage de la chaleur ou de la fraîcheur selon les besoins.....	50
II.8.2.5 Privilégier les apports de lumière naturelle.....	50
II.9 Méthodes d’évaluation du confort visuel.....	51
• Méthode a priori.....	51
• Méthode a posteriori.....	51
II.9.1 La simulation.....	51
II.9.1.1 Outil d’évaluation (Ecotect).....	52
a. Préparation.....	52
b. Dessin.....	52
c. Analyse.....	52
Conclusion.....	53
 <b>CHAPITRE III : ANALYSES, PROGRAMMATION ET RECOMMANDATIONS.</b>	
Introduction.....	54
III.1 Les équipements éducatifs.....	54

III.2 Les études supérieures.....	54
III.3 Types d'établissement d'enseignement supérieur.....	54
III.3.1 L'université.....	54
III.3.2 L'école.....	55
III.3.2.1 Ecole d'architecture.....	55
III.3.2.1.1 Aperçue historique.....	56
III.3.2.1.2 Règlements et normes relatives à l'éclairage des locaux d'enseignement.....	57
III.3.2.1.3 Normes relatives aux espaces des écoles d'architecture.....	58
III.4 Analyse des exemples.....	59
III.4.1 Exemple 01 Ecole d'architecture de Kigali.....	59
III.4.1.1 Présentation fiche technique.....	59
III.4.1.2 Situation.....	59
III.4.1.3 Analyse de site de l'école d'architecture de Kigali.....	60
a. La forme du terrain.....	60
b. L'accessibilité.....	60
c. La composition.....	60
d. Les limites du terrain.....	60
e. Les accès.....	60
III.4.1.4 La genèse de la forme.....	61
III.4.1.5 L'étude de masse.....	62
III.4.1.6 Les façades.....	63
III.4.1.7 Organisation spatiale.....	63
III.4.1.8 Organisation fonctionnelle.....	63
III.4.1.9 Les matériaux de construction.....	64
III.4.1.10 System de ventilation.....	64

III.4.1.11 L'éclairage.....	64
III.4.1.12 Synthèse.....	65
III.4.2 Exemple 02 école supérieur d'architecture de Strasbourg.....	65
III.4.2.1 Représentation (Fiche technique).....	65
III.4.2.2 Situation.....	65
III.4.2.3 Analyse de site de l'ENAS Strasbourg.....	66
a. La forme du terrain.....	66
b. L'accessibilité.....	66
c. Les limites immédiates.....	66
d. Les limites lointaines.....	66
e. La composition du terrain.....	66
III.4.2.4 Genèse de la forme.....	67
III.4.2.5 Etude de masse.....	67
III.4.2.6 Etude de façades.....	68
III.4.2.7 Structure.....	68
III.4.2.8 Organisation spatiale.....	68
III.4.2.9 Organisation fonctionnelle.....	69
III.4.2.10 Synthèse.....	69
III.4.3 Cas d'étude : Département d'architecture de Guelma.....	69
III.4.3.1 Situation.....	70
III.4.3.2 Evaluation lumineuse sur Ecotect.....	70
III.4.3.2.1 Configuration et paramétrage des outils.....	70
III.4.3.2.2 Protocole de simulation.....	71
III.4.3.2.3 Modélisation.....	71
III.4.3.2.4 Simulation de l'atelier choisi.....	73

III.4.3.2.5 Calculs de l'éclairage naturel.....	76
III.5 Programmation.....	77
III.5.1 Programme surfacique retenu.....	79
III.5.2 Organisation fonctionnelle du programme retenu.....	81
Conclusion et recommandations.....	82

## **CHAPITRE IV : PROJET D'INTERVENTION.**

IV.1 Contexte géographique : situation et limites de la ville de Guelma.....	84
IV.1.1 Situation.....	84
IV.1.1.1 Situation de la ville par rapport à la wilaya.....	84
IV.1.2 Historique de la ville de Guelma.....	85
IV.2 Analyse climatique.....	86
IV.2.1 Classification du climat en Algérie.....	86
IV.2.2 Analyse climatique de la ville de Guelma.....	87
IV.2.2.1 La pluviométrie.....	87
IV.2.2.2 Précipitations moyennes annuelles.....	87
IV.2.2.3 Les températures.....	88
IV.2.2.4 Humidité.....	88
IV.2.2.5 Les vents dominants.....	89
IV.2.3 Application de la méthode de S. Szokolay.....	89
IV.3 Présentation du site.....	90
IV.3.1 Situation du terrain.....	90
IV.3.2 Motivation de choix de site.....	90
IV.3.3 Forme et dimensions.....	91

IV.3.4 Topographie.....	91
IV.3.5 Accessibilité.....	92
IV.3.6 Environnement immédiat.....	92
IV.3.7 Analyse climatologique de terrain.....	93
IV.3.7.1 Ensoleillement.....	93
IV.3.7.2 Vents dominants.....	94
IV.3.7.3 Contraintes du terrain.....	94
IV.5 Processus de l'idée conceptuelle.....	94
IV.6 Schéma de principe.....	96

## Liste des figures

<b>Figure 01</b> : Le diagramme de Kruithof.....	08
<b>Figure 02</b> : Les critères du confort visuel.....	09
<b>Figure 03</b> : Valeurs de l'éclairage requises dans locaux de travail.....	10
<b>Figure 04</b> : Spectre lumineux visible.....	11
<b>Figure 05</b> : Un rendu des couleurs différents de même objet.....	12
<b>Figure 06</b> : Répartition harmonieuse dans les salles de classe de Maintenon à Colombes....	13
<b>Figure 07</b> : les valeurs recommandées pour le contraste.....	14
<b>Figure 08</b> : les sensations relatives aux différents niveaux de contraste.....	14
<b>Figure 09</b> : Présence d'ombre gênante.....	14
<b>Figure 10</b> : Lumière de côté droit.....	15
<b>Figure 11</b> : Lumière dirigé vers le dos.....	15
<b>Figure 12</b> : Relation avec le monde extérieur.....	16
<b>Figure 13</b> : Angle d'éblouissement.....	17
<b>Figure 14</b> : L'effet de la hauteur du système d'éclairage.....	18
<b>Figure 15</b> : L'effet des dimensions de la pièce.....	19
<b>Figure 16</b> : Variation du pourcentage des personnes satisfaites en fonction de l'éclairage.	20
<b>Figure 17</b> : Les paramètres du confort visuel en fonction de la tâche visuelle.....	21
<b>Figure 18</b> : Les éléments de confort visuels.....	22
<b>Figure 19</b> : Différentes positions possibles d'un écran ordinateur.....	23
<b>Figure 20</b> : Présentation des ondes lumineuses.....	26
<b>Figure 21</b> : Sources lumineuses diurnes.....	27
<b>Figure 22</b> : Le rayonnement solaire.....	28
<b>Figure 23</b> : Les différentes formes de rayonnement reçus par une surface terrestre.....	29
<b>Figure 24</b> : Les surfaces claires ont des albédos plus hauts que les surfaces foncées.....	30
<b>Figure 25</b> : La valeur de l'albédo.....	30
<b>Figure 26</b> : Grandeurs photométriques.....	32
<b>Figure 27</b> : Flux lumineux.....	32
<b>Figure 28</b> : L'intensité lumineuse.....	33

<b>Figure 29</b> : L'éclairage.....	33
<b>Figure 30</b> : Luminance.....	33
<b>Figure 31</b> : Facteur de lumière du jour.....	34
<b>Figure 32</b> : Facteur de lumière du jour.....	35
<b>Figure 33</b> : Les tabatières (Skylights).....	37
<b>Figure 34</b> : Performances lumineuses des tabatières.....	37
<b>Figure 35</b> : Critères d'uniformité pour les tabatières.....	37
<b>Figure 36</b> : Dispositifs d'éclairage zénithal direct.....	38
<b>Figure 37</b> : Composantes des sheds.....	39
<b>Figure 38</b> : Effet directif des sheds.....	40
<b>Figure 39</b> : Différents types des lanterneaux.....	40
<b>Figure 40</b> : Performances lumineuses des lanterneaux.....	41
<b>Figure 41</b> : Performances lumineuses du puits de jour.....	41
<b>Figure 42</b> : Composants d'un conduit de lumière.....	42
<b>Figure 43</b> : Performances lumineuses d'un dispositif d'éclairage unilatéral.....	43
<b>Figure 44</b> : Dispositifs d'éclairage bilatéral et ses performances lumineuses.....	43
<b>Figure 45</b> : La stratégie de la lumière naturelle.....	44
<b>Figure 46</b> : Capturer la lumière naturelle.....	45
<b>Figure 47</b> : Transmission la lumière naturelle.....	45
<b>Figure 48</b> : Kimbell Art Museum (L. Kahn).....	46
<b>Figure 49</b> : La hauteur de référence des rayons solaire.....	46
<b>Figure 50</b> : Les interactions de l'ambiance lumineuse.....	47
<b>Figure 51</b> : La pénombre.....	48
<b>Figure 52</b> : Ambiance luminescente.....	48
<b>Figure 53</b> : Principes de base d'une conception bioclimatique.....	49
<b>Figure 54</b> : Faculté d'architecture de Kigali, au Rwanda.....	59
<b>Figure 55</b> : Situation de Faculté d'architecture de Kigali.....	59
<b>Figure 56</b> : Forme du terrain.....	60
<b>Figure 57</b> : Accessibilité au terrain.....	60
<b>Figure 58</b> : Composition du terrain.....	60



<b>Figure 59</b> : Limites du terrain.....	60
<b>Figure 60</b> : Plan de masse de l'école.....	60
<b>Figure 61</b> : La genèse de forme : Faculté d'architecture de Kigali.....	61
<b>Figure 62</b> : Vue aérienne 3d de Faculté d'architecture de Kigali.....	61
<b>Figure 63</b> : Le volume de l'école d'architecture de Kigali.....	62
<b>Figure 64</b> : Le volume de l'école d'architecture de Kigali.....	62
<b>Figure 65</b> : Les ouvertures de l'école d'architecture de Kigali.....	63
<b>Figure 66</b> : Plan de niveaux de l'école d'architecture de Kigali.....	63
<b>Figure 67</b> : Volumétrie de l'école d'architecture de Kigali.....	64
<b>Figure 68</b> : intérieur de l'école d'architecture de Kigali.....	64
<b>Figure 69</b> : Volumétrie de l'école d'architecture de Kigali.....	64
<b>Figure 70</b> : Volumétrie de l'école d'architecture de Kigali.....	64
<b>Figure 71</b> : Ecole nationale supérieure d'architecture de Strasbourg.....	65
<b>Figure 72</b> : Situation de l'école d'architecture de Strasbourg.....	65
<b>Figure 73</b> : Forme de terrain de l'ENSAS Strasbourg.....	66
<b>Figure 74</b> : Accessibilité au terrain de l'ENSAS Strasbourg.....	66
<b>Figure 75</b> : Limites immédiates de l'ENSAS Strasbourg.....	66
<b>Figure 76</b> : Limites lointaines de l'ENSAS Strasbourg.....	66
<b>Figure 77</b> : Composition du terrain de l'ENSAS Strasbourg.....	66
<b>Figure 78</b> : L'intérieur de l'ENSAS Strasbourg.....	67
<b>Figure 79</b> : composition du terrain de l'ENSAS Strasbourg.....	67
<b>Figure 80</b> : volumétrie l'ENSAS Strasbourg.....	67
<b>Figure 81</b> : vue perspective de l'ENSAS Strasbourg.....	68
<b>Figure 82</b> : Façade de l'ENSAS Strasbourg.....	68
<b>Figure 83</b> : Structure de l'ENSAS Strasbourg.....	68
<b>Figure 84</b> : Coupe de l'ENSAS Strasbourg.....	68
<b>Figure 85</b> : Département d'architecture Guelma.....	69
<b>Figure 86</b> : Situation géographique département d'architecture Guelma.....	70
<b>Figure 87</b> : Configuration et paramétrage des données sur Ecotect.....	70
<b>Figure 88</b> : Modélisation du Département d'architecture Guelma sur Ecotect.....	71

<b>Figure 89:</b> Orientation du Département d'architecture de Guelma sur Ecotect.....	72
<b>Figure 90:</b> Modélisation de l'atelier choisi sur Ecotect.....	72
<b>Figure 91:</b> Simulation des ombres et de l'exposition solaire de l'atelier en 21 Décembre.....	73
<b>Figure 92:</b> Simulation des ombres et de l'exposition solaire de l'atelier en 21 Juin.....	73
<b>Figure 93:</b> Simulation des ombres et de l'exposition solaire de l'atelier en 21 Septembre.....	74
<b>Figure 94:</b> Simulation des ombres et de l'exposition solaire de l'atelier en 21 Mars.....	74
<b>Figure 95:</b> Application de la grille d'analyse de l'atelier choisi sur Ecotect.....	75
<b>Figure 96:</b> Ajustement de la grille d'analyse à l'intérieur de l'atelier sur Ecotect.....	75
<b>Figure 97:</b> Résultat de l'éclairage à l'intérieur de l'atelier sur Ecotect.....	76
<b>Figure 98 :</b> Situation géographique de la ville de Guelma.....	84
<b>Figure 99:</b> Situation de la ville et la wilaya de Guelma.....	84
<b>Figure 100 :</b> Théâtre Romain de Guelma.....	86
<b>Figure 101 :</b> Classification du climat en Algérie.....	86
<b>Figure 102 :</b> Classification du climat en Algérie.....	86
<b>Figure 103 :</b> Précipitations de Guelma, pour l'année 2019.....	87
<b>Figure 104 :</b> Précipitations de Guelma, pour l'année 2019.....	88
<b>Figure 105 :</b> Humidité moyenne de Guelma.....	88
<b>Figure 106:</b> Application de la méthode de Szokolay sur la ville de Guelma.....	89
<b>Figure 107:</b> Situation de Guelma par rapport l'Algérie.....	90
<b>Figure 108 :</b> Délimitation de la ville de Guelma.....	90
<b>Figure 109 :</b> Situation de terrain.....	90
<b>Figure 110 :</b> Le terrain choisi.....	90
<b>Figure 111 :</b> Motivation de choix de terrain.....	90
<b>Figure 112 :</b> Forme et dimensions de terrain choisi.....	91
<b>Figure 113:</b> Topographie de terrain.....	91
<b>Figure 114 :</b> L'accessibilité au terrain.....	92
<b>Figure 115 :</b> Environnement immédiat de terrain.....	92
<b>Figure 116 :</b> Concessionnaire.....	92
<b>Figure 117 :</b> Habitations.....	92

<b>Figure 118 : Habitations.....</b>	<b>92</b>
<b>Figure 119 : Inspection des travaux.....</b>	<b>92</b>
<b>Figure 120 : Résidence et université.....</b>	<b>92</b>
<b>Figure 121 : Ensoleillement de terrain durant Juin et Décembre sur Ecotect.....</b>	<b>93</b>
<b>Figure 122 : Les vents dominants exposés sur terrain.....</b>	<b>94</b>
<b>Figure 123 : Contraintes de terrain.....</b>	<b>94</b>
<b>Figure 124 : Déchets de terrain.....</b>	<b>94</b>
<b>Figure 125 : Processus de l'idée conceptuelle.....</b>	<b>95</b>
<b>Figure 126 : Schéma de principe.....</b>	<b>96</b>

## Liste des tableaux

<b>Tableau 01</b> : Classification de la perception des couleurs selon la plage d'IRC.....	12
<b>Tableau 02</b> : Les différentes valeurs de FLJ.....	34
<b>Tableau 03</b> : Niveau d'éclairement minimum selon la législation algérienne.....	57
<b>Tableau 04</b> : Comparaison entre les différentes normes relatives à l'éclairage.....	57
<b>Tableau 05</b> : Les espaces majeurs d'une école d'architecture.....	58
<b>Tableau 06</b> : Fiche technique de l'école d'architecture de Kigali .....	59
<b>Tableau 07</b> : Synthèse (l'école d'architecture de Kigali).....	65
<b>Tableau 08</b> : Fiche technique de l'ENSA.....	65
<b>Tableau 09</b> : Synthèse (ENSA Strasbourg).....	69
<b>Tableau 10</b> : Fiche technique (Département d'architecture Guelma).....	69
<b>Tableau 11</b> : Programmation.....	77
<b>Tableau 12</b> : Programme surfacique retenu.....	79
<b>Tableau 13</b> : Humidité moyenne de Guelma.....	88

## Liste des schémas

<b>Schema 01</b> : Structure de recherche.....	04
<b>Schéma 02</b> : Schéma récapitulatif des critères et paramètres du confort visuel.....	08
<b>Schéma 03</b> : Dimensions de la lumière naturelle.....	31
<b>Schéma 04</b> : Les différentes méthodes d'évaluation du confort visuel.....	51
<b>Schéma 05</b> : Schéma des espaces dans une école d'architecture.....	55
<b>Schéma 06</b> : Frise chronologique de fondation des écoles d'architecture en Algérie.....	56
<b>Schéma 07</b> : Organigrammes fonctionnels de l'école d'architecture de Kigali.....	63
<b>Schéma 08</b> : Volumétrie de l'école d'architecture de Kigali.....	64
<b>Schéma 09</b> : Genèse de la forme d'ENAS Strasbourg.....	67
<b>Schéma 10</b> : Organigrammes fonctionnels de l'école d'architecture de Kigali.....	69
<b>Schéma 11</b> : Matrice fonctionnelle du programme retenu.....	81

## Introduction générale

La démarche dite « Haute Qualité Environnementale », lancée au début des années 90 et appliquée au secteur du bâtiment, est une réponse à des nouvelles attentes qui sont la lutte à la fois contre le gaspillage des ressources énergétiques de plus en plus rares et contre la brutale accélération des changements climatiques de la planète. De ce fait, elle permet d'élargir le champ de recherche des solutions les plus performantes en considérant tous les impacts du bâtiment. Cette démarche a été décomposée en quatorze (14) exigences particulières, appelées « cibles » et chaque cible a été décomposée à sous cibles (Valbonne. Avril 2004). Les spécialistes de cette démarche ont cherché à intégrer la notion de développement durable dans le secteur du bâtiment afin de contribuer à améliorer le niveau de confort interne de bâtiment.

La sensation de confort dans un espace architecturale est une synthèse de nombreux éléments, tels que le confort thermique, le confort acoustique, olfactif, ainsi que le confort visuel. Ce dernier qui est la dixième cible de la démarche HQE, a pour objectif d'assurer, non seulement une relation visuelle satisfaisante avec l'extérieur, mais surtout un éclairage naturel optimal en termes de confort et de dépenses énergétiques, ainsi qu'un éclairage artificiel satisfaisant. Pour les établissements d'enseignement, il est une cible importante puisque le travail scolaire consiste à capter, à retenir et à assimiler une multitude d'informations, dont 65% sont visuelles (LUX. 1987).

En Algérie, plus de 8 millions de jeunes, représentant plus du quart de la population globale, sont sur les bancs d'écoles, collèges, lycées et universités. Ces jeunes étudient pendant au moins 9 ans, durant 8 mois de l'année, 6 jours par semaine et 8 heures par jour dans une salle de classe. Cette période de vie concerne des êtres en pleine évolution, il faut donc leur assurer des conditions de travail optimales dans un environnement confortable, favorisé notamment par un bon éclairage. D'après certains auteurs, les conditions de travail des adultes sont sévèrement réglementées à travers le monde, mais rien de tel n'existe pour les locaux d'enseignement. Les étudiants et les enseignants, tous cycles confondus, travaillent souvent dans des conditions de confort visuel peu satisfaisantes.

La lumière naturelle est un élément nécessaire à la vision et fondamentale pour apprécier la forme, la couleur et l'ambiance de l'environnement qui nous entoure dans notre vie quotidienne et nous permet d'exercer nos travaux dans des situations de confort visuel. La lumière du jour en tant qu'élément sensoriel visuel des environnements intérieurs physiques

est un problème essentiellement critique dans la conception de l'école. Puisque la lecture et l'écriture sont les tâches les plus importantes dans les écoles, la performance visuelle est considérée comme le résultat principal de la conception de l'éclairage et est définie en termes de rapidité et de précision du traitement des informations visuelles. De plus, la lumière du jour peut influencer la lecture, implication de la tâche, productivité, bien-être, humeur et santé, confort, perception de l'espace, des émotions, des expériences et des comportements des élèves et constitue donc un facteur critique dans la conception scolaire (Z.S. Zomorodian, S.S. Korsavi, M. Tahsildoost. Joins 2016).

Le confort visuel doit être pris en considération lors de la conception architecturale des ambiances lumineuses car il est l'un des principaux paramètres qui contribuent à la création d'un environnement propice à l'éducation où dans les écoles d'architecture, l'ambiance intérieure a un grand impact sur les usagers notamment sur leur capacité d'assimilation et leur confort; L'environnement visuel doit permettre de voir les objets nettement et sans fatigue dans une ambiance colorée agréable.

### **Problématique**

La présence de la lumière naturelle est indispensable non seulement pour assurer le bien-être de l'œil humain, mais aussi sur le plan biologique et psychologique des individus; les établissements universitaires sont des cibles importantes puisque le travail scolaire consiste à capter, à retenir et à assimiler une multitude d'informations, dont 65% sont visuelles (LUX.1987).

La ville de Guelma est une ville universitaire contient quatre (04) pôles : le premier est de Sciences et Technologies, le deuxième est de Sciences Humaines et Sociales, le troisième est de Lettre et Langues et le dernier de Droits et Sciences politiques. Or, la ville de Guelma n'englobe pas tous les secteurs, vu qu'il y a un manque des équipements universitaires culturels en générale et une école d'architecture en particulier; dans cette dernière, l'ambiance lumineuse intérieure a un grand impact sur les usagers notamment sur leur capacité d'assimilation et leur confort.

Nous nous intéressons à l'espace d'enseignement universitaire qui est considéré comme un espace principal et plus utilisable dans une école d'architecture, connu sous le nom d'atelier. Un atelier d'architecture peut accueillir différentes activités, telles que le dessin technique, la réalisation de maquettes, la lecture de documents, le travail sur écran d'ordinateur ou l'affichage par vidéoprojecteur..., autant d'activités qui utilisent différents plans de travail ;

ces différentes activités nécessitent des exigences visuelles spécifiques et propres à chacune de ces pratiques ce qui fait plusieurs problèmes qui se posent influent à la performance des étudiants : l'ombres gênantes, non-uniformité de l'éclairage à l'intérieur des ateliers et l'éblouissement, qui est le problème majeur qui peut devenir direct : provoqué par la présence d'une source lumineuse intense dans le champ de vision, ou indirecte: provient d'une réflexion perturbatrice des sources lumineuse sur des surfaces spéculaires ou brillantes telle que le papier, une table... (Daniel FAURE.2006).

À la lumière de ces renseignements, la question qui s'impose:

**Comment offrir des qualités lumineuses favorables à l'activité pédagogique dans les ateliers d'architectures ?**

### **Hypothèse**

La lumière en tant que paramètre déterminant dans la perception de l'espace par l'étudiant est mal exploitée ; cela influe sur leurs bien-être; afin de faire face à la question précédente, cela nous mène de poser l'hypothèse suivante :

Les stratégies de l'éco-conception peuvent améliorer le confort visuel intérieur des ateliers à travers : l'orientation et la forme du bâtiment, les caractéristiques des ouvertures; ou bien nous optons pour une architecture cinétique, dont la structure peut bouger.

### **Objectifs de recherche**

Partant de ces hypothèses, nous nous sommes fixés les objectifs suivants :

- Mettre en évidence le rôle de la lumière naturelle dans les écoles d'architecture.
- Considérer la lumière comme un élément de conception architecturale.
- Diversifier les ambiances lumineuses et améliorer leurs qualités.
- Réduire la pollution visuelle.

### **Méthodologie de recherche**

Afin d'atteindre les objectifs de cette recherche, il est important d'avoir une approche méthodique et structurée du sujet traité dont :



# INTRODUCTION GENERALE

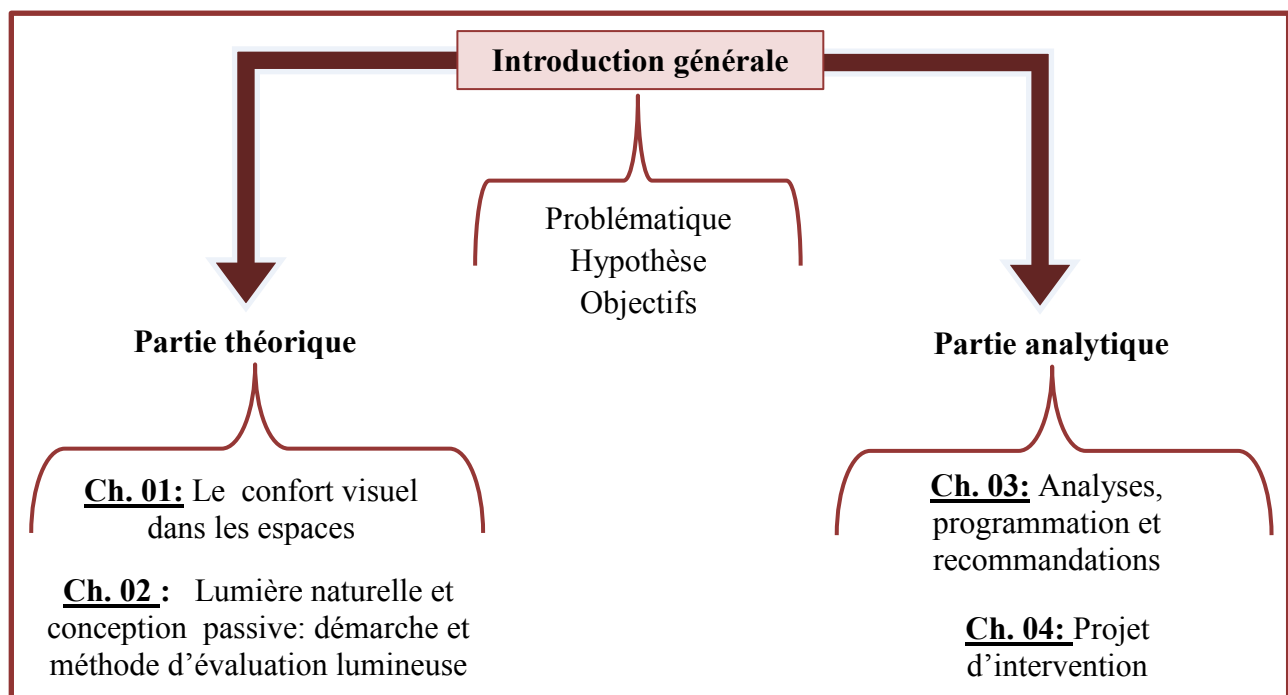
La première partie de notre démarche consiste à présenter quelques aspects théoriques du sujet contenant deux chapitres :

- Chapitre 01 : ciblera le confort visuel aux espaces pédagogiques.
- Chapitre 02 : englobera les différentes connaissances de base et les notions fondamentales de l'éclairage naturel ainsi la conception passive, finirant par la méthode d'évaluation du confort visuel avec l'outil de simulation numérique Ecotect.

La deuxième partie sera consacrée à l'approche expérimentale au cours de laquelle, une simulation d'évaluation des conditions de confort visuel sera effectuée. Contenant deux chapitres :

- Chapitre 03 : contient les analyses des exemples, aussi la programmation en mentionnant les recommandations tirés.
- Chapitre 04 : contient les caractéristiques de la zone d'étude et dossier conceptuel du projet.

## Structure de travail



**Schema 01** : Structure de recherche. Source : ( Auteur).

*« Un vrai confort, visuel et physique, est vital pour chaque pièce. »*

**Mark Hampton**

## Introduction

L'une des plus importantes considérations lors de la conception d'un bâtiment est la mesure dans laquelle il offre un environnement confortable pour ses occupants. Le confort dans l'environnement bâti est affecté par un grand nombre de facteurs différents qui, s'ils ne sont pas traités correctement, peuvent conduire à de mauvais niveaux de confort, à une gêne ou même causer des dommages et une mauvaise santé aux occupants. Les aspects de confort comprennent; facteurs personnels, santé et bien-être, confort thermique, qualité de l'air intérieur, confort visuel, nuisances sonores, ergonomie, etc.

Le confort visuel est l'un des grands défis environnementaux qui s'imposent devant l'architecte au cours de la conception de l'éclairage naturel, car l'obtention de confort visuel dans un espace favorise le bien-être des occupants. Par contre, un éclairage trop faible ou trop intense ainsi que la mauvaise répartition de la lumière dans l'espace provoque à plus ou moins longue échéance une fatigue voire même des troubles visuels accompagnés d'une sensation d'inconfort.

## I.1 Le confort

Etymologiquement, le terme de confort tiré du mot anglais « *Comfort* », fait allusion au « *bien-être matériel résultant des commodités de ce dont on dispose* » ou à « *l'ensemble des éléments qui contribuent à la commodité matérielle et au bien-être* » mais également au « *sentiment de bien-être et de satisfaction* » (LAROUSSE, 1979).

ROULET le définit comme étant « *une sensation subjective fondée sur un ensemble de stimuli* », c'est-à-dire des facteurs internes ou externes qui provoquent une réponse de l'organisme. Selon lui, le critère de confort correspond à la satisfaction des occupants. (ROULET, C, A., 1987).

Le confort est étroitement lié au bien-être, qui a été défini par Dodge et al (2012) comme « *... lorsque les individus ont les ressources psychologiques, sociales et physiques dont ils ont besoin pour relever un défi psychologique, social et / ou physique particulier* ».

### I.1.1 Le confort visuel

La définition usuelle du confort peut se limiter à la satisfaction des besoins propres à chaque composante du système sensoriel. Dans le cas précis de la lumière, le confort visuel

est défini comme étant « *une impression subjective de satisfaction du système visuel principalement procurée par l'absence de gêne induite par l'ensemble de l'environnement visuel*» (Dubois, 2006). Le confort considère comme une interaction entre l'individu et l'espace qui l'entoure, c'est-à-dire, entre des conditions ambiantes physiquement mesurables et certaines conditions individuelles qui affectent notre perception. Selon (Hegger et al, 2008)

D'après le Syndicat de l'Eclairage de France, le confort visuel fait référence aux conditions d'éclairage nécessaire pour accomplir une tâche visuelle déterminée sans entrainer de gêne pour l'œil. (Syndicat de l'éclairage.2004, p1) Quant à l'association Haute Qualité Environnementale (HETZEL. J.2003, p155), elle définit le confort visuel comme la dixième cible du projet de bâtiment de Haute Qualité Environnementale. Ses exigences élémentaires en matière d'éclairage sont les suivantes :

- ❖ Eclairage naturel optimal en termes de confort et de dépenses énergétiques.
- ❖ Eclairage artificiel satisfaisant et en appoint de l'éclairage naturel.
- ❖ Relation visuelle suffisante avec l'extérieur.

Le confort visuel a plusieurs définitions : c'est une relation visuelle satisfaisante avec l'extérieur ou bien un éclairage naturel optimale 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.

La sensation de confort diffère d'une personne à une autre ; on trouve des personnes qui préfèrent un éclairage naturel même inconfortable, à certains éclairages artificiels assurés par des sources ayant une caractéristique spectrale qui ne correspond pas à celle de la lumière blanche.

La température de couleur est un élément d'appréciation du confort visuel dû à la qualité de l'éclairage. Le diagramme de Kruithof établit les conditions du confort perçu pour différentes combinaisons d'éclairage et de température de couleur. Il montre que dans une ambiance peu éclairée (zone A), le confort est associé à une lumière chaude, alors que dans une ambiance

# CHAPITRE I : LE CONFORT VISUEL DANS LES ESPACES PEDAGOGIQUES

fortement éclairée (zone C), le confort est associé à une lumière trop froide. La zone intermédiaire (zone B) est celle de confort.

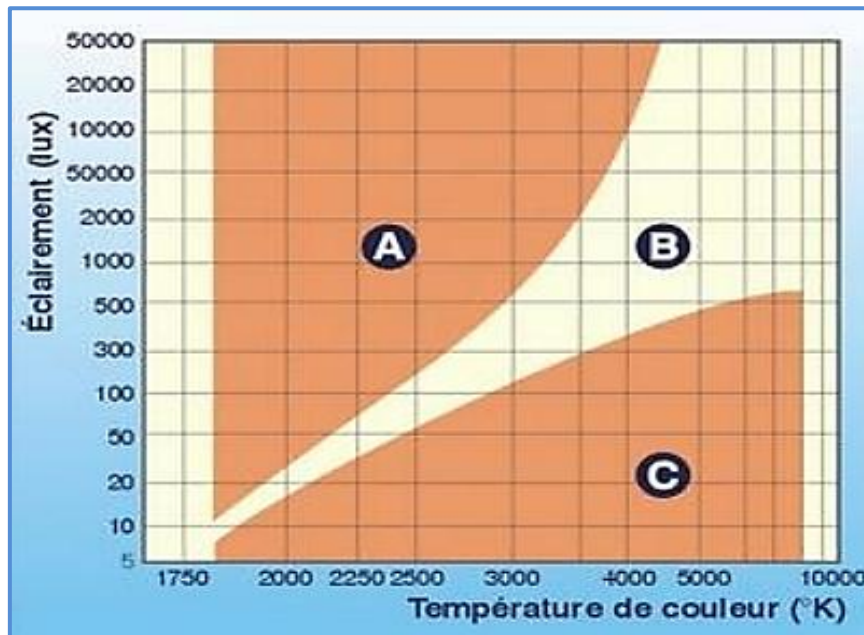


Figure 01 : Le diagramme de Kruithof. Source: (Suzel Balez, 2007).

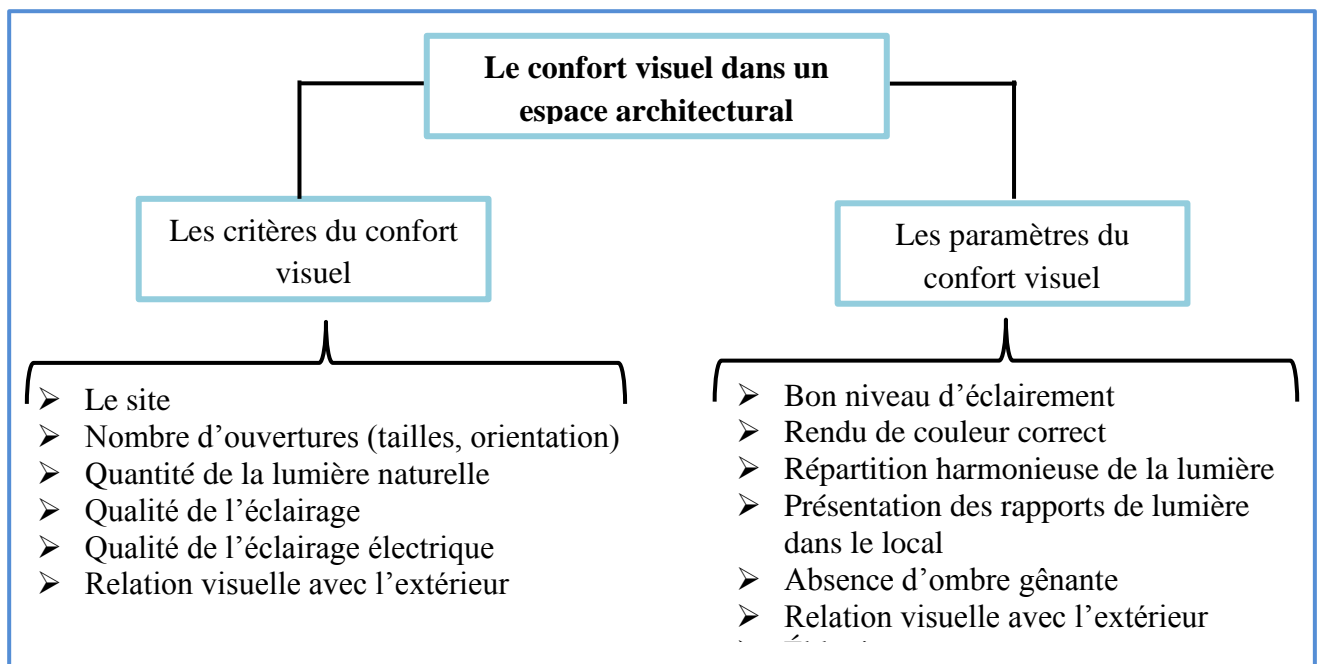


Schéma 02 : Schéma récapitulatif des critères et paramètres du confort visuel. Source : (Auteur).

## I.1.2 Les critères du confort visuel

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.

# CHAPITRE I : LE CONFORT VISUEL DANS LES ESPACES PEDAGOGIQUES

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 et les reliefs, la nature des surfaces et l'éclairage artificiel extérieur.
- Le nombre d'ouvertures, leur taille, leur 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.

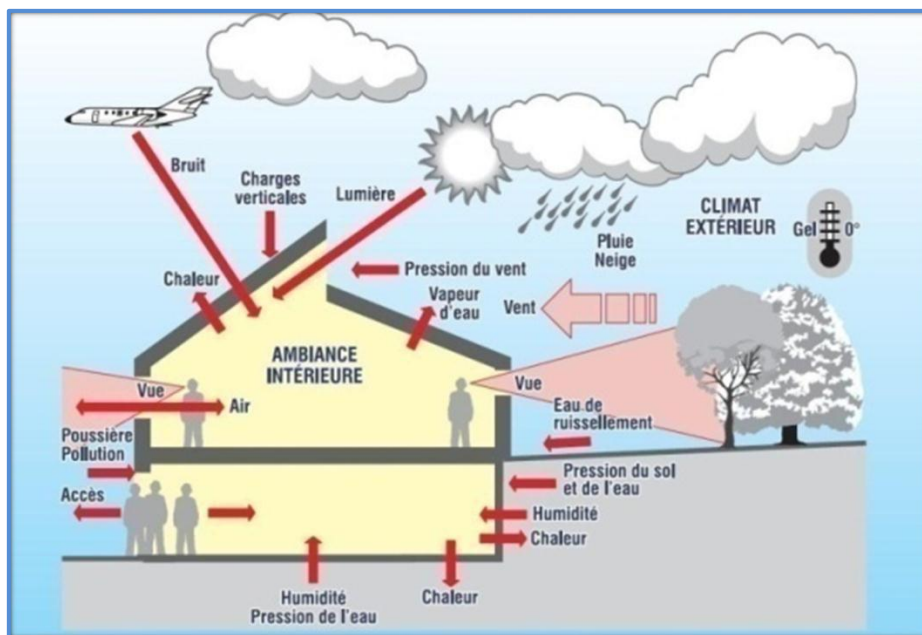


Figure 02 : Les critères du confort visuel. Source : (<http://www.mysti2d.net/>).


## I.1.3 Les paramètres du confort visuel

Le confort visuel dépend d'une combinaison de paramètres physiques : l'éclairage, La luminance, le contraste, l'éblouissement et le 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. Un environnement visuel confortable sera obtenu par la détermination des paramètres suivants :

## I.1.3.1 Le niveau d'éclairage de la tâche visuelle

Chaque activité nécessite un certain niveau d'éclairage dans la zone où se déroule l'activité. En général, plus la difficulté pour la perception visuelle est importante, plus le niveau moyen d'éclairage devrait être élevé. Un niveau d'éclairage minimum est nécessaire pour une vision claire et sans fatigue. Toutefois, un éclairage trop abondant peut être inconfortable. L'éclairage moyen recommandé est généralement fixé selon la fonctionnalité du local et la précision de la tâche visuelle qui doit y être exercée. Les recommandations sont souvent données en termes d'éclairage plutôt que de luminance pour faciliter sa mesure. Comme la sensation de luminosité est mieux représentée par la luminance, il faut tenir compte du coefficient de réflexion dans le choix de l'éclairage d'une surface. Plus il est faible et sa couleur est foncée, plus la vision s'avère difficile et plus le niveau d'éclairage doit être élevé. Les valeurs de l'éclairage E (lux) recommandées dans le tableau ci-dessous sont fondées sur les expériences réalisées dans la pratique et sont valables d'une manière générale. Les valeurs pour les tâches et les activités spécifiques sont définies dans les directives de l'Union Suisse pour la Lumière (L'USL) (La CUSSTR).



≥ 1	Eclairage de secours pour voies d'évacuation
≥ 50	Locaux de travail sans activité manuelle
≥ 100	Locaux de travail avec activité manuelle occasionnelle
≥ 200	Locaux de travail avec postes de travail permanents sans exigences particulières
≥ 300	Locaux de travail pour activités de précision moyenne nécessitant une visibilité simple
300 - 500	Locaux avec travail à l'écran
≥ 1000	Eclairage local avec éclairage général supplémentaire pour activités trop complexes nécessitant une très bonne visibilité

**Figure 03 :** Valeurs de l'éclairage requises pour un éclairage nominal dans les locaux de travail. Source : (La CUSSTR).

## I.1.3.2 Rendu correct de couleurs et qualité lumineuse agréable

Toute source lumineuse, qu'elle soit naturelle ou artificielle, présente un spectre lumineux qui lui est particulier. La lumière naturelle provenant du rayonnement du soleil et du ciel présente un spectre visible de forme continue. Le mélange des diverses radiations qui constituent ce spectre forme, par définition, la lumière dite blanche : c'est la seule qui permette à l'œil d'apprécier avec la plus grande exactitude la couleur des objets et les plus délicates de leurs nuances. Les différentes radiations colorées composant la lumière naturelle apparaissent aisément lors de leur réfraction et réflexion par des gouttes d'eau. Étant donné que l'œil est conçu pour la lumière du jour, la lumière émise par les sources artificielles devrait avoir la même composition spectrale que celle du soleil et du ciel : c'est le seul moyen pour que ne soit pas altérée la vision des couleurs. En effet, un corps coloré réfléchit sélectivement les radiations colorées qu'il reçoit. Le système visuel regroupe les différentes radiations réfléchies et donne une sensation de couleur.

La couleur perçue est intimement dépendante du spectre lumineux émis. Les objets qui ont des couleurs chaudes comme le rouge et l'orange sont plus agréables lorsqu'elles sont éclairées par une lumière chaude plutôt que par une lumière froide, mais par contre, la lumière chaude tend à noircir les couleurs froides (bleu, violet). En effet, Les couleurs chaudes seront de préférence utilisées dans des locaux de dimensions importantes tandis que les couleurs froides seront choisies pour les petits locaux. Les couleurs donc, peuvent contribuer dans une large mesure à modifier la dimension apparente des surfaces et des volumes.



**Figure 04** : Spectre lumineux visible. Source : (<https://energieplus-lesite.be>).

L'ambiance lumineuse ressentie par les occupants dépend donc du rendu des couleurs, pour le qualifier on définit :



- **L'indice de rendu des couleurs (IRC ou Ra) :** L'IRC est compris entre 0 et 100, 100 étant l'IRC de la lumière naturelle qui restitue toutes les nuances de couleur et 0 étant l'absence de couleur reconnaissable. Une différence de 5 points sera perceptible pour l'œil humain.



**Figure 05 :** Un rendu des couleurs différents de même objet. Source: (auteur).

Classe d'IRC	Plage d'IRC	Perception des couleurs
<b>1 A</b>	<b>25 &gt; Ra</b>	<b>Faible</b>
<b>1 B</b>	<b>65 &gt; Ra &gt; 25</b>	<b>Moyenne</b>
<b>2</b>	<b>90 &gt; Ra &gt; 65</b>	<b>Bonne</b>
<b>3</b>	<b>Ra &gt; 90</b>	<b>Elevée</b>

**Tableau 01 :** Classification de la perception des couleurs selon la plage d'IRC.

Source: (énergie-les caractéristiques de confort).

### I.1.3.3 Une répartition harmonieuse de la lumière dans l'espace

Pour permettre à la lumière naturelle de se distribuer le mieux possible dans le local, il est essentiel de placer le mobilier de telle sorte qu'il ne fasse pas écran et de disposer les zones d'activité judicieusement. Les plans de travail seront situés préférentiellement près des ouvertures où la lumière naturelle est bien reçue. Si le niveau d'éclairement et la luminance varient dans le champ visuel, une adaptation de l'œil est nécessaire lorsque le regard se déplace. Durant ce moment, l'acuité visuelle est diminuée, entraînant des fatigues inutiles. Selon la norme EN 12464-1 [CEN/TC169/WG2, 2002], la répartition lumineuse ou l'uniformité des niveaux d'éclairement caractérise les variations du niveau d'éclairement et est définie comme étant le rapport entre l'éclairement minimum et l'éclairement moyen observé dans la zone de travail.



**Figure 06 :** Répartition harmonieuse dans les salles de classe de Maintenon à Colombes. Source: (<https://www.resistex-sa.com/>).

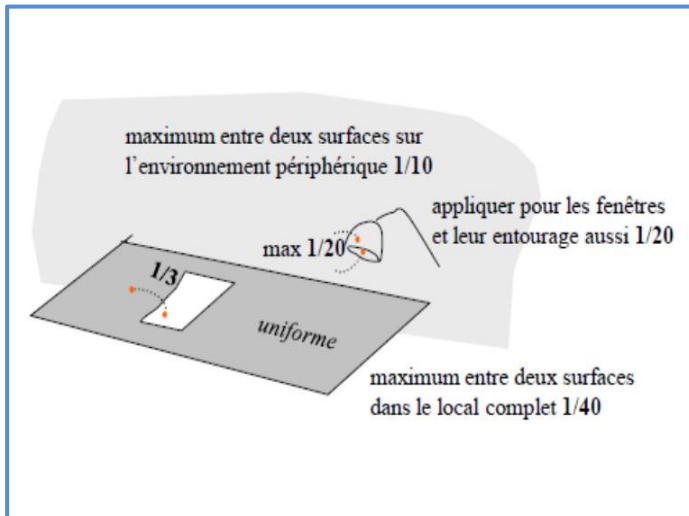
En ce qui concerne l'uniformité de la luminance, la distribution de la lumière dans un espace dépend de la répartition des sources lumineuses et de la réflexion des parois. Elle est d'autant meilleure que les réflexions de chaque paroi sont élevées et uniformément réparties. De plus, il faut une certaine uniformité de luminance, d'une part, entre le champ visuel en position de travail (le plan de travail) et au repos (les murs) et d'autre part, entre les différentes surfaces de référence (éclairage de la zone de travail et de la zone voisine). Une bonne répartition de la lumière dans un espace permet l'affectation des tâches de manière confortable et sans fatigue visuelle.

### **I.1.3.4 Les rapports de lumière présents dans le local**

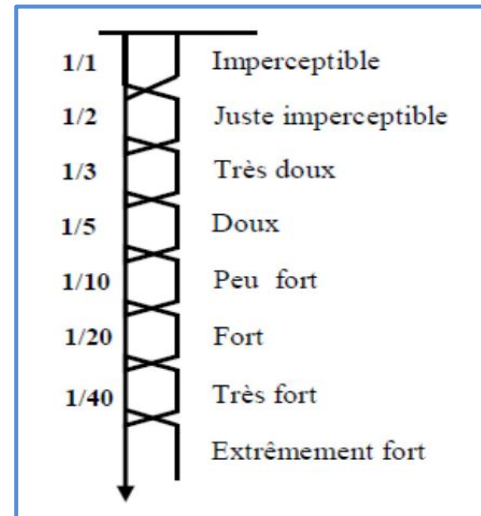
La distribution lumineuse d'un espace doit être étudiée de telle façon que les différences excessives de luminance soient évitées pour permettre aux occupants de voir correctement. Des zones extrêmement sombres ou brillantes doivent être exclues car elles donnent naissance à l'inconfort visuel et surtout le contraste.

- **Le contraste :** est la différence de luminosité entre un objet et son environnement ou entre les différentes parties d'un objet, faisant ressortir l'un et l'autre.
- **L'équilibre des contrastes :** est un élément déterminant du confort et de la perception des détails. Lorsqu'il y a de grandes différences de luminance dans le champ visuel, l'œil doit s'adapter au changement de la direction du regard. Pendant son adaptation, l'acuité

visuelle est diminuée. Pour éviter cette sensation d'inconfort, il convient de ne pas dépasser certaines valeurs de contraste entre les différentes zones du champ visuel.



**Figure 07** : les valeurs recommandées pour le contraste. Source : (Ljubica MUDRI)



**Figure 08** : les sensations relatives aux différents niveaux de contraste. Source : (Ljubica MUDRI)

Selon le manuel d'éclairage de l'IES, les recommandations concernant le contraste détail/fond, dans une salle de classe sont (REA M.S., 2000) :

- Que les professeurs écrivent sur le tableau avec des grands caractères.
- D'inclure les stylos feutre au lieu des stylos à bille et d'employer un type d'encre non brillant pour faciliter la lisibilité des détails.
- D'utiliser des papiers mats pour les livres et les cahiers.

### I.1.3.5 L'absence d'ombres gênantes

Lorsqu'un objet opaque est éclairé par une source de lumière, certaines zones situées derrière l'objet, ne reçoivent pas de lumière et constituent l'ombre de l'objet. On dit également que l'ombre se produit quand un élément se trouve entre la tâche visuelle et la source lumineuse. (<https://physique-chimie-college.fr/>).



**Figure 09** : Présence d'ombre gênante. Source : (Auteur).

- **L'ombre portée sur un objet éclairé prend deux zones**

**a- La première zone :** est située à l'opposé de la source lumineuse et elle ne reçoit pas de lumière ; ceci s'appelle l'ombre propre.

**b- La deuxième zone :** est la région d'un écran, d'un mur, etc..., placé derrière l'objet éclairé, qui ne reçoit pas de rayon lumineux (c'est la zone non éclairée de l'écran) ; elle s'appelle l'ombre portée

La visibilité de l'objet change selon la source lumineuse ; si l'arrivée de la lumière est directionnelle, cela va permettre l'apparition d'ombres sur l'objet observé ce qui conduit à une sensation de fatigue et d'inconfort visuel. D'autre part, si l'arrivée de la lumière est non directionnelle, elle rendra difficile la perception des détails de cet l'objet, alors qu'une pénétration latérale permettra la perception tridimensionnelle du relief et des détails des objets ainsi que leur couleur. La pénétration latérale de la lumière est la meilleure.



**Figure 10 :** Lumière de côté droit. Source : (guidebatimentdurable.bruxellesenvironnement.be)



**Figure 11 :** Lumière dirigé vers le dos. Source: (guidebatimentdurable.bruxellesenvironnement.be)

### I.1.3.6 La relation au monde extérieur

Dans un espace architectural, la fenêtre est un moyen de communication, un lien visuel qui permet à l'homme de rester en relation permanente avec le monde extérieur. La variabilité de la lumière naturelle permet d'établir une harmonie avec le monde extérieur et crée une ambiance intérieure plus chaleureuse.

Les baies vitrées, par lesquelles la lumière pénètre, offrent le double avantage d'une communication visuelle vers l'extérieur et d'une vue au loin nécessaire au repos de l'œil après une vision rapprochée.



Figure 12 : Relation avec le monde extérieur. Source: (Messaoudi Manel).

### I.1.3.7 L'éblouissement

L'éblouissement est dû à la présence, dans le champ de vision, de luminances excessives (sources lumineuses intenses) ou de contrastes de luminance excessifs dans l'espace ou dans le temps. Ce phénomène est directement lié à l'adaptation de l'œil qui n'est pas instantanée et qui est régie par trois mécanismes (Saint-Gobain, p15.).

- Le fonctionnement mécanique de la pupille.
- La réaction chimique de la rétine.
- La commutation dans le system visuel nerveux.

L'éblouissement se produit quand une source brillante de lumière est présente dans le champ visuel ; le résultat est une diminution de la capacité de distinguer les objets et cela conduit à la fatigue visuelle.

- **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.

Le schéma suivant montre les différents angles pour lesquelles les problèmes liés à la vision se produisent. Plus l'angle  $\alpha$  augmente, plus la sensation d'éblouissement commence.

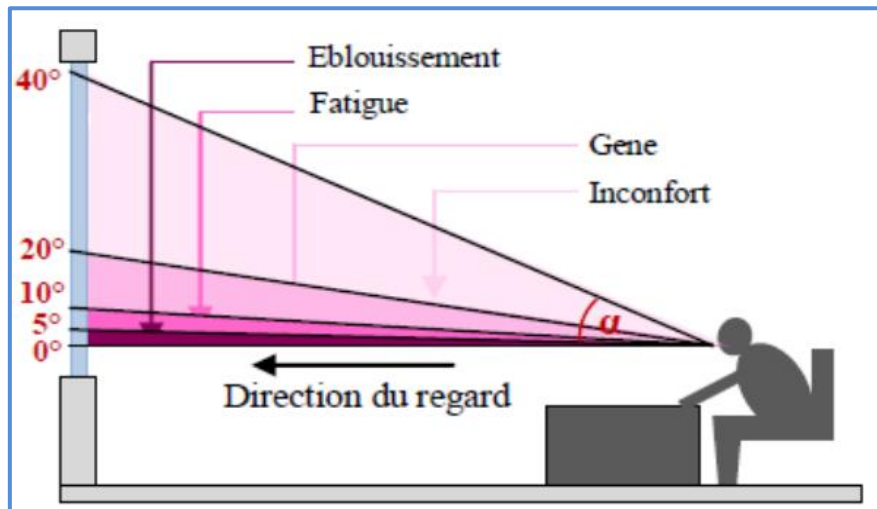


Figure 13 : Angle d'éblouissement. Source : (FAURE. D, 2006).

### I.1.3.7.1 L'éblouissement direct

Il est causé par la présence d'une source lumineuse intense située dans la même direction que l'objet regardé ou dans une direction voisine, mesuré en candela/m<sup>2</sup>.

On peut distinguer deux types d'éblouissement direct ; d'une part, l'éblouissement d'inconfort qui résulte de la vue en permanence de sources lumineuses de luminances relativement élevées ; D'autre part, l'éblouissement invalidant qui est provoqué par la vue d'une luminance très élevée pendant un temps très court.

### I.1.3.7.2 L'éblouissement indirect

Il 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.

## I.1.3.7.4 Eblouissement 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. 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 qui créent le contraste. Le contraste défini ci-avant devient : Il diminue donc. La luminance de voile diminue très vite lorsque l'angle  $\theta$  augmente. On parle d'éblouissement perturbateur. La perte de visibilité qu'il provoque peut rester plus ou moins inaperçue.

## I.1.3.7.5 Eblouissement 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  $\theta$  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  $\theta$  est l'angle entre la direction de la source et l'horizontale.

## I.1.3.7.3 Les facteurs impliqués dans l'éblouissement

- **La hauteur de l'installation du système d'éclairage :** plus l'installation est élevée, plus on aura moins de risque d'être ébloui.

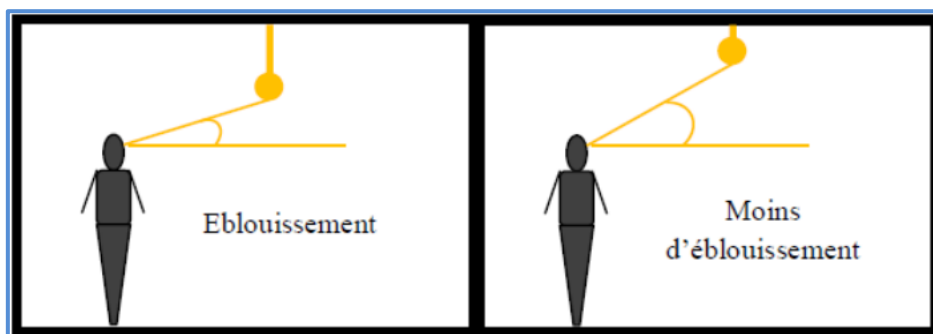


Figure 14 : L'effet de la hauteur du système d'éclairage. Source: (<http://www.hqe.guidenr.fr/>)

- **Les dimensions de la pièce** : plus la pièce devient grande, plus on aura besoin de plusieurs installation d'éclairage pour l'éclairer ; cela va contribuer à l'éblouissement. Ce risque sera diminué si les dimensions de la pièce sont réduites.

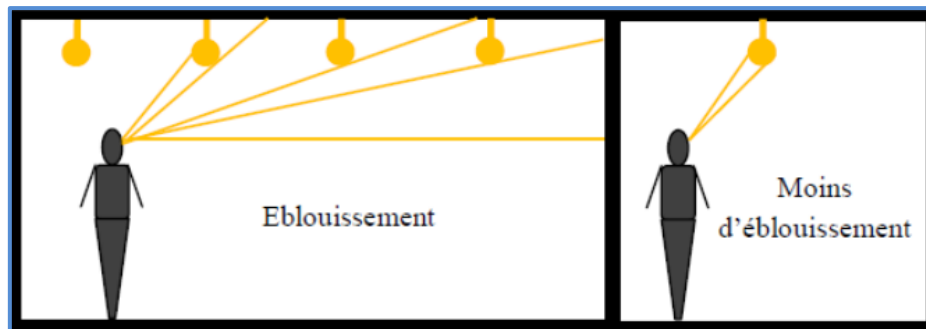


Figure 15 : L'effet des dimensions de la pièce. Source : (<http://www.hqe.guidenr.fr/>)

### I.1.3.7.6 Contrôle de l'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 matte.
- 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.

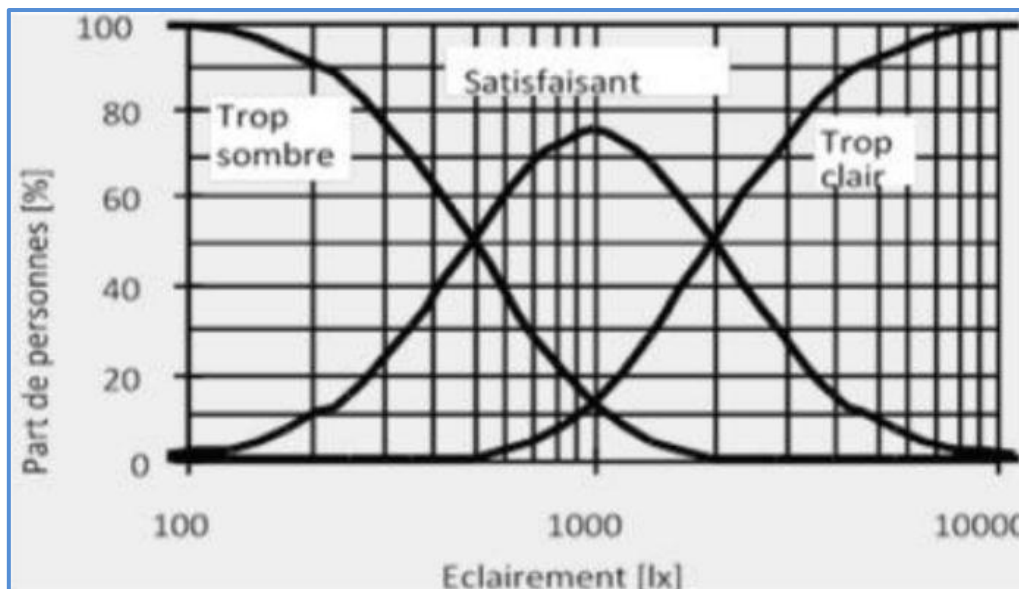


## CHAPITRE I : LE CONFORT VISUEL DANS LES ESPACES PEDAGOGIQUES

- 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.

Donc assurer pour l'homme le confort visuel et bien plus difficile. 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. 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.
- ✓ **Inconfort** lorsque plus de 75% des personnes sont insatisfaites (ou moins de 25% satisfaites).



**Figure 16** : Variation du pourcentage des personnes satisfaites en fonction de l'éclairage. Source: (guidebatimentdurable.bruxellesenvironnement.be).

**NB : il y'a des facteurs personnels qui peuvent affecter le niveau de confort visuel dans un bâtiment, ils comprennent:**

- L'Âge.
- Le genre.
- Niveau de santé.
- Type d'activité et niveau d'intensité.

Il est connu que nous ne sommes pas égaux devant le confort visuel car les couleurs ne sont pas perçues de la même manière d'un individu à l'autre et les capacités visuelles sont fonction

de l'âge des personnes. Un enfant de 6 ans évidemment a des performances visuelles différentes à celle d'un enfant de 15 ans et atteint son optimum à l'âge de 20 ans. Dans une maison de retraite, par exemple, une lumière plus blanche permettra plus facilement d'assurer le confort visuel des personnes âgées.

## I.1.4 Le confort visuel dans les salles de classes

### I.1.4.1 Tâches visuelles dans les salles de classe

Les tâches visuelles auxquelles sont confrontés les élèves et étudiants dans une salle de cours sont multiples:

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

A travers ces données, nous constatons que le caractère principal de la tâche visuelle dans les salles de cours consiste à alterner entre une vision rapprochée et une vision éloignée. En effet, l'élève écrit sur une table (vision rapprochée), regarde le tableau (vision éloignée), revient à son cahier (vision de près), observe son professeur (vision de loin)... Ce qui implique des changements d'accommodation et de convergence mais aussi des changements d'adaptation rapides.

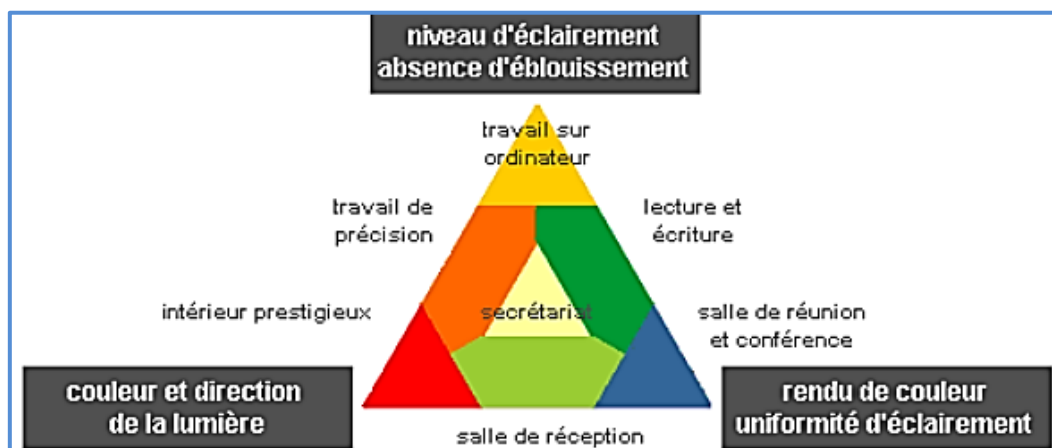


Figure 17 : Les paramètres du confort visuel en fonction de la tâche visuelle

(Source : DE HERDE & al. [www.energie.arch.ucl.ac.be])

Pour la lecture et l'écriture, les deux tâches visuelles principales effectuées dans les salles de cours, les paramètres nécessaires pour établir un confort visuel optimum sont:

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

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

### I.1.4.2 Eléments de confort visuel dans les salles de classes

Les principes de mise en œuvre du confort visuel, selon l'association H.Q.E, sont les suivants (HETZEL. J. 2003, p 155):

- Disposer de la lumière du jour dans les zones d'occupation situées en fond de pièce.
- Rechercher un équilibre des luminances de l'environnement lumineux extérieur.
- Éviter l'éblouissement direct et indirect.
- Accéder à des vues dégagées et agréables depuis les zones d'occupation des locaux.
- Protéger l'intimité de certains locaux.
- Faire appel à des revêtements clairs pour la décoration des locaux.
- Optimiser les parois vitrées, en termes de confort visuel, en traitant leur positionnement, dimensionnement et protection solaire.

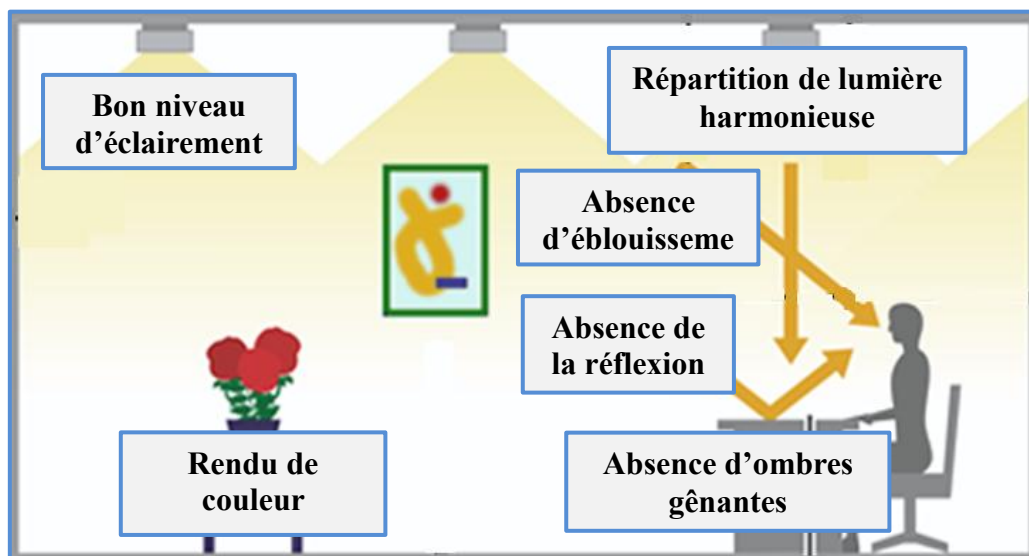
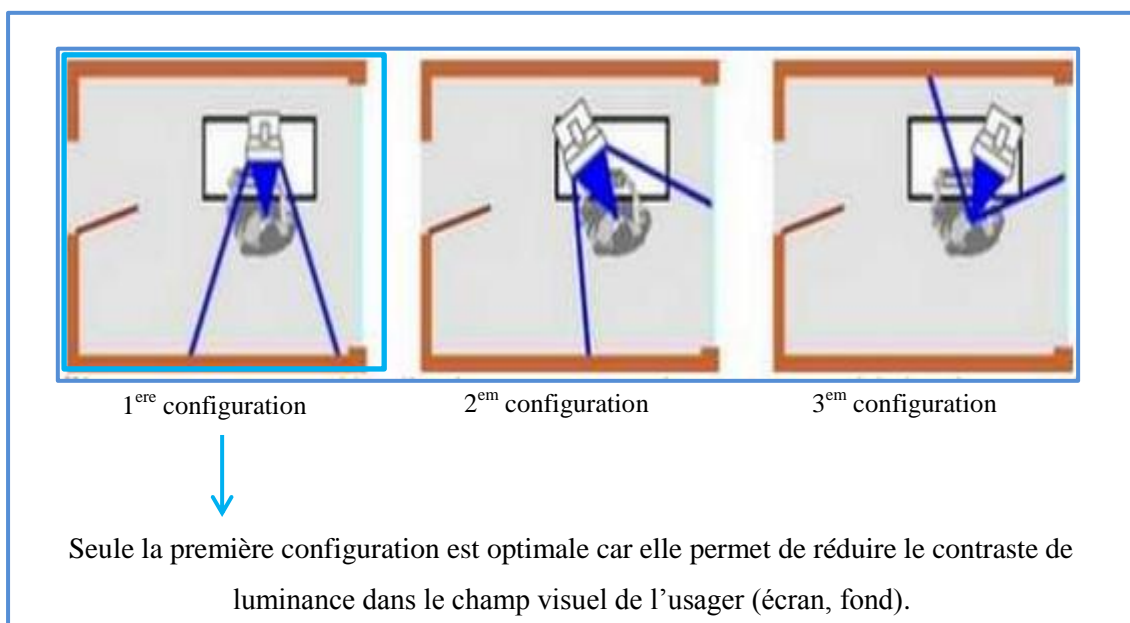


Figure 18 : Les éléments de confort visuels. Source ( : DE HERDE & al. [www-energie.arch.ucl.ac.be]).Réadapter par auteur.

### • Cas particulier des écrans d'ordinateurs

Dans le cas particulier des écrans d'ordinateur, il convient de tenir compte des points suivants :

- Aucune fenêtre ne doit se trouver devant ou derrière l'écran.
- L'axe principal du regard doit être parallèle aux fenêtres.
- Les fenêtres doivent être équipées de protections solaires efficaces sur le plan visuel sur toutes les façades. Il est recommandé d'en confier la gestion aux occupants eux-mêmes.
- Les surfaces voisines de l'écran devraient être mates et avoir un facteur de réflexion de 0,2 à 0,5.
- La luminance de chaque partie de l'environnement que l'observateur peut voir par réflexion dans son écran doit être aussi uniforme et faible que possible.
- Pour réduire la différence de luminance entre l'écran et le ciel, il peut être utile de placer une rangée de luminaires le long de la fenêtre.
- Les réflexions sont plus perturbatrices sur écran à fond sombre que sur écran à fond clair. Si toutes les autres mesures ont échoué, il faut installer des écrans antireflets, bien qu'ils ne soient pas généralement recommandés parce qu'ils réduisent la visibilité des images.



**Figure 19** : Différentes positions possibles d'un écran par rapport à une ouverture à la lumière naturelle. Source : (L'éclairage naturel des bâtiments, de Sigrid Reiter, André De Herde)

Réadapter par auteur.

### Conclusion

De nombreuses recherches menées sur l'éclairage intérieur des locaux d'enseignement, ont confirmé que la présence de la lumière naturelle y est indispensable, particulièrement dans les salles de classe, où des effets très bénéfiques ont été enregistrés sur le comportement des étudiants et des enseignants.

Dans ce chapitre en mis en évidence le concept de confort visuel, qui est un facteur clé affectant la performance des étudiants, à travers le mode de distribution de la lumière dans les salles de classe. Pour atteindre le seuil du confort dans un espace d'enseignant il est important d'étudier les critères de confort visuel et déterminer ces paramètres. L'éclairage, le contraste de luminance, la couleur de la lumière, sont les éléments qui déterminent le confort visuel. La négligence de l'un ou de plusieurs éléments de cet ensemble peut conduire à l'inconfort visuel qui se présente sous forme de fort contraste ou d'éblouissement.

Pour atteindre le seuil du confort dans un espace d'enseignement il est important d'étudier les critères de confort visuel et déterminer ces paramètres; La négligence de l'un ou de plusieurs éléments de cet ensemble peut conduire à l'inconfort visuel.

## **CHAPITRE II : LUMIERE NATURELLE ET CONCEPTION PASSIVE : DEMARCHE ET METHODE D'EVALUATION LUMINEUSE**

---

*“... Il est ridicule de penser qu’une ampoule électrique peut faire ce que le soleil et les saisons accomplissent. Ainsi, ce qui donne un authentique sens à l’espace architectural, c’est la lumière naturelle.”*

*Louis I. Kahn.*

## CHAPITRE II : LUMIERE NATURELLE ET CONCEPTION PASSIVE : DEMARCHE ET METHODE D'EVALUATION LUMINEUSE

### Introduction

La lumière naturelle joue un rôle essentiel sur la qualité du rapport entre l'espace architecturale et son environnement. L'occupant est au centre de cette interaction. L'utilisation intelligente de la lumière naturelle dans le bâtiment permet, de réduire la consommation électrique consacrée à l'éclairage. La lumière du soleil stimule les fonctions cognitives et la concentration. L'introduire dans un bâtiment universitaire où les étudiants passent le plus clair de leur temps -généralement la journée entière- dans une salle de classe permet pour eux de bénéficier de l'influence positive de la lumière naturelle sur les capacités d'apprentissage à travers un environnement visuel confortable.

Ce chapitre a pour but non seulement de démontrer l'impact de la lumière naturelle sur les performances intellectuelles des étudiants en milieu universitaire, mais également d'identifier les exigences d'un environnement visuel confortable dans les salles de classe. En bref, dans ce chapitre nous allons examiner et mentionner les besoins en éclairage des salles de classes et préciser les façons de répondre à leurs exigences.

### II.1 La lumière

La lumière est la partie du rayonnement électromagnétique que nos yeux perçoivent. La plage des longueurs d'onde se situe entre 380 et 780 nm. Le jour, nous voyons des couleurs, la nuit par contre uniquement des nuances de gris.

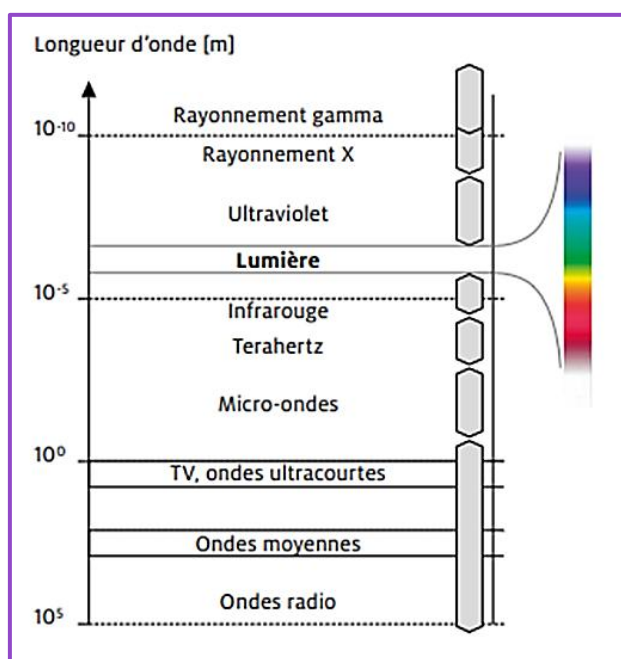


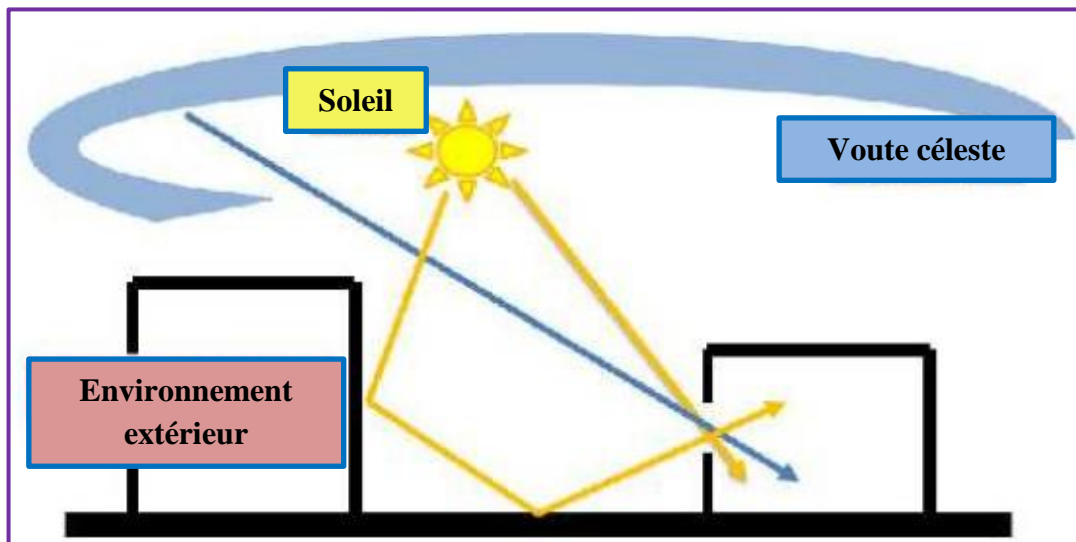
Figure 20 : Présentation des ondes lumineuses. Source: (Manuel pratique de l'éclairage ZUMTOBEL).

## CHAPITRE II : LUMIERE NATURELLE ET CONCEPTION PASSIVE : DEMARCHE ET METHODE D'EVALUATION LUMINEUSE

### II.1.2 Sources de lumière naturelle

Avant de répertorier les sources de l'éclairage naturel, voyons d'abord la définition du mot « source ». Du point de vue de la physique, une source est « *un convertisseur qui transforme une énergie en un rayonnement* ». Comme nous le savons, l'homme est exposé à une grande variété de sources d'énergie naturelles qui émettent un rayonnement sur plusieurs bandes du spectre électromagnétique.

Pour cela, il est indispensable de les classer car comme il existe des « sources lumineuses nocturnes », qui émettent un rayonnement électromagnétique durant la nuit et sont à l'origine de la vision dite « scotopique », tel que la lune et les étoiles ; il existe également des « sources lumineuses diurnes » qui émettent un rayonnement électromagnétique pendant la journée et sont à l'origine de la vision dite « photopique ».



**Figure 21** : Sources lumineuses diurnes. Source : (A. BELAKHAL et K. TABET AOUL, 2003.) Réadapté par auteur.

Pour ce qui nous concerne, nous nous intéresserons dans cette étude uniquement aux sources lumineuses diurnes qui permettent à l'être humain de percevoir clairement son environnement et d'accomplir les différentes tâches et activités qui rythment sa vie. Ainsi, nous avons classé les sources de la lumière diurne en deux catégories : les sources directes et les sources indirectes.

#### II.1.2.1 Sources lumineuses diurnes directes

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



## CHAPITRE II : LUMIERE NATURELLE ET CONCEPTION PASSIVE : DEMARCHE ET METHODE D'EVALUATION LUMINEUSE

### II.1.2.1.1 Source primaires

La « source primaire » est une source de lumière qui émet de la lumière qu'elle a elle-même produite. Elle est visible et isolée de toute autre source lumineuse. Le Soleil est une source primaire de la lumière naturelle diurne et il est à l'origine du rayonnement visible direct appelé lumière solaire par J. BELL et W. BURT<sup>5</sup> comme étant « *la partie de l'irradiation solaire qui atteint la surface terrestre sous forme de rayons parallèles et qui résulte d'une atténuation sélective par l'atmosphère* ».



Figure 22 : le rayonnement solaire. Source : (<http://la.climatologie.free.fr/>)

Cette composante de la lumière naturelle est prépondérante sous un ciel clair et dispense un flux considérable qui s'avère facile à capter et à diriger, de même qu'elle présente une dynamique intéressante et peut être utilisée en tant qu'énergie lumineuse et thermique.

Par contre, le rayonnement solaire direct est souvent une source d'éblouissement et parfois de surchauffe du bâtiment. En plus, sa disponibilité est épisodique et dépend de l'orientation des ouvertures et du type du climat lumineux. D'autre part, la lumière solaire qui est une lumière directive donne des ombres propres et portées très contrastées qui peuvent être souvent gênantes pour l'exécution d'une tâche visuelle pointue. Tous ces paramètres doivent être pris en considération lors de la conception d'un projet d'éclairage naturel afin d'aboutir à une stratégie à la fois efficace et économique.

### II.1.2.1.2 Sources secondaires

Une « source secondaire » est une source de lumière qui n'est visible que lorsqu'elle est éclairée par une source primaire, telle la voûte céleste qui est éclairée par le rayonnement solaire dont une partie (environ 25%), qui est absorbée et réémise par l'atmosphère, constitue ce que les spécialistes appellent la lumière diffuse du ciel. Selon J. BELL et W. BURT: « *la*

## CHAPITRE II : LUMIERE NATURELLE ET CONCEPTION PASSIVE : DEMARCHE ET METHODE D'EVALUATION LUMINEUSE

*lumière du ciel est la partie de l'irradiation solaire qui atteint la surface terrestre et qui résulte de la diffusion par l'atmosphère ».*

L'avantage de la lumière diffuse du ciel est qu'elle est disponible dans toutes les directions, suscite peu d'éblouissement et ne provoque pas de surchauffe. Elle crée peu d'ombres et de très faibles contrastes mais elle peut être considérée comme insuffisante dans de nombreux cas notamment sous les conditions du ciel couvert en hiver.

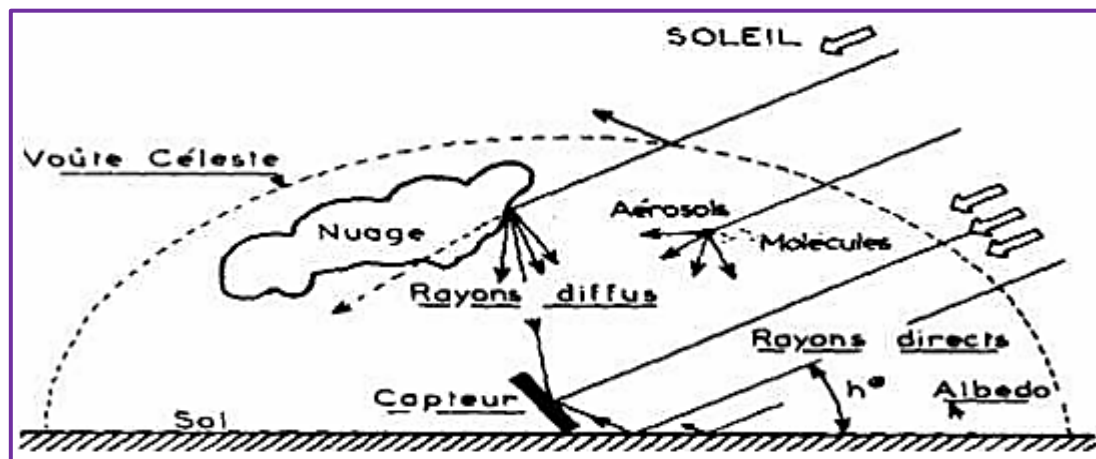


Figure 23 : les différentes formes de rayonnement reçus par une surface terrestre Source : (Miguet 2000).

De l'avis de L. MUDRI7, les répartitions spectrales de la lumière solaire et de la lumière diffuse par le ciel sont différentes à cause des composantes de ces deux sources. En effet, la voûte céleste est composée d'un voile plutôt uniforme et de nuages, qui sont des formations non uniformes et variables, qui sont à l'origine de la composition spectrale du rayonnement diffus. Ainsi, la luminosité du ciel et la qualité de la lumière qu'il émet dépendent essentiellement de la composition de l'atmosphère, de son épaisseur, de la présence de particules en suspension....etc.

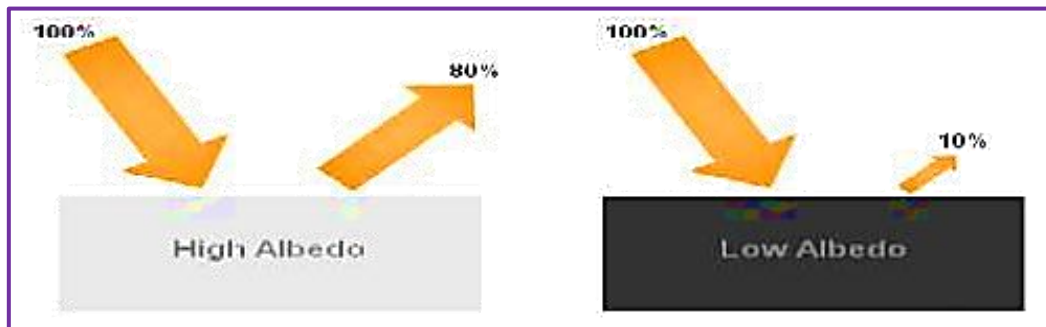
### II.1.2.2 Sources lumineuses diurnes indirectes

Les corps environnants ne sont perceptibles par l'œil et n'émettent en gamme du visible que s'ils sont portés à une température élevée, ou bien s'ils réfléchissent, diffractent ou bien diffusent les rayonnements visibles qui les éclairent.

Tous les corps opaques excepté les corps noirs, interceptent le rayonnement solaire et le réfléchissent mais la quantité de la lumière réfléchie, dépend du facteur de réflexion de la

## CHAPITRE II : LUMIERE NATURELLE ET CONCEPTION PASSIVE : DEMARCHE ET METHODE D'EVALUATION LUMINEUSE

surface, c'est-à-dire de son albédo. Quant à la couleur de la lumière réémise, elle correspond à la couleur de l'objet (si l'objet est éclairé en lumière blanche).



**Figure 24** : les surfaces claires ont des albédos plus hauts que les surfaces foncées. Source : (<https://www.nc-climate.ncsu.edu/edu/k12/.albedo>).

### II.1.2.3 Des autres sources secondaires

La composante réfléchie externe est particulièrement pertinente dans les situations urbaines denses, où la variation de l'éclairage naturel dépend des caractéristiques du site. La lumière pénétrante dans un espace architectural est influencée par l'environnement direct du bâtiment où le jeu de différents paramètres : le relief du terrain, les constructions voisines, le coefficient de réflexion du sol, la végétation, Ces éléments ne doivent pas être négligés ; la présence d'un gratte-ciel, d'un lac ou d'un arbre peut radicalement transformer la lumière d'un espace. Les surfaces réfléchissantes naturelles comme les étendues d'eau, la neige, la glace, le sable, le gazon, jouent un rôle non négligeable. Elles peuvent alléger les ombres jusqu'à parfois les rendre transparentes. S'agissant de matériaux réflexifs non parfaits, l'intensité lumineuse produite diminue de façon inversement proportionnelle au carré de la distance. Aussi, les effets d'une plaque de neige ou d'une étendue de sable n'ont qu'une faible portée. La lumière produite par réflexion peut être dure ou douce selon la nature de la surface : un lac donnera des reflets durs, intenses, alors que la lumière indirecte.



**Figure 25** : la valeur de l'albédo. Source : (<http://www.futura-sciences.com/...../climatologie-albedo-1023/>).

## CHAPITRE II : LUMIERE NATURELLE ET CONCEPTION PASSIVE : DEMARCHE ET METHODE D'EVALUATION LUMINEUSE

### II.1.3 Les dimensions de la lumière

La lumière a un effet triple

#### a. La lumière pour les fonctions visuelles

- Éclairage conforme aux normes de la zone de travail.
- Confortable et sans éblouissement.

#### b. La lumière à effet biologique

- Soutient le rythme circadien (stimule ou détend).

#### c. La lumière pour la perception émotionnelle

- Un éclairage qui souligne l'architecture.
- Créatrice d'ambiances et élément d'aménagement.

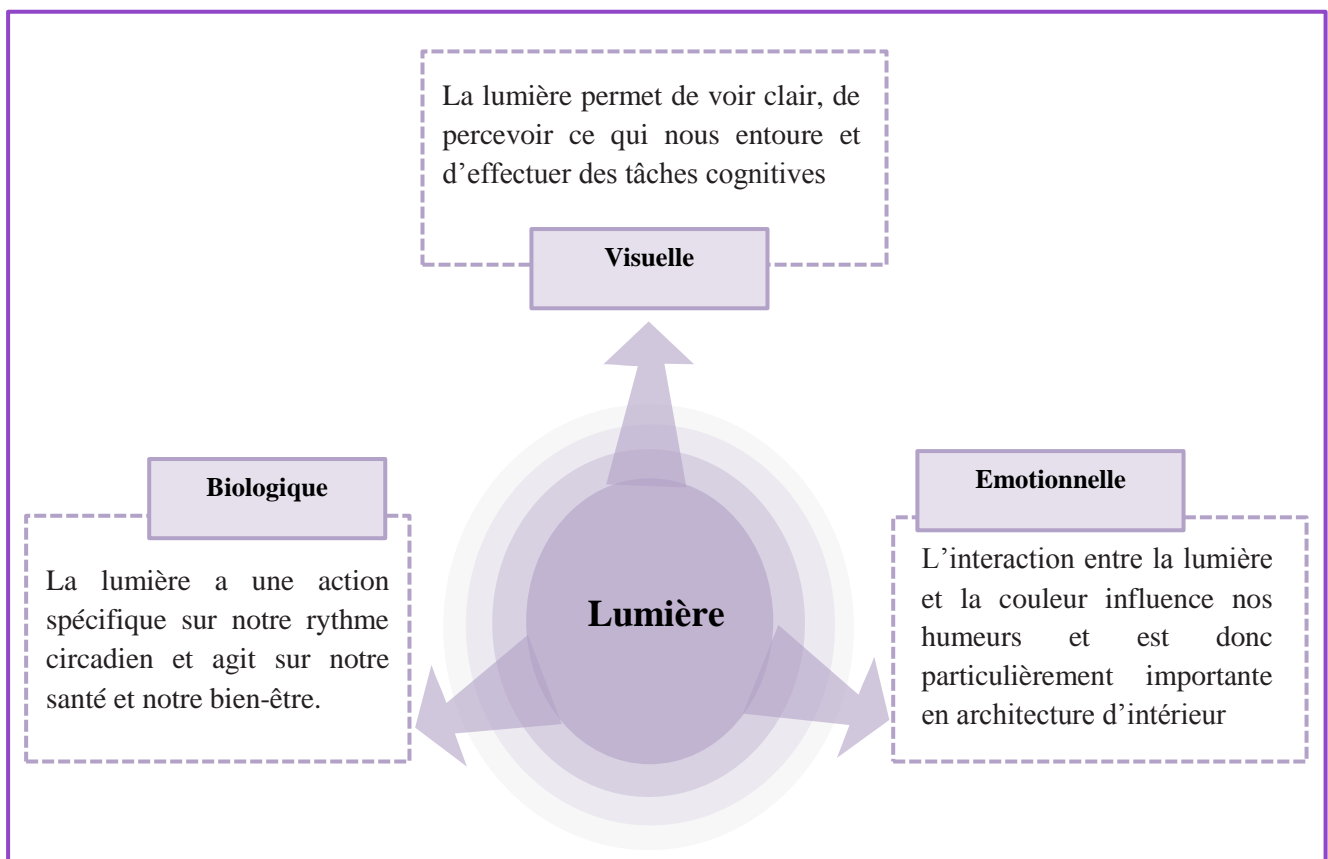


Schéma 03 : Dimensions de la lumière naturelle. Source : (ZUMTOBEL) réadapté par auteur).

### II.1.4 Les grandeurs photométriques

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

## CHAPITRE II : LUMIERE NATURELLE ET CONCEPTION PASSIVE : DEMARCHE ET METHODE D'EVALUATION LUMINEUSE

pas intervenir directement l'œil en tant qu'élément sensible, sont étalonnés en fonction de la courbe de sensibilité relative de l'œil humain.

Il existe deux méthodes pour exprimer les grandeurs photométriques :

- Le système radiométrique : basé sur le flux d'énergie des faisceaux lumineux.
- Le système photométrique : basé sur l'impression produite sur l'œil.

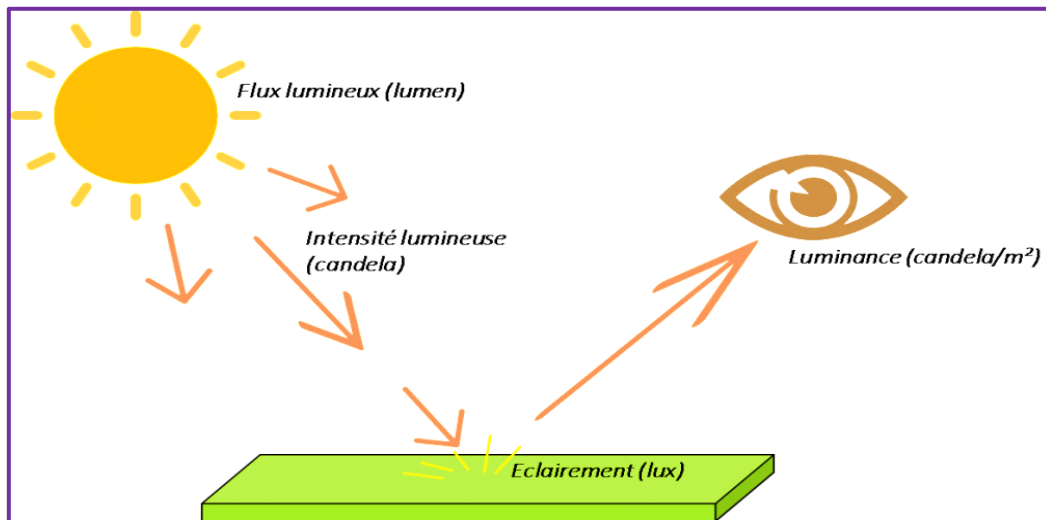


Figure 26 : Grandeurs photométriques. Source : (<https://www.natureetconfort.fr/>)

### II.1.4.1 Flux lumineux

Le flux lumineux décrit la quantité de lumière émise par une source lumineuse.

L'efficacité lumineuse est le rapport du flux lumineux à la puissance électrique consommée (lm / W). C'est une mesure de l'efficacité économique d'une source lumineuse

**NB : Abréviation:  $\Phi$  Phi - Unité : lm Lumen**

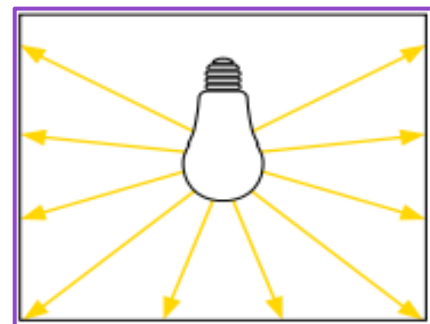


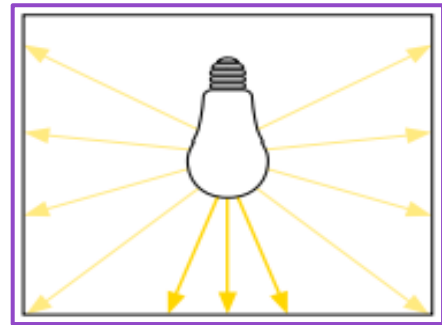
Figure 27 : Schéma de flux lumineux.  
Source : (manuel pratique de l'éclairage ZUMTOBEL).

## CHAPITRE II : LUMIERE NATURELLE ET CONCEPTION PASSIVE : DEMARCHE ET METHODE D'EVALUATION LUMINEUSE

### II.1.4.2 Intensité lumineuse

L'intensité lumineuse décrit la quantité de lumière qui est rayonnée dans une direction particulière. Il s'agit d'une mesure utile pour les éléments d'éclairage directifs tels que les réflecteurs. Il est représenté par la courbe de distribution de l'intensité lumineuse (LDC).

**NB : Abréviation: I – Unité : cd Candela.**

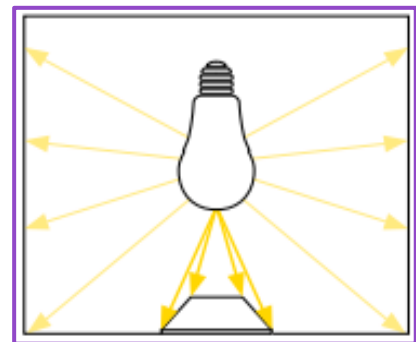


**Figure 28 :** Schéma de l'intensité lumineuse. Source : (manuel pratique de l'éclairage ZUMTOBEL).

### II.1.4.3 L'éclairement

L'éclairement décrit la quantité de flux lumineux tombant sur une surface. Les normes pertinentes spécifient l'éclairement requis.

**NB : Abréviation: E - Unité : lx Lux.**



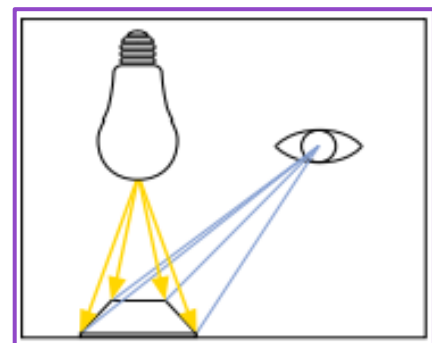
**Figure 29 :** Schéma de l'éclairement. Source : (manuel pratique de l'éclairage ZUMTOBEL).

### II.1.4.4 La luminance

La luminance est le seul paramètre d'éclairage de base qui soit perçu par l'œil.

Il décrit d'une part l'impression d'une source lumineuse lumineuse, et d'autre part, une surface et dépend donc de dans une large mesure sur le degré de réflexion (couleur et surface).

**NB : Abréviation: L - Unité : cd/m<sup>2</sup>**



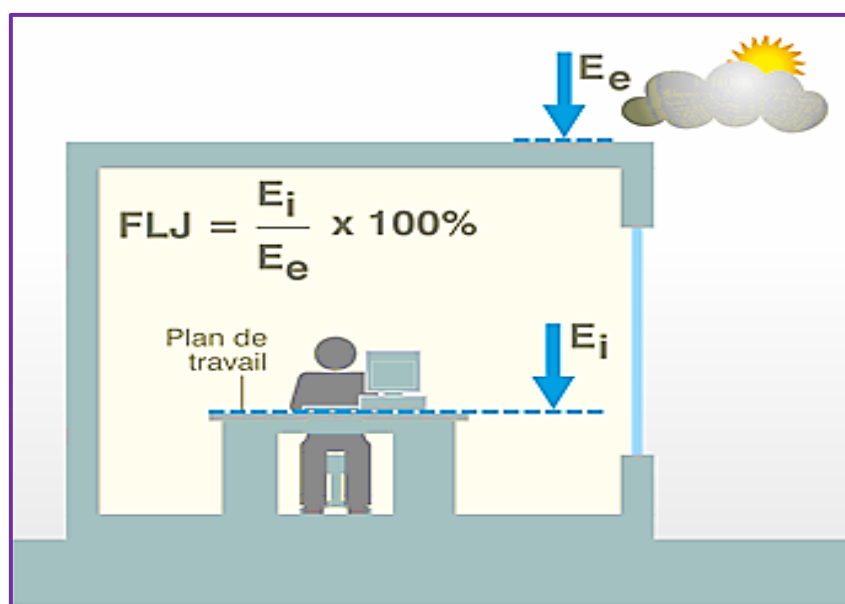
**Figure 30 :** Schéma de luminance. Source : (manuel pratique de l'éclairage ZUMTOBEL).

## **CHAPITRE II : LUMIERE NATURELLE ET CONCEPTION PASSIVE : DEMARCHE ET METHODE D'EVALUATION LUMINEUSE**

### **II.1.4.5 Facteur lumière du jour (FLJ)**

Le facteur de lumière du jour en un point intérieur est le rapport de l'éclairement naturel reçu en ce point à l'éclairement extérieur simultané sur une surface horizontale en site parfaitement dégagé, par ciel couvert.

Ces deux valeurs d'éclairement 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 exclue. Le FLJ s'exprime en %.



**Figure 31** : Facteur de lumière du jour. Source : (site web : energieplus-lesite.be)

Le tableau ci-dessous donne les différentes valeurs de 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
<b>Zone considérée</b>	Zone éloignée des fenêtres (distance environ 3 à 4 fois la hauteur de la fenêtre)			A proximité des fenêtres ou sous des lanterneaux		
<b>Impression de clarté</b>	Sombre à peu éclairée		Peu éclairée à claire		Claire à très claire	
<b>Ambiance</b>	Le local semble être refermé sur lui-même			Le local s'ouvre vers l'extérieur		
<b>Confort de travail</b>	Non adapté pour un travail permanent		Adapté à moins de 50 % des heures de travail		Adapté à plus de 50 % des heures de travail mais risques d'éblouissement	

**Tableau 02** : Les différentes valeurs de FLJ. Source : (site web : energieplus-lesite.be). Réadapté par auteur.

## CHAPITRE II : LUMIERE NATURELLE ET CONCEPTION PASSIVE : DEMARCHE ET METHODE D'EVALUATION LUMINEUSE

- Les différentes formules des grandeurs photométriques

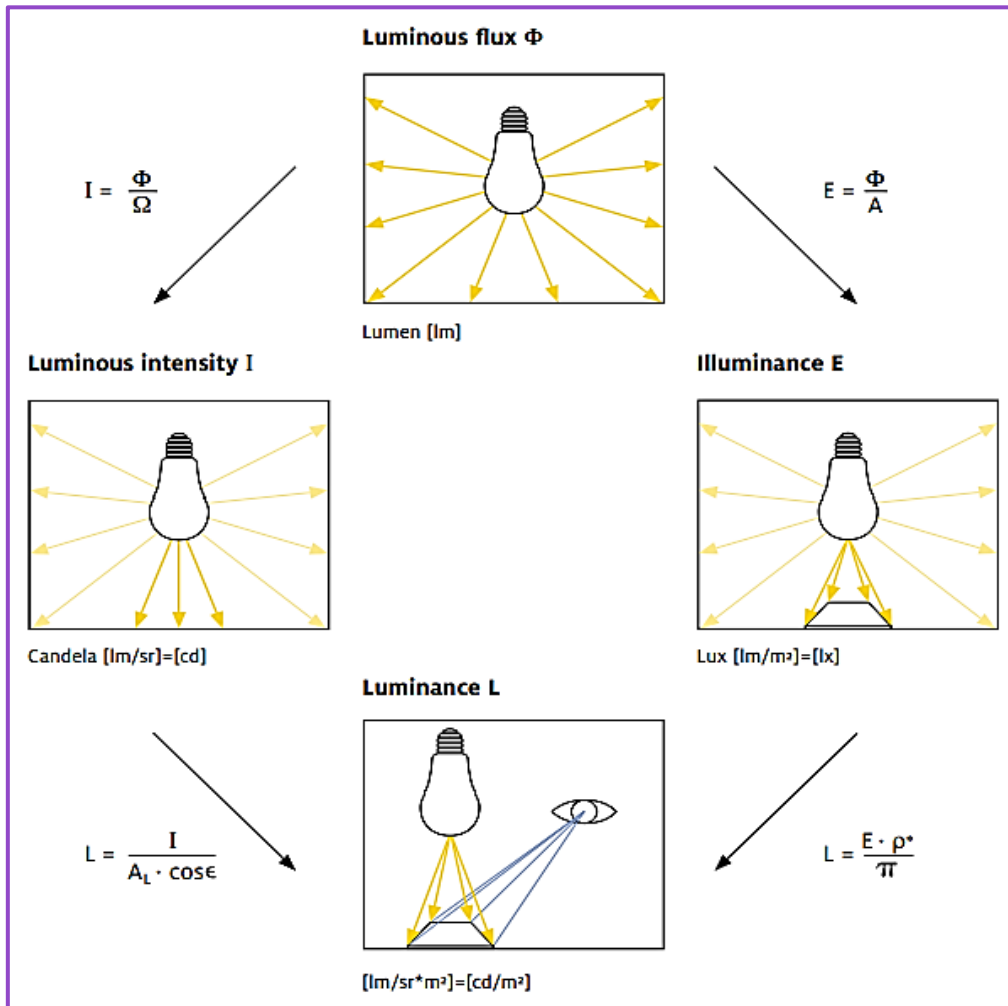


Figure 32 : Facteur de lumière du jour. Source : (<https://www.zumtobel.com>)

### II.5 Eclairage naturel

D'une manière générale, l'éclairage naturel est défini comme étant « l'utilisation de la lumière du jour pour éclairer les tâches à accomplir ». Si le soleil est la source mère de tout type de lumière, techniquement l'éclairage naturel global comprend à la fois l'éclairage produit par le soleil, la voûte céleste et les surfaces environnantes.

#### II.5.1 Type d'éclairage naturel

Le type d'éclairage naturel est défini par la position des prises de jour qui le procure et qui peuvent être placées soit en façade (éclairage latéral), soit en toiture (éclairage zénithal), soit les deux à la fois. Mais leurs fonctions restent les mêmes. La prise de jour est cependant un des plus complexe et couteux composants du bâtiment à cause du grand nombre de rôles contradictoires qu'elle doit jouer tels que l'éclairage et l'occultation, la vue sur l'extérieur et



## **CHAPITRE II : LUMIERE NATURELLE ET CONCEPTION PASSIVE : DEMARCHE ET METHODE D'EVALUATION LUMINEUSE**

la recherche d'intimité, la pénétration du soleil et la protection solaire, et enfin, l'étanchéité et la ventilation.

En effet, il a toujours été difficile de répondre à toutes ces demandes et certaines priorités dominent chaque conception ; car en plus des qualités techniques nécessaires pour assurer le confort thermique, visuel et parfois acoustique, la prise de jour doit définir l'organisation de l'espace intérieur et situer l'entrée de la lumière naturelle. Par conséquent, il est préférable lors de la conception des ouvertures de séparer la fonction « visuelle » qui est la vue vers l'extérieur, des fonctions « énergétiques » de la fenêtre qui comprend l'éclairage, le chauffage et la ventilation, puisque la conception d'une prise de jour adaptée à une fonction, n'est probablement pas adaptée aux besoins des autres.

### **II.5.1.1 Eclairage zénithal**

Un éclairage zénithal signifie littéralement « la lumière qui vient du haut » par référence à la lumière du soleil. Dans une habitation ou un lieu de travail l'éclairage zénithal apporte à la fois un grand confort en termes de luminosité mais aussi tous les bienfaits de la lumière naturelle. (<https://www.natureetconfort.fr/eclairage-zenithal>).

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

D'autre part, les systèmes d'éclairage zénithal peuvent procurer de la lumière naturelle soit directement ou indirectement. Pour ce qui est des systèmes d'éclairage zénithal direct, ils sont composés uniquement d'une ouverture percée dans la toiture. Tandis qu'un système d'éclairage zénithal indirect est composé de deux parties : une ouverture qui capte la lumière naturelle et un système de distribution qui réfléchit ou diffuse cette lumière.

#### **II.5.1.1.1 Dispositifs d'éclairage zénithal direct**

## CHAPITRE II : LUMIERE NATURELLE ET CONCEPTION PASSIVE : DEMARCHE ET METHODE D'EVALUATION LUMINEUSE

### II.5.1.1.1 Les tabatières (ou skylights)

Selon J.J. Delétré, la tabatière constitue le système d'éclairage naturel direct le plus performant : elle procure de 3 à 5 fois plus de lumière à surface équivalente qu'un vitrage vertical car, disposée horizontalement, elle est exposée à une plus grande portion du ciel visible à partir de l'intérieur du local, sans aucune obstruction et dont la luminance est plus élevée. Elle procure de la même manière, un éclairage intérieur uniforme.

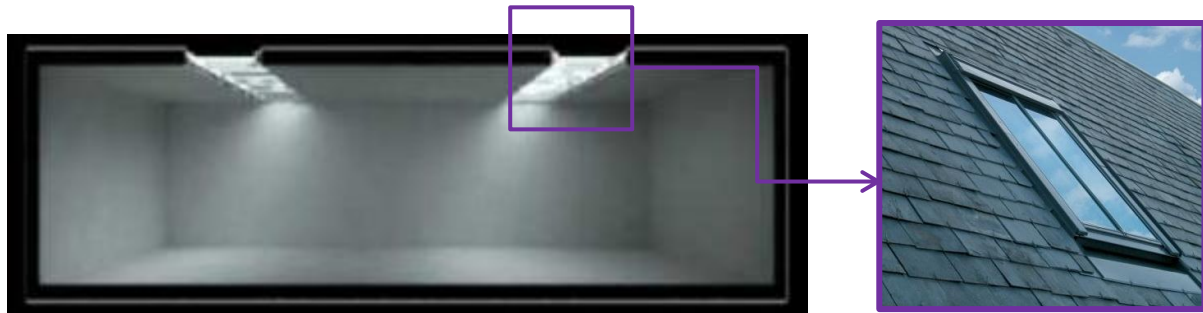


Figure 33 : Les tabatières (Skylights). Source : ([www.squ1.com]).

Les valeurs de facteurs de lumière du jour obtenues grâce à ce dispositif sont très élevées et sont enregistrées à la surface du plancher se situant directement sous les prises de jour, tandis que les plans verticaux des deux extrémités du local sont moins éclairés

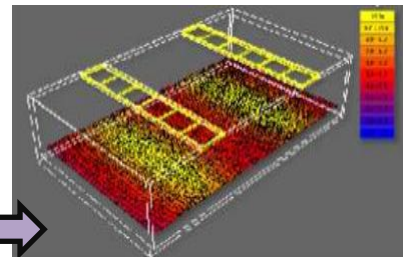


Figure 34 : Performances lumineuses des tabatières. Source : ([www.squ1.com]).

Par contre, si la tabatière est mal conçue, elle va créer plus de surchauffe l'été, car une paroi horizontale reçoit en cette saison, en raison des altitudes solaires importantes, près de deux fois plus de chaleur qu'une façade verticale orientée Sud (sous les latitudes moyennes). Elle favorise également les déperditions de chaleur par convection et par conduction pendant la nuit et en hiver plus que les autres systèmes d'éclairage. Pour des raisons d'uniformité de l'éclairage, l'espacement des tabatières doit être égal à la hauteur sous plafond du local

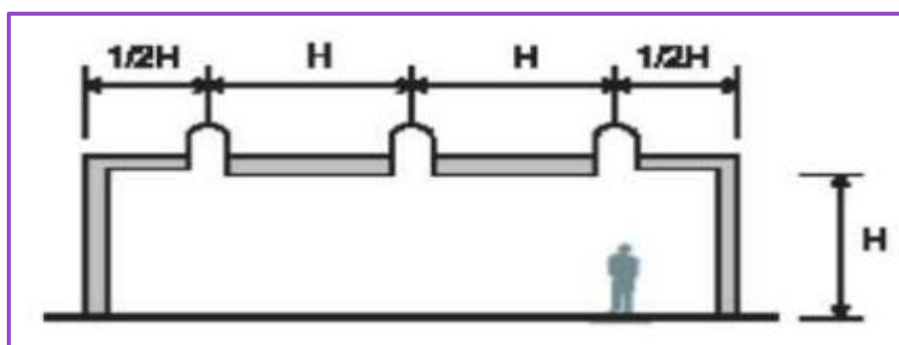


Figure 35 : Critères d'uniformité pour les tabatières. Source : (I. PASINI et al, 2002).

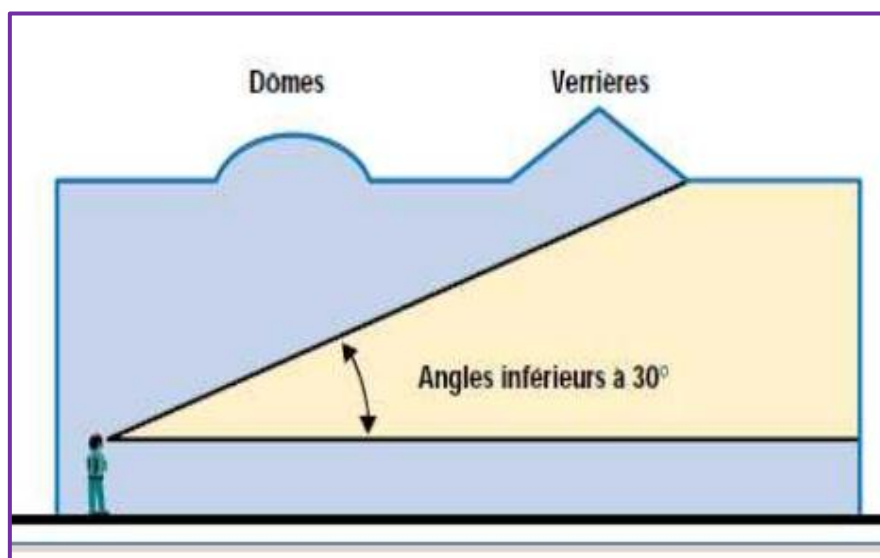
## CHAPITRE II : LUMIERE NATURELLE ET CONCEPTION PASSIVE : DEMARCHE ET METHODE D'EVALUATION LUMINEUSE

### II.5.1.1.2 Les dômes

Les dômes ne nécessitent pas de structure lourde et ils permettent d'atteindre l'objectif en termes de facteur de lumière du jour direct avec une surface d'environ 10 % d'indice de vitrage. Cependant, ils n'évitent pas la pénétration solaire et, en conséquence, l'éblouissement. Pour empêcher l'éblouissement des occupants, les dômes ne doivent pas être dans un angle de  $30^\circ$  au-dessus de l'horizontale. Ceci peut être obtenu en les équipant de costières surélevées et de garde-corps. Les gains de chaleur ainsi que les déperditions calorifiques sont également très importants. Il faut donc penser à les munir de systèmes de protection solaire performants.

### II.5.1.1.3 Les verrières

L'architecture moderne utilise abondamment les verrières, notamment pour les halls d'accueil et les grandes surfaces. Elles peuvent être horizontales ou inclinées et sont économiques à la construction. Elles sont recommandées particulièrement dans le cas de présence d'obstacles extérieurs élevés qui gêneraient éventuellement l'éclairage naturel intérieur.



**Figure 36** : Dispositifs d'éclairage zénithal direct. Source : C. TERRIER et B. VANDEVYVER, 1999 [www.inrs.fr].

Ces trois dispositifs d'éclairage zénithal direct (tabatières, dômes et verrières), performant du point de vue éclairage, présentent de nombreux inconvénients, notamment un apport solaire important lié à la surface du vitrage, des problèmes d'étanchéité et une difficulté de nettoyage et d'entretien (extérieur et intérieur) qui pourrait réduire leur efficacité, surtout pour les surfaces horizontales (dépôt de poussière).

## CHAPITRE II : LUMIERE NATURELLE ET CONCEPTION PASSIVE : DEMARCHE ET METHODE D'EVALUATION LUMINEUSE

### II.5.1.1.2 Systèmes d'éclairage zénithal indirect

#### II.5.1.1.2.1 Toitures en dents de scie (ou sheds)

Les sheds sont constitués d'une surface transparente ou translucide appelée « **ouverture** » qui collecte la lumière naturelle pour la faire pénétrer à l'intérieur d'un local, et d'une surface opaque inclinée appelée « **rampant** » faisant face au rayonnement lumineux et qui a pour rôle de distribuer la lumière du jour à l'intérieur du local

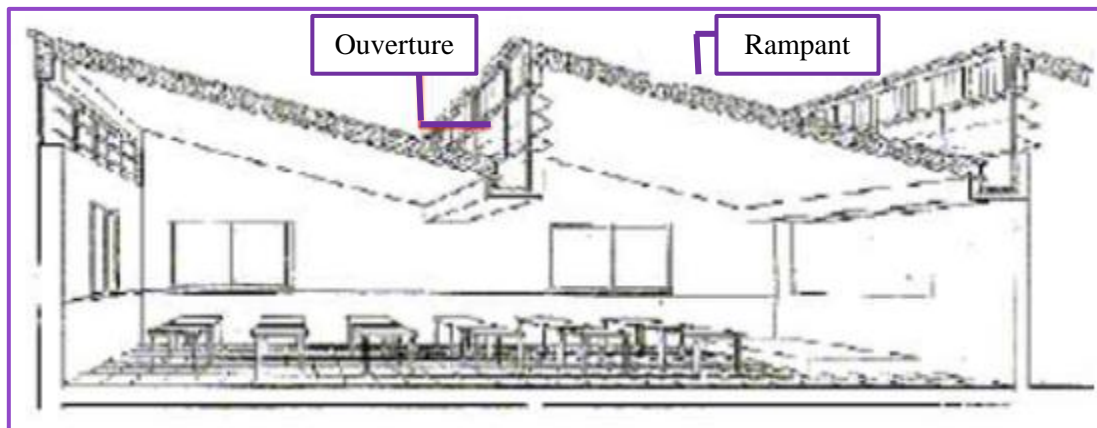


Figure 37 : Composantes des sheds. Source : (: [www.outilssolaires.com]). Réadapté par auteur.

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. Plus le vitrage se rapproche de la verticale, plus sa surface doit être importante pour un facteur de lumière du jour directe équivalent. Il est donc plus économique d'avoir un vitrage incliné qui évitera aussi le rayonnement direct sur le poste de travail. Une inclinaison de 60° permet d'éviter totalement ce rayonnement, même en été. Une inclinaison de 45° est acceptée mais elle est moins favorable à cause de rayonnement direct du soleil au zénith en été. Une répartition des sheds sur toute la toiture permet de l'homogénéité de l'éclairage. Près des murs, dans le sens de la longueur, l'éclairage est plus faible et l'on doit compenser par des vitrages latéraux.

## CHAPITRE II : LUMIERE NATURELLE ET CONCEPTION PASSIVE : DEMARCHE ET METHODE D'EVALUATION LUMINEUSE

L'inconvénient majeur des sheds consiste à une « directivité » prononcée de la lumière du jour (c'est-à-dire que les rayons lumineux se propagent dans une seule direction déterminée par la forme du shed) due à la mono exposition du vitrage.

Ainsi, la moitié du local faisant face aux vitrages enregistre des valeurs d'éclairement supérieures à l'autre moitié, car elle reçoit la lumière directe du ciel pénétrant à travers les vitrages. L'autre moitié est de plus en plus sombre au fur et à mesure qu'on se rapproche du mur de l'extrémité : le plan vertical à gauche, situé sous la partie opaque du dernier shed, ne reçoit pas de lumière directe du ciel et ne peut être éclairé que par les réflexions internes du local

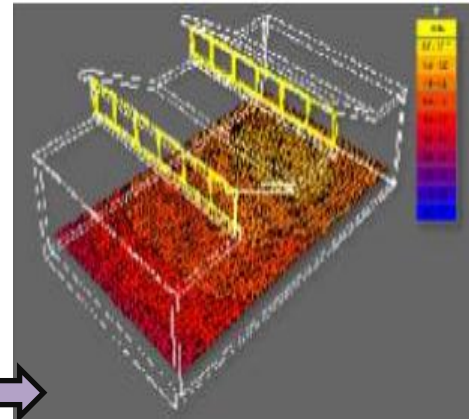


Figure 38 : Effet directif des sheds.  
Source : ([www.squl.com]).

Il existe d'autres dispositifs du type de sheds tels que les mini sheds et les sheds lanterneaux qui évitent l'ensoleillement direct si la partie vitrée est dirigée vers le nord et ont les avantages des sheds pour un prix et un poids équivalents à ceux d'un lanterneau ou d'une coupole. Le vitrage est incliné de  $80^\circ$  à  $45^\circ$  par rapport à l'horizontale, selon les modèles. Ils peuvent intégrer une fonction d'aération et de désenfumage

### II.5.1.1.2 Lanterneaux

Les lanterneaux sont constitués de surélévations de la toiture totalement ou partiellement translucides. Ils peuvent se présenter sous différentes formes

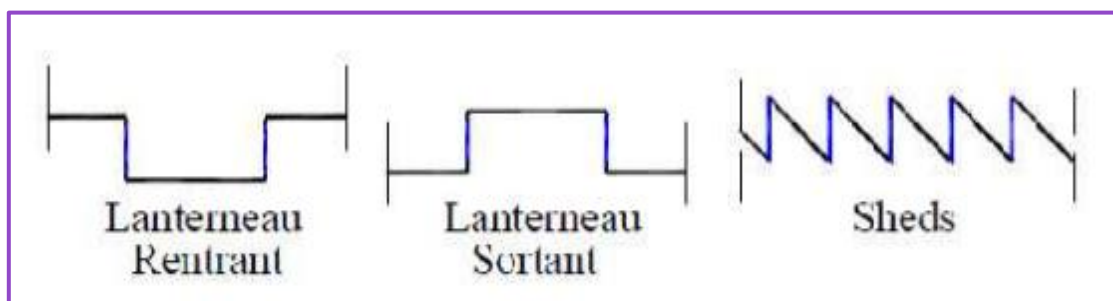


Figure 39 : Différents types des lanterneaux. Source : (: [www.outilssolaires.com]).

## CHAPITRE II : LUMIERE NATURELLE ET CONCEPTION PASSIVE : DEMARCHE ET METHODE D'EVALUATION LUMINEUSE

L'Avantage de ce type de système d'éclairage naturel indirect c'est qu'il supprime l'effet directionnel de la lumière du jour que nous rencontrons avec les sheds, grâce à la pénétration de la lumière selon deux (bi exposition des vitrages) ou plusieurs directions à la fois.

La distribution des facteurs de lumière du jour est symétrique par rapport à l'axe du lanterneau. Le centre du local enregistre les valeurs maximales de FLJ et les deux extrémités sont éclairées à peu près de la même manière car elles reçoivent toutes les deux la lumière direct du ciel à travers les deux vitrages, en plus des réflexions internes des parois opaques.

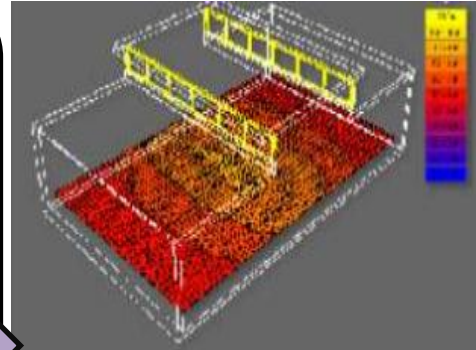


Figure 40 : Performances lumineuses des lanterneaux Source : ([www.squ1.com]).

### II.5.1.1.2.3 Puits de jour

L'utilisation des puits de jour (patio, cour intérieure et atrium) pour éclairer et pour ventiler les pièces sans ouverture directe sur l'extérieur, remonte à très loin dans l'histoire de l'architecture. C'est une conséquence de la densité du bâti dans la plupart des villes anciennes.

Par contre leur inconvénient réside dans le fait que la quantité de lumière naturelle disponible aux niveaux des différents étages organisés autour d'eux, diminue au fur et à mesure qu'on s'éloigne de l'ouverture du ciel.

Pour cela, la partie opaque supérieure de ces systèmes doit avoir un facteur de réflexion élevé pour permettre, en particulier pour les étages inférieurs, une pénétration importante de la lumière

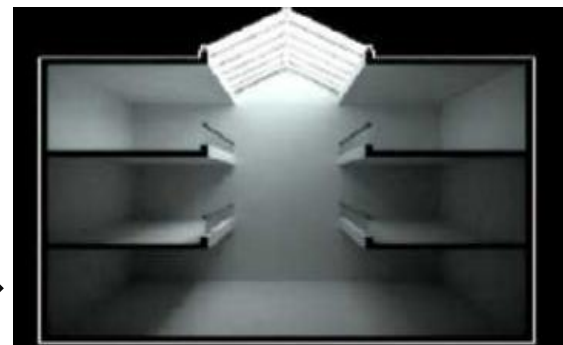


Figure 41 : Performances lumineuses du puits de jour. Source : ([www.squ1.com]).

## CHAPITRE II : LUMIERE NATURELLE ET CONCEPTION PASSIVE : DEMARCHE ET METHODE D'EVALUATION LUMINEUSE

Mais ceci peut conduire à créer des protections contre l'éblouissement dans les parties hautes. De même, l'inclinaison des murs du puits de jour (par exemple de 10°) permet également un accroissement important de la lumière, car la composante directe augmente

### II.5.1.1.2.4 Conduites de lumière ou « Light pipes »

Les conduits de lumière sont le système d'éclairage naturel le plus sophistiqué à cause des longues distances sur lesquelles ils peuvent opérer. En principe, ils collectent, dirigent, et canalisent la lumière solaire vers n'importe quel espace d'un bâtiment. Ce système est constitué de trois composants principaux :

- Collecteur/concentrateur, connu sous le nom de « héliostat ».
- Un système de transport dont les surfaces internes ont une grande réflectivité.
- Un émetteur.

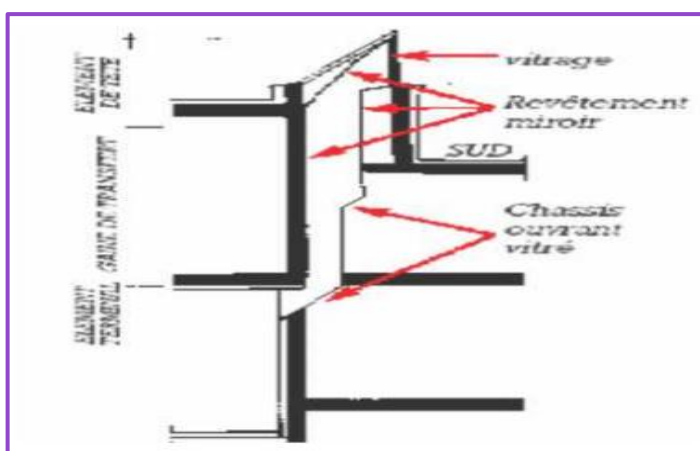


Figure 42 : Composants d'un conduit de lumière. Source : (Agence Méditerranéenne de l'Environnement, 2002.)

### II.5.1.2 Eclairage latéral

L'éclairage latéral caractérisé par l'usage de prises de jour en façade est associé aux locaux de faible hauteur sous plafond : de 2,50 mètres à 3 mètres. Ce système optique est, d'après J.J. DELETRE, l'un des moins performants du point de vue éclairage par la lumière du jour, en particulier dans les cas où il y a un masque extérieur.

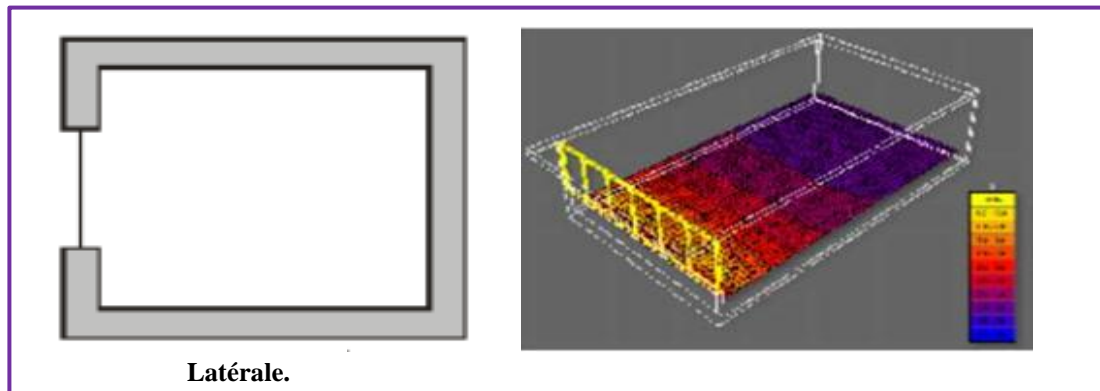
#### II.5.1.2.1 Types d'éclairage latéral

##### II.5.1.2.1.1 Eclairage unilatéral

Il s'agit d'un éclairage fourni par une ou plusieurs ouvertures verticales disposées sur une même façade d'une orientation donnée. Cette disposition permet de réaliser des effets de relief et des harmonies de contrastes. L'inconvénient que présente ce type de système d'éclairage naturel est la possibilité d'ombres gênantes, dues aux allèges par exemple, surtout

## CHAPITRE II : LUMIERE NATURELLE ET CONCEPTION PASSIVE : DEMARCHE ET METHODE D'EVALUATION LUMINEUSE

si les parois du local sont sombres. Mais le défaut majeur est que l'éclairage intérieur résultant est très peu uniforme,

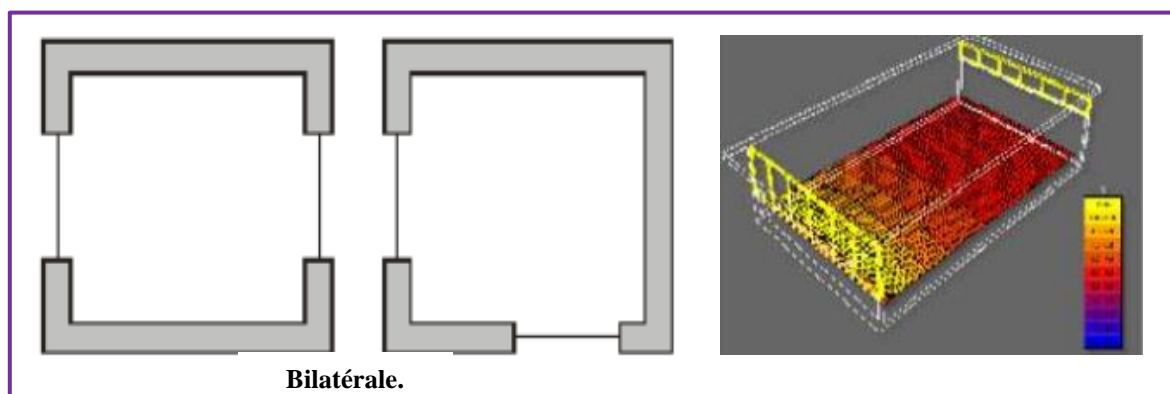


**Figure 43 :** Performances lumineuses d'un dispositif d'éclairage unilatéral. Source : ([www.squ1.com]).

### II.5.1.2.1.2 Eclairage bilatéral

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

En effet, 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. Ce qui permet d'éclairer efficacement un local de dimensions plus importantes que celles permises par un éclairage unilatéral. En plus, il procure un éclairage plus uniforme et réduit les contrastes ainsi que les risques d'éblouissement.



**Figure 44 :** Dispositifs d'éclairage bilatéral et ses performances lumineuses. Source : I. PASINI, 2002.  
Source : [www.squ1.com]).

### II.5.1.2.1.3 Eclairage multilatéral

L'éclairage multilatéral présente de nombreux avantages, notamment :

- la ventilation naturelle transversale des pièces en la doublant ou en la triplant.



## CHAPITRE II : LUMIERE NATURELLE ET CONCEPTION PASSIVE : DEMARCHE ET METHODE D'EVALUATION LUMINEUSE

- Les ouvertures réduisent les ombres denses et augmentent les contrastes à l'intérieur des pièces
- Les ouvertures réduisent le risque d'éblouissement du ciel en augmentant l'éclairement des murs de fenestration.

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

### II.5.1.3 Eclairage composé

L'éclairage composé est le résultat de l'association, pour un même local, de sources lumineuses latérales et zénithales. L'intérêt de ce type d'éclairage concerne précisément la possibilité de combiner les avantages du zénithal avec celles du latéral tout en réduisant leurs respectifs inconvénients. Par cet agencement de sources de types divers, il est ainsi possible d'obtenir une distribution équilibrée de l'éclairement horizontal réduisant ainsi les effets de contre-jour, d'éclairage contrasté et donc d'éblouissement.

## II.6 La stratégie de la lumière naturelle

Dans l'architecture bioclimatique, il y a une stratégie propre à l'éclairage naturel, cette stratégie est 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 dans le bâtiment :

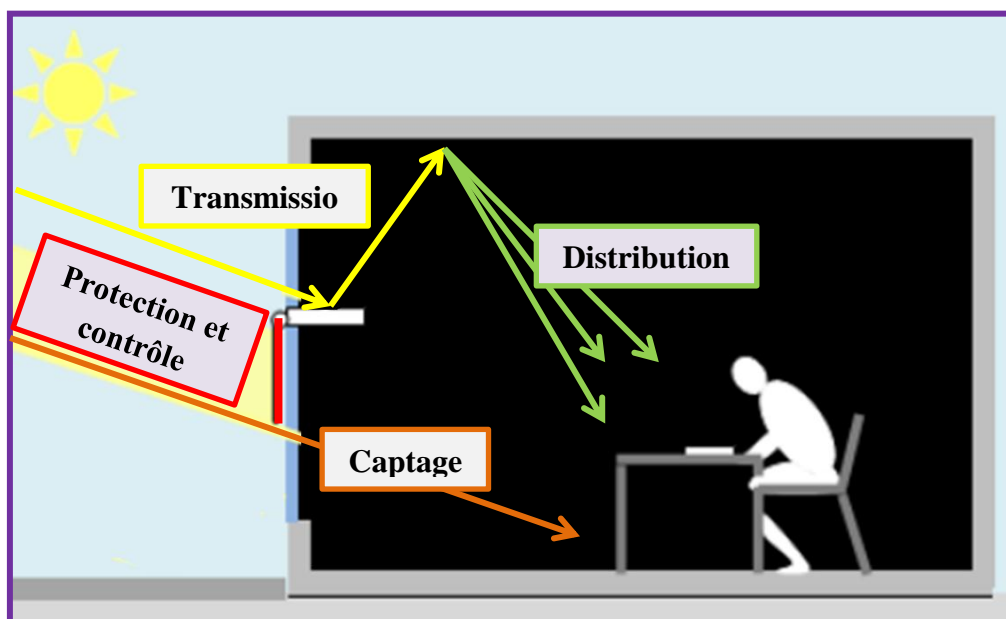


Figure 45 : La stratégie de la lumière naturelle. Source : (www.jan-maisonpassive.com).

Réadapté par auteur.

## CHAPITRE II : LUMIERE NATURELLE ET CONCEPTION PASSIVE : DEMARCHE ET METHODE D'EVALUATION LUMINEUSE

### II.6.1 Captage

« La qualité intérieure d'un espace dépend de la quantité d'espace extérieur qui entre par le truchement de la lumière et de la transparence. » Franck Lloyd Wright

Capter la lumière du jour consiste à la recueillir dans le but d'éclairer naturellement un bâtiment, ce qui nécessite de tenir compte de:

- L'influence du type de ciel
- L'influence du moment de l'année.
- L'influence de l'heure.
- L'influence de l'orientation de l'ouverture.
- L'influence de l'inclinaison de l'ouverture.
- L'influence de l'environnement.
- La nature et type de paroi vitrée



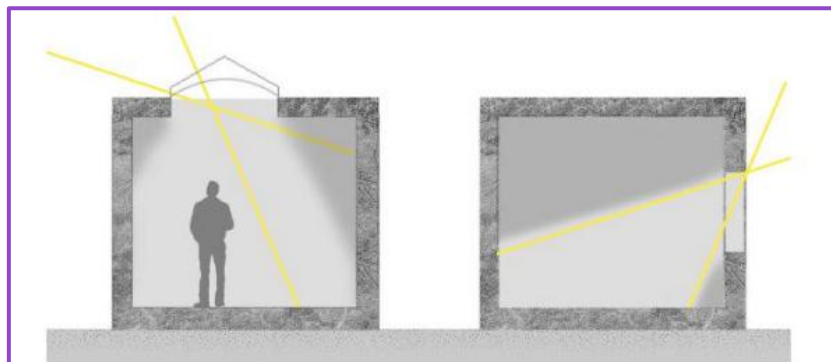
**Figure 46 :** Capter la lumière naturelle  
(Source : confort visuel des lieux de travail).

### II.6.2 Transmission

Transmettre la lumière du jour consiste à favoriser sa pénétration à l'intérieur d'un local. La pénétration de la lumière dans un espace peut être influencée par les caractéristiques de l'ouverture telles que ses dimensions, sa forme sa position et le matériau de transmission utilisé ainsi que par les dimensions du local et son aménagement intérieur.

La pénétration de la lumière dans un bâtiment produit des effets de lumière très différents non seulement suivant :

- **Les conditions extérieures** (type de ciel, saison, heure du jour et dégagement du site)
- **Les Caractéristiques de la fenêtre:** l'emplacement, l'orientation, l'inclinaison, la taille et le type des vitrages. Le matériau de transmission



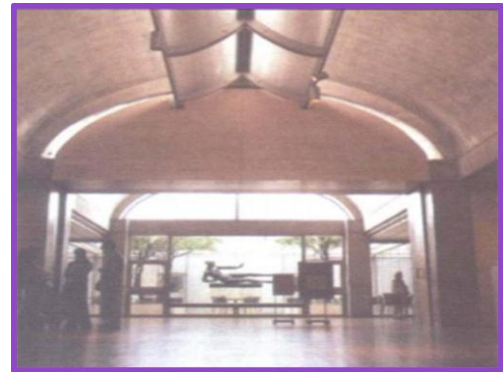
**Figure 47 :** Transmission la lumière naturelle (Source : www.archi-positive.com).

## CHAPITRE II : LUMIERE NATURELLE ET CONCEPTION PASSIVE : DEMARCHE ET METHODE D'EVALUATION LUMINEUSE

### II.6.3 Distribution

La répartition de la lumière représente un facteur clé pour assurer un bon éclairage. Distribuer la lumière naturelle consiste donc à diriger et à transporter les rayons lumineux de manière à créer une bonne répartition de la lumière naturelle dans le bâtiment. Cette répartition peut être favorisée par différentes approches basées sur (Suzel BALEZ 2007) :

- Type de distribution lumineuse (direct, indirect)
- Répartition des ouvertures
- Agencement des parois intérieures
- Matériau des surfaces du local
- Zones de distribution lumineuse
- Serres, atria
- Systèmes de distribution lumineuse



**Figure 48** : Kimbell Art Museum (L. Kahn). Source: (Suzel BALEZ 2007).

### II.6.4 Protection

On se protège de la lumière naturelle pour atteindre le confort visuel par l'utilisation des protections solaires telles que la végétation, les auvents, les écrans mobiles ou les vitrages spéciaux. Une protection sert à arrêter partiellement ou totalement le rayonnement lumineux lorsqu'il présente une source d'inconfort visuel pour les occupants et gêne les utilisations à l'intérieur d'un local.



**Figure 49** : La hauteur de référence des rayons solaires est 30. (Source : stratégie et prédétermination. Suzel BALEZ 2007).

## CHAPITRE II : LUMIERE NATURELLE ET CONCEPTION PASSIVE : DEMARCHE ET METHODE D'EVALUATION LUMINEUSE

### II.6.5 Contrôle

Pour éviter la pénétration excessive de lumière naturelle dans le bâtiment qui peut être une cause de gêne visuelle (éblouissement, fatigue) il faut qu'elle soit contrôlée par la construction d'éléments architecturaux fixes (surplombs, bandeaux lumineux ou *Light Shelves*, débords de toiture, etc.) associés ou non à des écrans mobiles (volets, persiennes ou stores) ou par des méthodes et des systèmes de gestion de l'éclairage qui fonctionnent de manière automatique ce qui permet une gestion intelligente de l'éclairage dans le bâtiment.

On peut diviser les solutions de contrôle de l'éclairage naturel en trois catégories:

- L'utilisation de systèmes d'éclairage naturel.
- Le zonage de l'installation d'éclairage artificiel.
- La régulation du flux des lampes.

### II.7 L'ambiance lumineuse

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'éclairement, 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. (DAICH Safa, Cour 9 : L'ambiance lumineuse -1-).

Une ambiance lumineuse représentée : est le résultat d'une interaction entre un individu, un usage, une lumière naturelle et un espace.

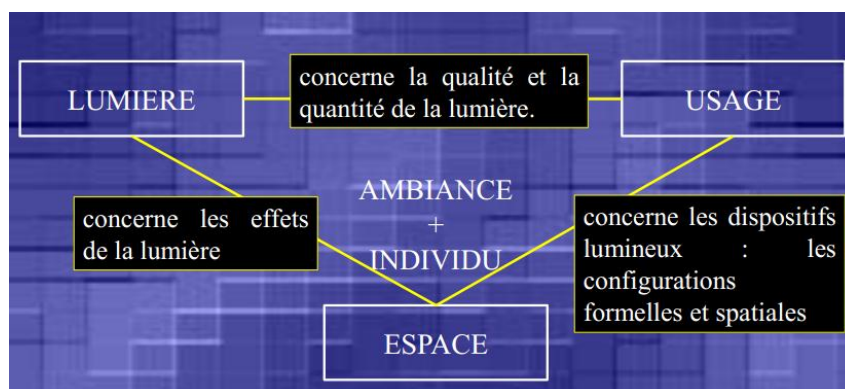


Figure 50 : Les interactions de l'ambiance lumineuse. (Source : DAICH Safa, Cour 9 : L'ambiance lumineuse -1-).

## CHAPITRE II : LUMIERE NATURELLE ET CONCEPTION PASSIVE : DEMARCHE ET METHODE D'EVALUATION LUMINEUSE

### II.7.1 Les catégories des ambiances lumineuses

- **Catégorie 01** : La pénombre qui représente le dialogue entre l'ombre et une lumière "solide" qui la transperce par endroits.



Figure 51 : La pénombre (Source : Source : Anna Barbara).

- **Catégorie 02** : L'ambiance lumineuse ou la clarté ambiante, omniprésence d'une lumière qui tend à disparaître parce qu'elle est partout.
- **Catégorie 03** : L'ambiance inondée qui est l'exaltation de la lumière qui embrase tout l'espace, trop plein d'une lumière envahissante et parfois écrasante, toutefois, chacun de ces types d'ambiances recouvre une grande variété de manière d'admettre la lumière et une multitude de qualités de la lumière



Figure 52 : Ambiance lumineuse. (Source : Source : Sigrid Reiter et al).

### II.8 L'architecture passive

Est une architecture qui cherche à offrir un cadre bâti avec de meilleures ambiances spatiales, tout en respectant les conditions climatiques et environnementales entourantes. L'architecture passive est un bâtiment sensible au climat qui offre des conditions intérieures confortables, sans dépendre du refroidissement mécanique ou de l'éclairage artificiel. Dans les régions tropicales chaudes et humides, le but de l'architecture passive est d'éviter le

## CHAPITRE II : LUMIERE NATURELLE ET CONCEPTION PASSIVE : DEMARCHE ET METHODE D'EVALUATION LUMINEUSE

rayonnement solaire, de favoriser la ventilation du vent dominant et d'assurer la lumière du jour dans le bâtiment. L'impact maximal peut être atteint en élaborant des stratégies sur les éléments du bâtiment tels que l'orientation, la forme, l'ouverture et les dispositifs de protection solaire pour atteindre lesdits objectifs (Olgyay, 1963, Hyde, 2000).

### II.8.1 Le confort visuel dans l'architecture passive :

Pour être indépendant de l'éclairage artificiel, les occupants doivent ressentir le confort visuel. Une bonne quantité de lumière du jour permet aux occupants d'exercer leur activité dans la maison sans recourir à l'éclairage artificiel. Généralement, trop de lumière du jour peut provoquer des reflets et trop peu peut être trop sombre pour une tâche particulière; et les deux cas provoquent une gêne visuelle (Majoros, 1998).

### II.8.2 Les principes de l'architecture passive

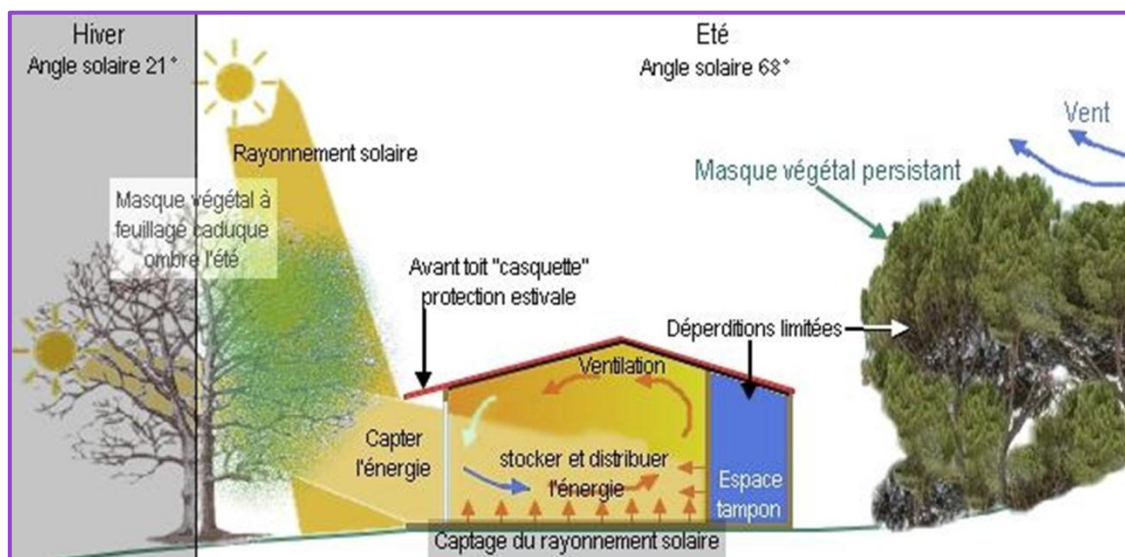


Figure 53 : Principes de base d'une conception bioclimatique. Source : (eRT2012).

#### II.8.2.1 La captation et/ou la protection de la chaleur

L'objectif est de gérer l'énergie fournie par le soleil ou par les activités intérieures au bâtiment. Dans les pays tempérés, les hivers sont froids. Souvent, les chauffages traditionnels sont coûteux, polluant ou nocifs pour l'environnement. L'architecture bioclimatique cherche donc à capter la chaleur naturelle du soleil et privilégier les apports thermiques naturels :

- 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.

## **CHAPITRE II : LUMIERE NATURELLE ET CONCEPTION PASSIVE : DEMARCHE ET METHODE D'EVALUATION LUMINEUSE**

### **II.8.2.2 Minimiser les pertes énergétiques**

Les pertes énergétiques se basent sur :

- Compacité du volume.
- Isolation performante pour conserver la chaleur.
- Réduction des ouvrants et surfaces vitrées sur les façades exposées au froid ou aux intempéries.

Cependant, l'architecture bioclimatique va également proposer des solutions pour éviter que les constructions durant les périodes estivales ou dans les régions chaudes du globe ne se transforment en fours solaire et permettre que celle-ci reste confortable toute l'année. Par exemple en Algérie, l'objectif est de réduire l'apport solaire, d'augmenter la circulation de l'air et de rafraîchir le bâtiment naturellement. Le bâtiment devra donc être orienté suivant un axe perpendiculaire au vent dominant.

### **II.8.2.3 La transformation et la diffusion de la chaleur**

La lumière captée doit être transformée en chaleur, puis diffusée dans tous les endroits du bâtiment. Cette phase doit être faite en tenant compte de l'équilibre thermique, de la qualité lumineuse et de la ventilation et de la conductivité thermique des parois. De bonnes méthodes de ventilation sont utilisées pour assurer la diffusion de la chaleur ou de la fraîcheur.

### **II.8.2.4 Le stockage de la chaleur ou de la fraîcheur selon les besoins**

Lors de la conception d'un bâtiment, il est essentiel de trouver un équilibre pour conserver et optimiser l'énergie qu'on reçoit l'hiver, tandis que pendant l'été, il faut évacuer l'excédent de chaleur.

### **II.8.2.5 Privilégier les apports de lumière naturelle**

L'architecture bioclimatique a pour but de créer une ambiance lumineuse agréable pour permettre le bon déroulement des activités et de valoriser le confort visuel tout en réduisant le recours à l'éclairage artificiel et à la dépense d'énergie en procédant de la sorte :

- Intégration d'éléments transparents bien positionnés.
- Choix des couleurs.

## CHAPITRE II : LUMIERE NATURELLE ET CONCEPTION PASSIVE : DEMARCHE ET METHODE D'EVALUATION LUMINEUSE

### II.9 Méthodes d'évaluation du confort visuel

Le confort visuel doit être évalué afin d'obtenir des résultats qui nous facilitent d'assurer à la fois la visibilité des objets et des obstacles, la bonne exécution des tâches sans fatigue visuelle exagérée et une ambiance lumineuse agréable qui correspond aux exigences de l'espace. Ces méthodes se composent en deux classes :

- ✓ **Méthode *a priori*** : méthode faite avant la construction (phase de conception).
  - Méthode simplifiées (calculs des grandeurs photométriques).
  - Modèles réduits (maquettes avec des expérimentations de Mirror Box et/ou ciel et soleil artificiel à l'aide d'une lampe).
  - Modèles numériques (simulation numériques à l'aide des logiciels : Ecotect, Dialux, Velux, Daysim, Radiance...).
- ✓ **Méthode *a posteriori*** : méthode appliquée sur la construction même.
  - Mesures *in situ* (calculs sur place).
  - Enquêtes sur terrain (des questionnaires pour les avis des utilisateurs).

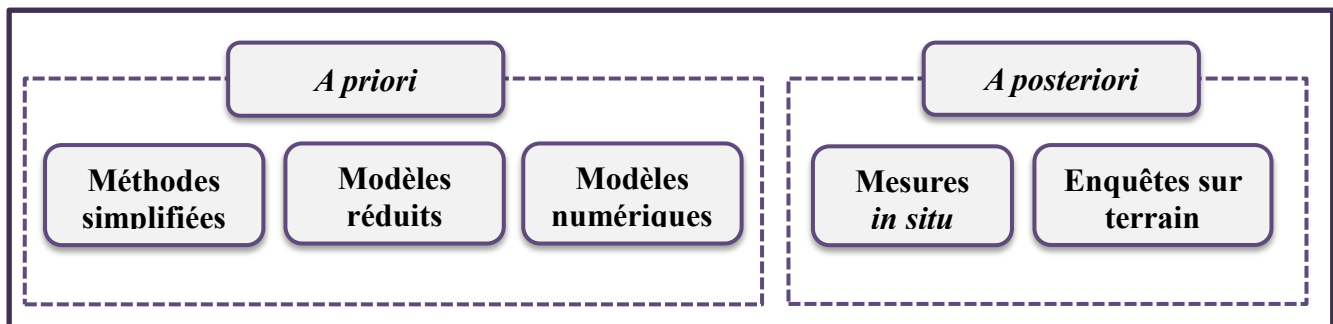


Schéma 04 : Les différentes méthodes d'évaluation du confort visuel. (Source : auteur)

#### II.9.1 La simulation

Dans notre cas d'étude nous optons pour la méthode *a priori* précisément les modèles numériques utilisant la simulation numériques qui est une série de calculs effectués sur un phénomène. Elle aboutit à la description du résultat de ce phénomène, comme s'il s'était réellement déroulé. Cette représentation peut être une série de données, une image ou même un film vidéo. Mais aussi, la simulation aide à comparer les mesures *in situ* et les données du logiciel, et même celui-ci représente un moyen flexible pour toute modification concernant les données du projet ou copier certain projet ou cas. Enfin la définition de la période de simulation est très souple en changeant la journée, le mois, l'année« Donc le logiciel de



## **CHAPITRE II : LUMIERE NATURELLE ET CONCEPTION PASSIVE : DEMARCHE ET METHODE D'EVALUATION LUMINEUSE**

simulation reste un outil efficace pour les études en architecture bioclimatique. (Caroline Lecourtois, 2008).

### **II.9.1.1 Outil d'évaluation (Ecotect)**

ECOTECT est un logiciel de simulation, développé pour la première fois par Andrew Marsh et récemment approprié par la société américaine Autodesk. [Ibarra, 2010]. Il a été conçu avec comme principe que la conception environnementale la plus efficace est à valider pendant les premières étapes conceptuelles du design. [Gallas, 2009]. Il est un logiciel de conception Haute Qualité Environnementale (HQE) destiné aux architectes, qui allie une vaste gamme de simulations et d'analyses pour bien comprendre les performances du bâtiment. C'est un logiciel de simulation simple et complet qui associe un modèleur 3D avec des analyses solaire, thermique, acoustique et de coût. Ecotect permet aux concepteurs de travailler facilement en 3D et d'utiliser tous les outils nécessaires à la gestion efficace de l'énergie. Ecotect offre plusieurs avantages, c'est un outil facile dans sa manipulation et sa compréhension, il permet de guider le processus de conception et aide les concepteurs à prendre les bonnes décisions dès la première phase d'esquisse, en ce qui concerne la localisation de la construction, sa forme globale, son orientation, les matériaux.

#### **a- Préparation :**

- ✓ Télécharger les données climatiques de la région.
- ✓ Donner un nom au dessin.
- ✓ Fixer le type du bâtiment étudié.
- ✓ Fixer l'environnement du bâtiment (urbain, rural, etc.).

#### **b- Dessin :**

- ✓ Fixer le Nord.
- ✓ Fixer la hauteur des espaces.
- ✓ Choisir les matériaux de construction de chaque élément.
- ✓ Définir les différentes propriétés de chaque zone (données générales, propriétés thermiques).
- ✓ Nous pouvons, aussi, désactiver le calcul des données thermiques pour les zones non concernées par l'étude.

#### **c- Analyse :**

- ✓ Définir le paramètre à mesurer (température, gains thermique, etc.).

## **CHAPITRE II : LUMIERE NATURELLE ET CONCEPTION PASSIVE : DEMARCHE ET METHODE D'EVALUATION LUMINEUSE**

- ✓ Définir la période et l'heure d'étude.
- ✓ Lancer l'analyse.

### **II.9.1 Avantages de la 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).

### **Conclusion**

Dans ce chapitre nous avons mis en évidence les systèmes de gestion (réorientation) de la lumière naturelle qui sont considérés comme des solutions pour apporter la lumière naturelle au fond de l'espace architectural et aussi pour éviter les problèmes d'éblouissement et le gêne visuel surtout dans les salles de classes. Pour atteindre cet objectif, les concepteurs et les chercheurs et grâce à leurs études expérimentales, ont fourni ces solutions pour créer un environnement confortable dans les salles de classes et améliorer le confort visuel dans les zones chaudes et arides.

### **Introduction**

Depuis l'antiquité, l'éducation occupe une place primordiale dans le développement des sociétés et des civilisations. Cette réalité est renforcée de nos jours par les avancées du développement technologique de l'information et par celles induites de la mondialisation. Ces dernières années, les questions posées par le développement durable et les économies d'énergie dans les pays occidentaux ont motivé des travaux de recherche pour favoriser l'éclairage naturel dans les établissements scolaire et universitaires, car pour ses locaux, il est un ordre important puisque le travail universitaire consiste à capter, à retenir et à assimiler une multitude d'informations, dont 70% sont visuelles. (Association Française de l'Eclairage, 2002).

### **III.1 Les équipements éducatifs**

Les équipements éducatifs sont des organismes chargés de donner un enseignement collectif général aux enfants d'âge scolaire et préscolaires, écoles primaires, collèges lycées et universités ou écoles supérieures. Un équipement éducatif c'est un espace d'apprentissage et d'expérimentations, de partage et de rencontres. Ceux-ci sont dotés d'espaces qui devraient être aménagés avec des meubles confortables et agréables permettant une variété d'usages. Toute la technologie du bâtiment l'éclairage, la climatisation et la gestion des déchets doit constituer un exemple positif d'un environnement fondé sur le développement durable. (<https://www.larousse.fr>).

### **III.2 Les études supérieures**

Le terme d'études supérieures (parfois appelées études tertiaires) désigne généralement L'instruction dispensée par les universités qui visent à acquérir un niveau "supérieur" de Compétences, généralement via une inscription ou concours d'entrée, un cursus ponctués par des examens. (<https://dl.ummo.dz>).

### **III.3 Types d'établissement d'enseignement supérieur**

#### **III.3.1 L'université**

Une université est un établissement d'enseignement supérieur complexe, formellement autorisé à proposer et à délivrer des diplômes de haut niveau dans au moins trois disciplines ou domaines d'études.

### III.3.2 L'école

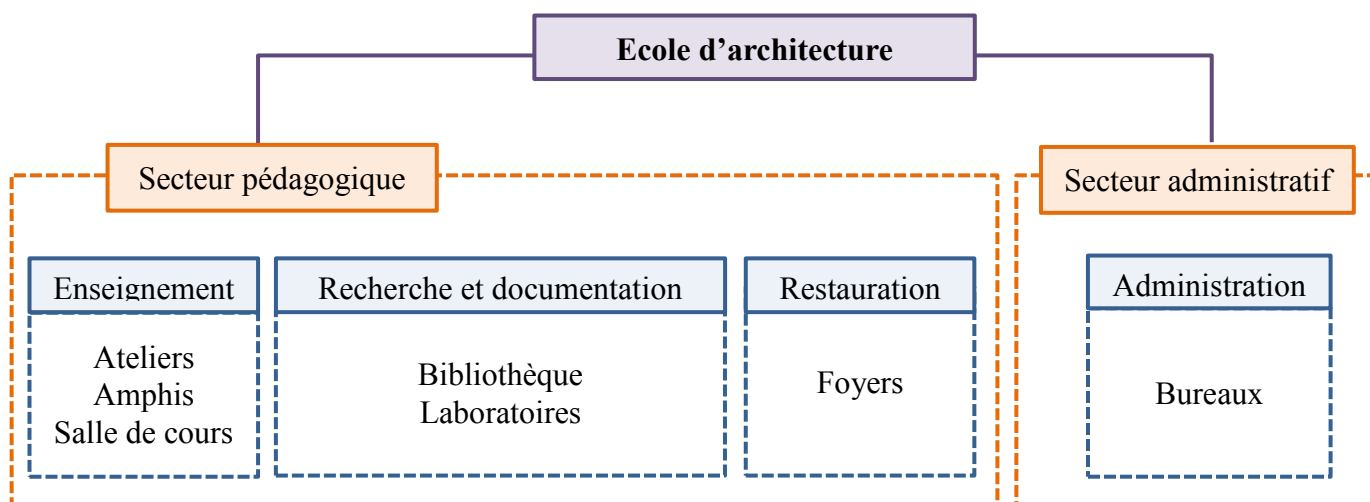
Ecole normale supérieure désigne un établissement d'enseignement supérieur public qui forme les futurs chercheurs et enseignants. Cette expression est née au cours du XIXe siècle avec la création des premières écoles normales supérieures. Il regroupe l'enseignement dispensé dans les classes préparatoires aux grandes écoles les écoles d'ingénieurs, les écoles de commerce, d'architecture... (<http://www.linternaute.fr>).

#### III.3.2.1 Ecole d'architecture

L'École nationale supérieure d'architecture a pour objectif pédagogique de favoriser une pratique intense du projet architectural tout en développant les questions de l'architecture dans les domaines de l'édifice, de la ville et du territoire. Elle est à la fois un lieu de réflexion, de production et de création, offrant une pluralité d'approches disciplinaires ainsi qu'une diversité des échelles de manipulation et de modélisation.

La formation en architecture se caractérise par l'enseignement de la théorie et de la pratique du projet architectural et urbain auquel sont associés quatre champs disciplinaires: l'histoire, les sciences humaines et sociales, les sciences et techniques pour l'architecture, la culture artistique.

Les écoles d'architecture sont constituées de plusieurs espaces et annexes bâtis (le schéma ci-dessous montre les espaces majeurs dans ces écoles).



**Schéma 05** : Schéma des espaces dans une école d'architecture. Source: (Auteur).

**III.3.2.1.1 Aperçue historique**

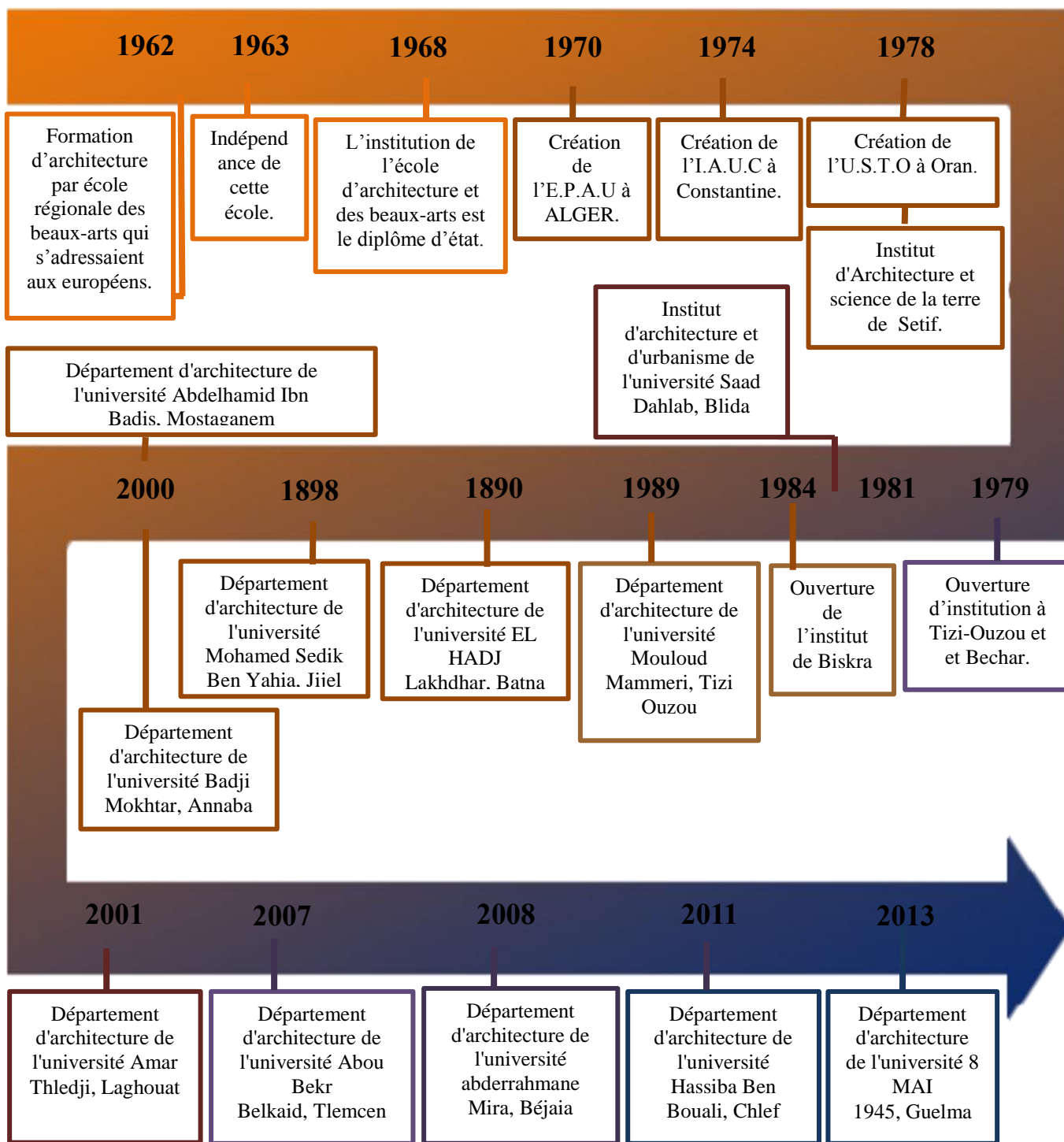


Schéma 06 : Frise chronologique de fondation des écoles d'architecture en Algérie. Source: (Auteur).

### III.3.2.1.2 Règlements et normes relatives à l'éclairage des locaux d'enseignement

La réglementation relative à l'éclairage des locaux d'enseignement diffère d'un pays à un autre. Elle concerne surtout les établissements du premier et second degré, mais il n'existe pas une réglementation spécifique aux établissements universitaires (Benharkat, 2006). Pour le cadre national, la réglementation concernant les lieux d'enseignement demeure rare voire inexistante (Rouag, 2001. cité par Benharkat, 2006). Les niveaux d'éclairages mesurés au plan de travail ou au sol doivent être égaux ou supérieurs aux valeurs suivantes:

Espace	Niveau d'éclairage (Lx)
Voies de circulation intérieure Locaux aveugles	40 Lx
Escalier et entrepôt	60 Lx
Locaux de travail, vestiaires, sanitaires	120 Lx
Travail permanent	200 Lx

**Tableau 03 :** Niveau d'éclairage minimum selon la législation algérienne (Source: code de travail).

- **Comparaison de différentes normes**

Un tableau récapitulatif s'impose pour contraster les différentes normes selon les pays, et selon les critères relatifs aux activités susceptibles de concerner notre recherche.

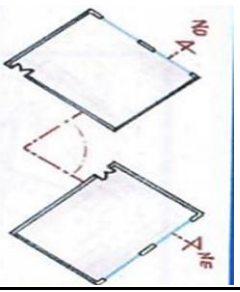

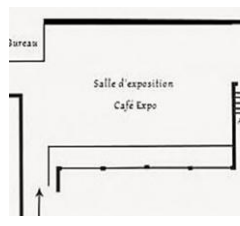
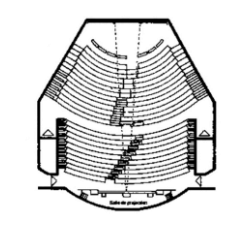
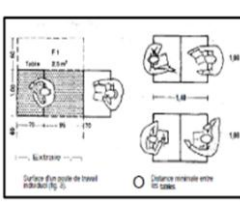
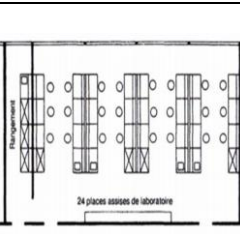
Pays	Niveaux d'éclairage (Lx)
Canada	Bureau (dessin/lecture) 1000 Lx Travail sur écran 500Lx
Etats-Unis	Dessin 500 Lx (300 Lx sur le plan horizontal) Travail de CAO et dessin 300 Lx Travail de CAO 100 Lx
Grande Bretagne	Dessin 500 Lx Bureau 200 Lx
France	Dessin 400 Lx Bureau 300 Lx
Algérie	Bureau 200 Lx

**Tableau 04 :** Comparaison entre les différentes normes relatives à l'éclairage. Source : (<http://www.inrs.fr/>).

## CHAPITRE III : ANALYSES, PROGRAMMATION ET RECOMMANDATIONS

### III.3.2.1.3 Normes relatives aux espaces des écoles d'architecture

Pour mieux comprendre ces derniers espaces nous mettons en quelque sorte le tableau suivant afin de décortiquer chaque espace.

Espaces	Activité	Orientations	Forme	Surface	Eclairage	Schéma
<b>Atelier</b>	Espace de travail en commun ou les étudiants s'entraînent à la pratique de l'architecture	Sud/Est/Ouest pour capter une lumière uniforme	Carrée ou rectangulaire	De 3,5 m <sup>2</sup> à 4,5 m <sup>2</sup> pour chaque étudiant	De 500 [lux] à 850 [lux]	
<b>Salle de classe</b>	Espace d'apprentissage.	Sud/Est/Ouest	Carrée ou rectangulaire	De 2.20 m <sup>2</sup> Pour chaque étudiant	325 [lux]	
<b>Salle d'exposition</b>	Espace d'exposer. Peut-être prend un espace de circulation	Non spécifié	Différente forme	--	425 [lux]	
<b>Amphithéâtre</b>	Espace d'information et d'échange (cours ou conférences)	Non spécifié	Différente Forme	1 m <sup>2</sup> pour chaque Étudiant	600 [lux]	
<b>Bibliothèque</b>	Espace de lecture et de consultation	Sud-est pour capter une lumière uniforme	Différente Forme	1.20 m <sup>2</sup> Pour chaque étudiant	500 [lux]	
<b>Laboratoire</b>	Lieu où se manifestent les différentes expériences scientifiques	--	Carrée ou rectangulaire	--	--	

**Tableau 05** : Les espaces majeurs d'une école d'architecture. Source: (Auteur, d'après NEUFERT).

# CHAPITRE III : ANALYSES, PROGRAMMATION ET RECOMMANDATIONS

## III.4 Analyse des exemples

### III.4.1 Exemple 01 Ecole d'architecture de Kigali

#### III.4.1.1 Présentation fiche technique

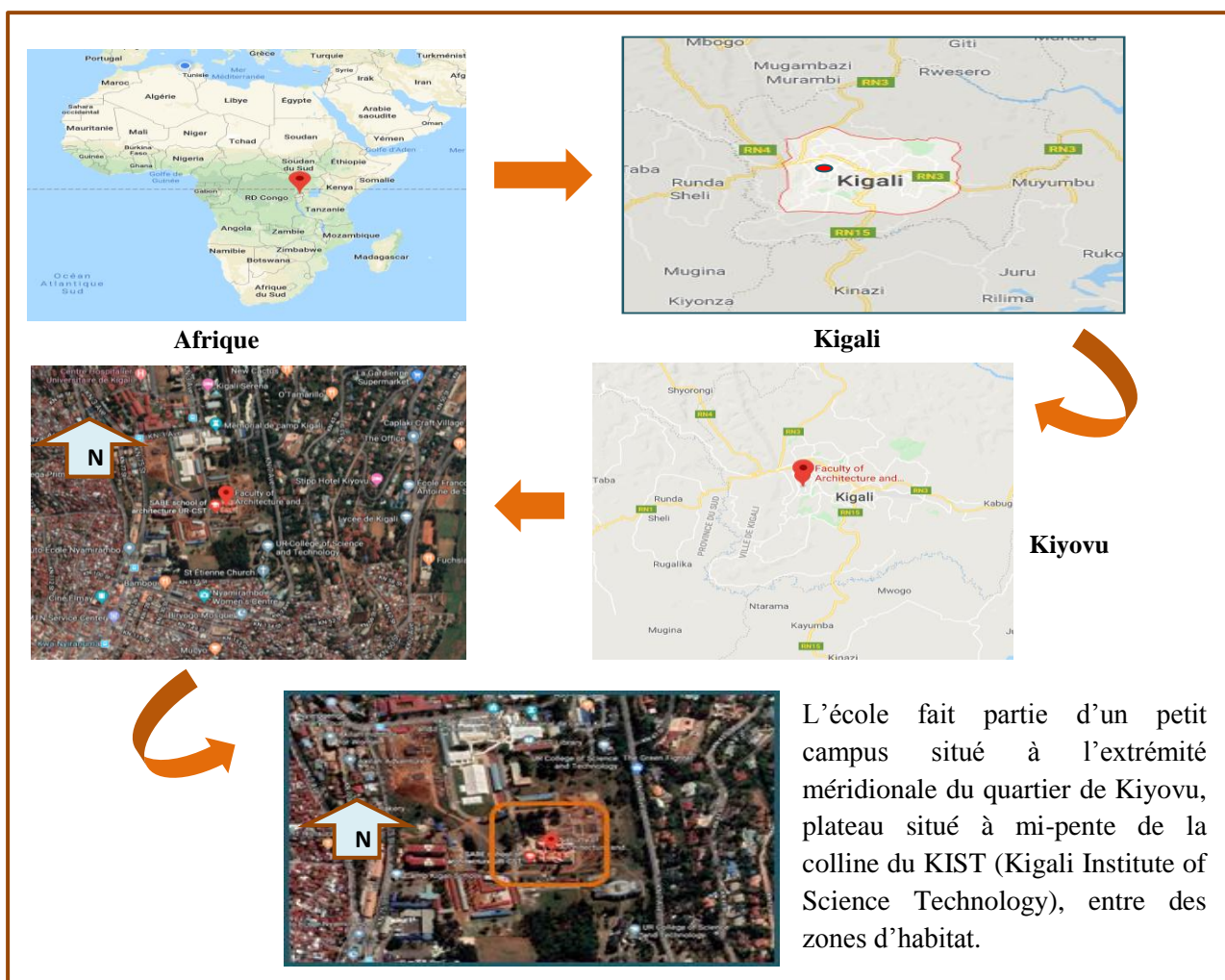
Fiche technique	
<b>Situation</b>	Kigali (Rwanda) sur la colline du KIST
<b>Architecte</b>	Patrick Schweitzer
<b>Area</b>	5 600 m <sup>2</sup>
<b>Année d'ouverture</b>	2017



Tableau 06 : fiche technique de l'école. Source: (Auteur d'après <https://www.archdaily.com>).

Figure 54 : Faculté d'architecture de Kigali, au Rwanda. Source: (<https://www.archdaily.com>).

#### III.4.1.2 Situation



L'école fait partie d'un petit campus situé à l'extrémité méridionale du quartier de Kiyovu, plateau situé à mi-pente de la colline du KIST (Kigali Institute of Science Technology), entre des zones d'habitat.

Figure 55 : Situation de Faculté d'architecture de Kigali. Source: (Google Map). Réadaptée par auteur.



**III.4.1.3 Analyse de site de l'école d'architecture de Kigali**

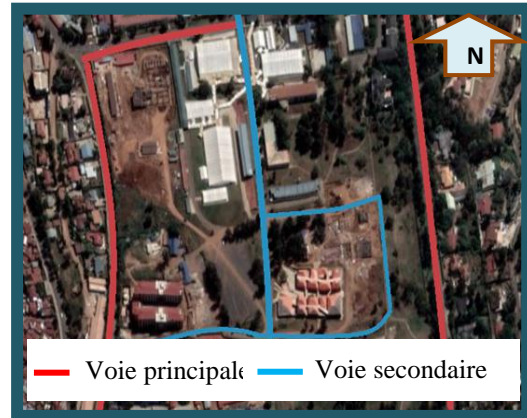
**a- La forme du terrain**



**Figure 56 :** Forme du terrain. Source: (Google Map).

- Le terrain a une forme irrégulière

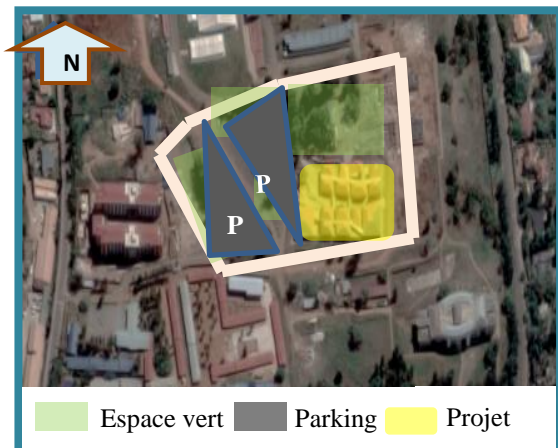
**b- L'accessibilité**



**Figure 57 :** Accessibilité au terrain. Source: (Google Map)

- Le terrain de projet est accessible

**c- La composition**



**Figure 58 :** Composition du terrain. Source: (Google Map). Readaptée par auteur.

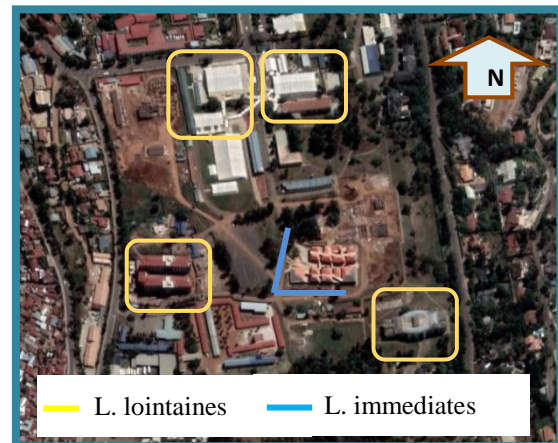
- L'espace bâti : 30%
- L'espace non bâti : 60%

**e- Les accès**



**Figure 60:** Plan de masse de l'école. Source: (dessiné à main par Auteur)

**d- Les limites du terrain**



**Figure 59 :** Limites du terrain. Source: (Google Map)

- Limites immédiates : 02 voies mécaniques secondaires (accessibilité).
- Limites lointaines : Une bibliothèque, salle de conférence, collège de sciences et technologies une école primaire.

Plusieurs accès qui sont considérés comme point faible concernant la sécurité.

- Accès étudiants
- Accès principale
- Accès personnel

## III.4.1.4 La genèse de la forme

La forme de cette école se base sur une forme prismatique inspirée par les paysages Rwandais, l'agence Patrick Schweitzer & Associés a en effet « déstructuré les volumes, telle la tectonique déforme les masses, afin d'obtenir des espaces de tension, des failles, des canyons. Une faille centrale se crée, c'est l'espace de vie extérieur des étudiants s'ouvrant vers l'entrée du KIST, vers la vallée, vers la ville. ».

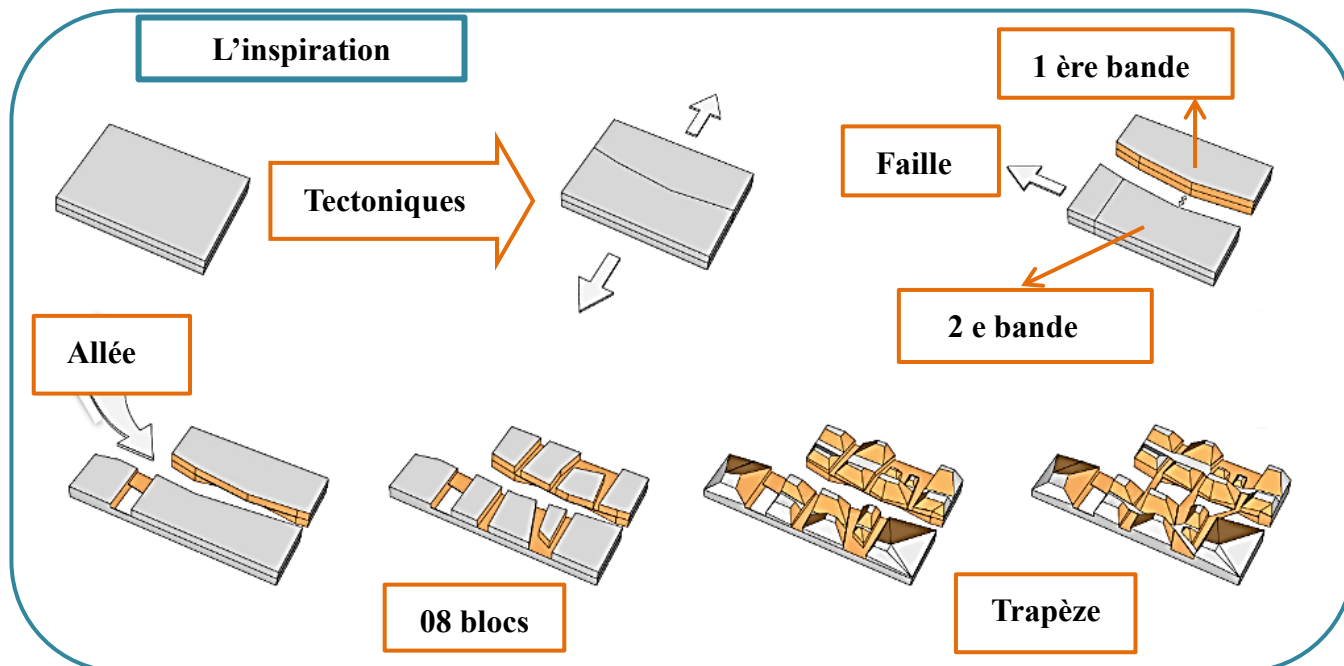


Figure 61 : La genèse de forme : Faculté d'architecture de Kigali. Source: (<https://www.archdaily.com>)  
Réadapté par auteur.

Ce projet est fondé sur quatre (04) éléments :



La terre est représentée par la pierre de lave et la terre crue.

Le feu symbolisé par la couleur orange qui couvre une partie des parois de béton.

L'eau qui irrigue les jardins intérieurs.

L'air est présent à travers le système de circulation qui ventile naturellement.

Figure 62 : Vue aérienne 3d de Faculté d'architecture de Kigali.  
Source: (<https://www.archdaily.com/>).

### III.4.1.5 L'étude de masse

Le bâtiment est, de fait, « *le fruit d'une réflexion où le site induit le projet architectural* » ; dont il est éclaté offrant des perspectives et des volumétries multiples.



Figure 63 : Le volume de l'école d'architecture de Kigali. Source: (dessinée à main levée par auteur).

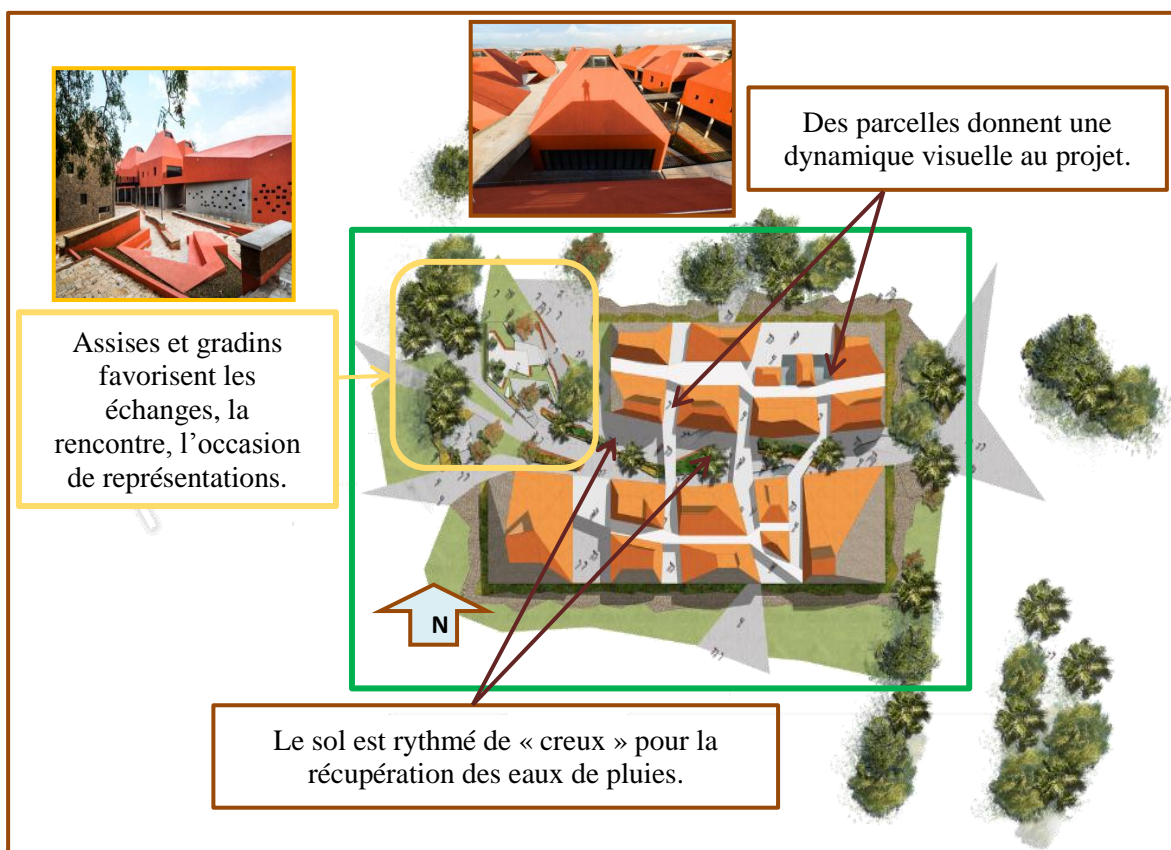


Figure 64 : Le volume de l'école d'architecture de Kigali. Source: (<https://www.archdaily.com>).  
Réadaptée par auteur.

# CHAPITRE III : ANALYSES, PROGRAMMATION ET RECOMMANDATIONS

## III.4.1.6 Les façades



Figure 65 : Les ouvertures de l'école d'architecture de Kigali. Source: (<https://www.archdaily.com>). Réadaptée par auteur.

## III.4.1.7 Organisation spatiale

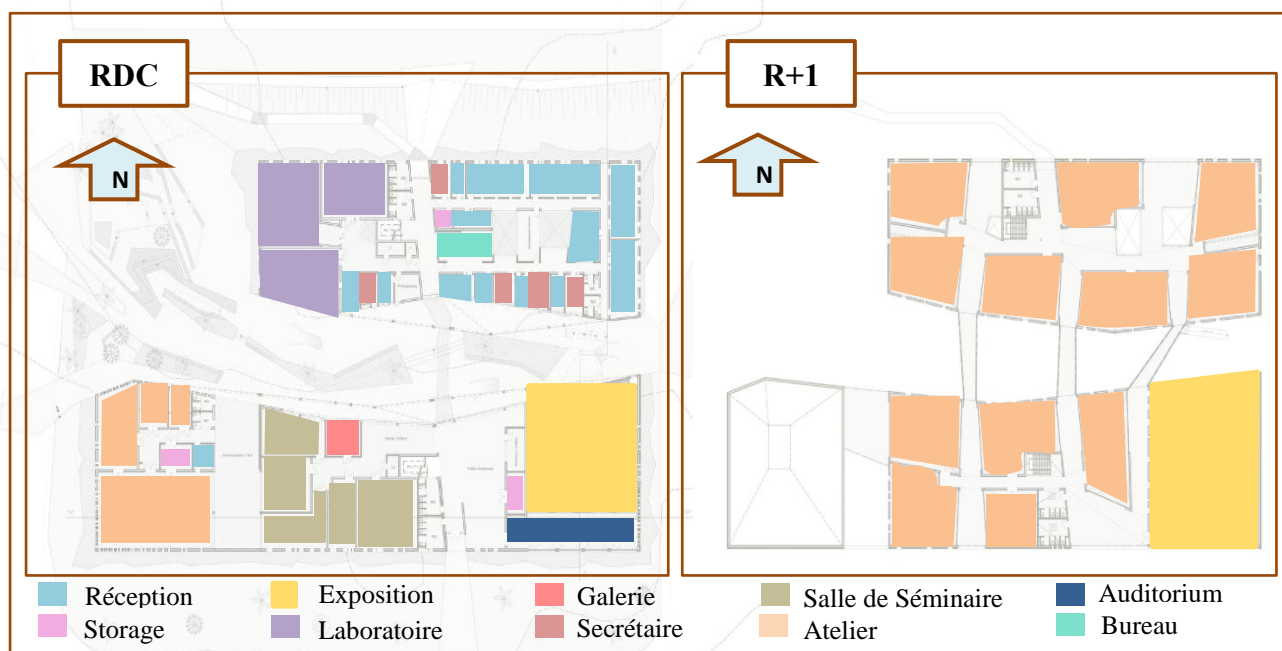


Figure 66 : Plan de niveaux de l'école d'architecture de Kigali. Source: (Auteur d'après : <https://www.archdaily.com>).

## III.4.1.8 Organisation fonctionnelle

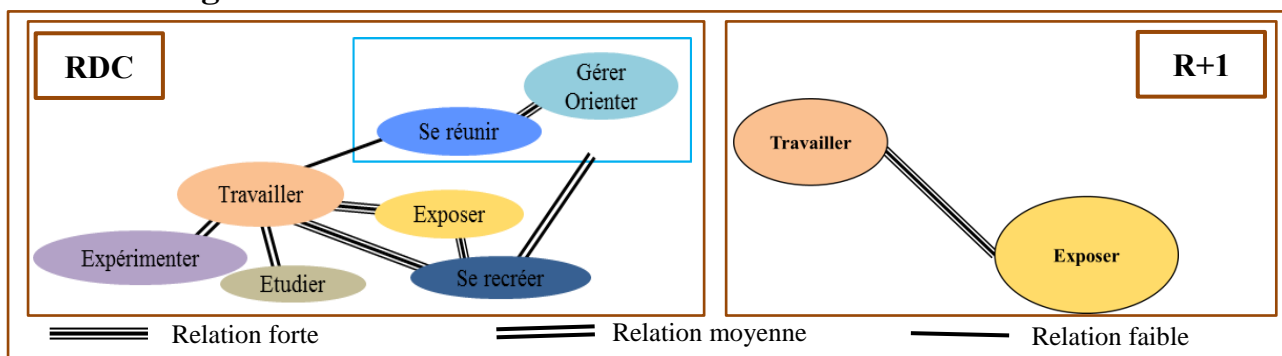


Schéma 07 : Organigrammes fonctionnels de l'école d'architecture de Kigali. Source: (Auteur d'après : [archdaily.com](https://www.archdaily.com)).

## III.4.1.9 Les matériaux de construction

Schweitzer a choisi de s'appuyer sur les ressources locales, en hommes et en matériaux.

A l'extérieur de l'enveloppe

Pierre de lave

Terre crue



Figure 67 : Volumétrie de l'école d'architecture de Kigali. Source: (<https://www.archdaily.com>).

A l'intérieur de l'enveloppe

Béton

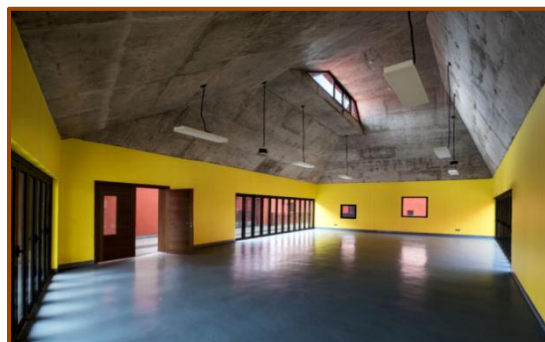


Figure 68 : intérieur de l'école d'architecture de Kigali. Source: (<https://www.archdaily.com>).

Les voiles béton sont isolés, étanchés et enduits par l'extérieur, afin d'éviter l'accumulation et la restitution de chaleur due à l'ensoleillement.

## III.4.1.10 System de ventilation



Figure 69 : Volumétrie de l'école d'architecture de Kigali. Source: (<https://www.archdaily.com>).

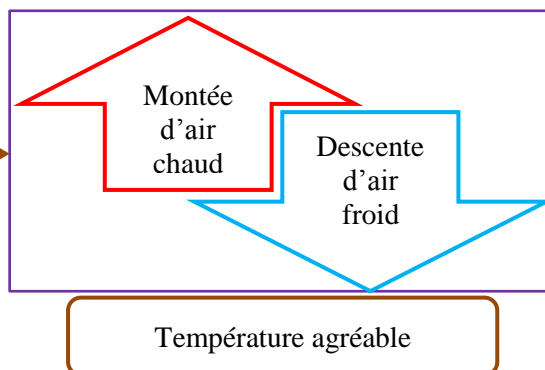


Schéma 08: Volumétrie de l'école d'architecture de Kigali. Source: (Auteur).

## III.4.1.11 L'éclairage



Figure 70 : Volumétrie de l'école d'architecture de Kigali. Source: (<https://www.archdaily.com>).

La partie supérieure des pyramides est coupée, permettant un apport de lumière naturelle et une meilleure circulation de l'air.

# CHAPITRE III : ANALYSES, PROGRAMMATION ET RECOMMANDATIONS

## III.4.1.12 Synthèse

Points forts	Points faibles
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Consommation faible des énergies.</li> <li>➤ Récupération des eaux pluviales (irrigation des jardins intérieurs).</li> <li>➤ Utilisation des matériaux locaux (ressources locales).</li> <li>➤ Respect du patrimoine bâti.</li> <li>➤ Intégration au paysage naturel (qualité visuelle du paysage).</li> <li>➤ Traitement de la qualité d'air (air frais à l'intérieur).</li> <li>➤ Isolation thermique pour au niveau des murs pour minimiser les nuisances sonores.</li> <li>➤ La végétation (ombrage).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Plusieurs accès (non sécurité).</li> <li>➤ Non gestion des déchets.</li> <li>➤ Absence du traitement des eaux grises.</li> </ul>

Tableau 07: Synthèse (l'école d'architecture de Kigali). Source: (Auteur).

## III.4.2 Exemple 02 école supérieur d'architecture de Strasbourg

### III.4.2.1 Représentation (Fiche technique)

Fiche technique	
Situation	04 Boulevard du président Wilson, 67000 Strasbourg, France
Architecte	Marc Mimram
Area	45000,0 sqm
Année d'ouverture	2014



Tableau 08: Fiche technique. Source: (Auteur d'après <http://www.mimram.com>).

Figure 71: Ecole nationale supérieure d'architecture de Strasbourg. Source: (<https://www.amc-archi.com/>).

### III.4.2.2 Situation

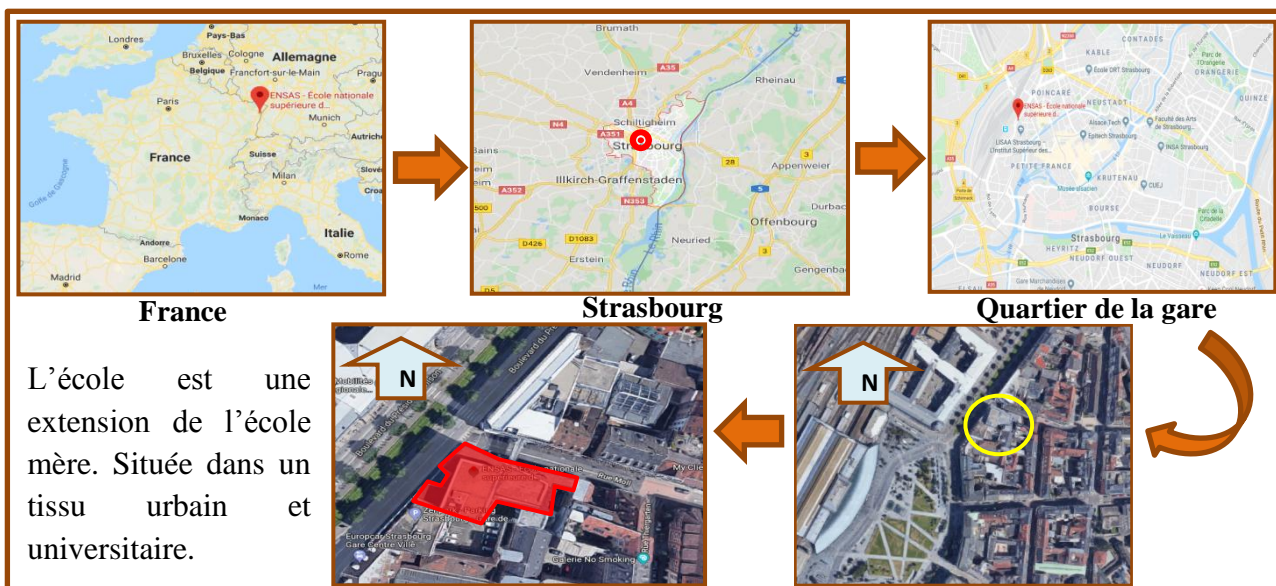


Figure 72: Situation de l'école d'architecture de Strasbourg. Source: (Google Map). Réadaptée par auteur.

## III.4.2.3 Analyse de site de l'ENSAS Strasbourg

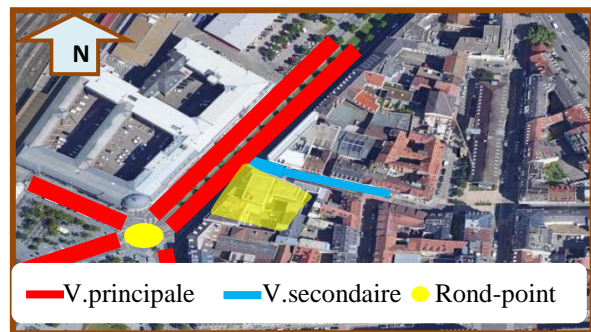
### a-La forme du terrain



**Figure 73:** Forme de terrain de l'ENSAS Strasbourg. Source: (Google Earth).

- Le terrain a une forme irrégulière

### b- l'accessibilité



**Figure 74:** Forme de terrain de l'ENSAS Strasbourg. Source: (Google Earth).

- Une circulation très élevée ce qui facilite l'accès de projet

### c- Les limites immédiates



**Figure 75:** limite immédiates de l'ENSAS Strasbourg. Source: (Google Earth).

- Le projet est limité par: Voie principale « boulevard président Wilson ».
- Voie secondaire « rue Moll ».

### d- les limites lointaines



**Figure 76:** limites lointaines de l'ENSAS Strasbourg. Source: (Google Earth).

- Le projet est limité par: SNCF, galerie, hôtel, librairie, bâtiments.

### e- Composition du terrain



**Figure 77:** composition du terrain de l'ENSAS Strasbourg. Source: (Google Earth).

- L'espace bâti : 90%
- L'espace non bâti : 10%

## III.4.2.4 Genèse de la forme

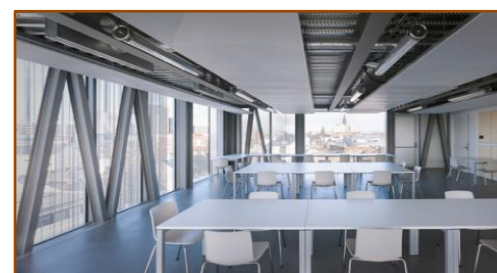
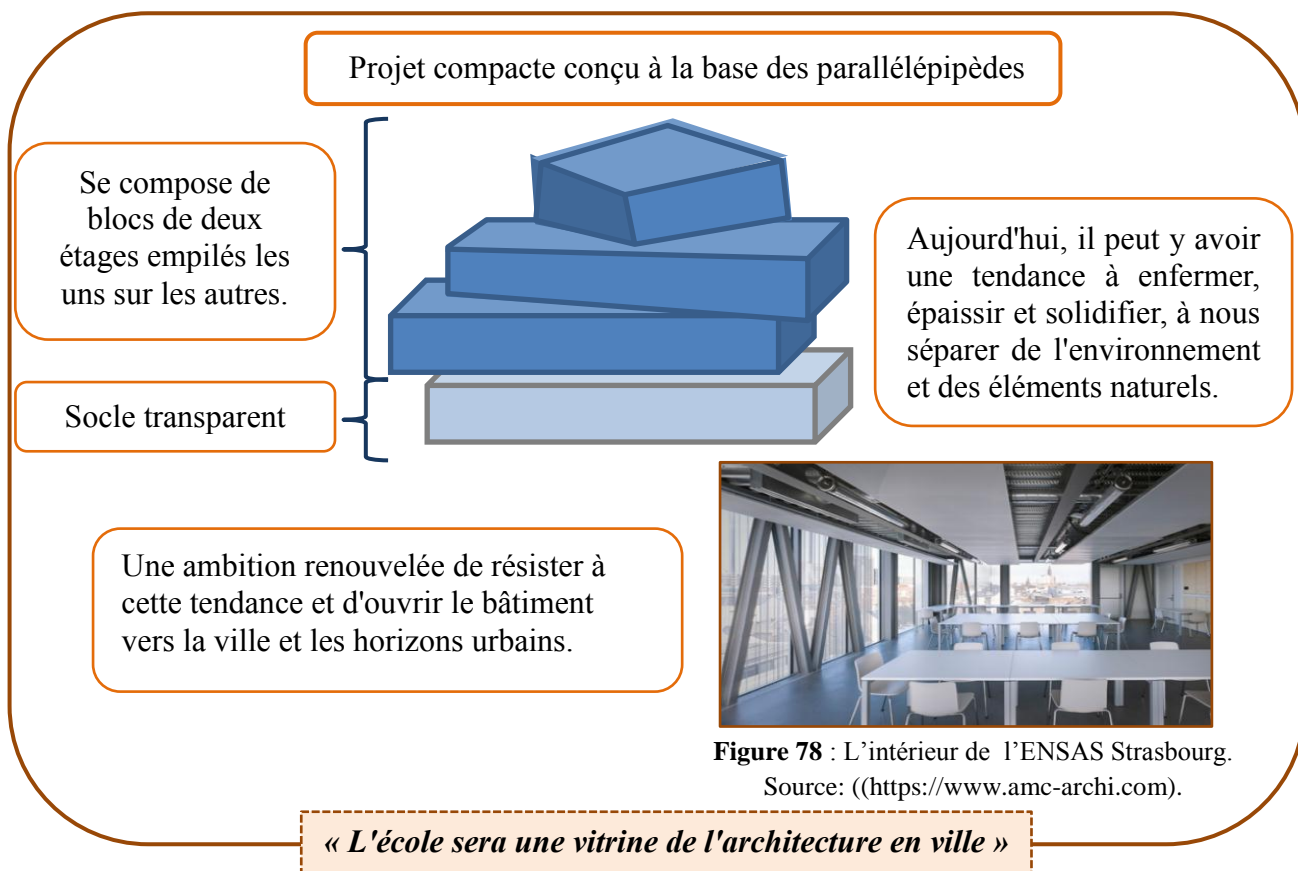


Figure 78 : L'intérieur de l'ENSAS Strasbourg. Source: (<https://www.amc-archi.com>).

Schéma 09: Genèse de la forme d'ENAS Strasbourg. Source: (Auteur d'après <https://www.lesechos.fr>).

## III.4.2.5 Etude de masse

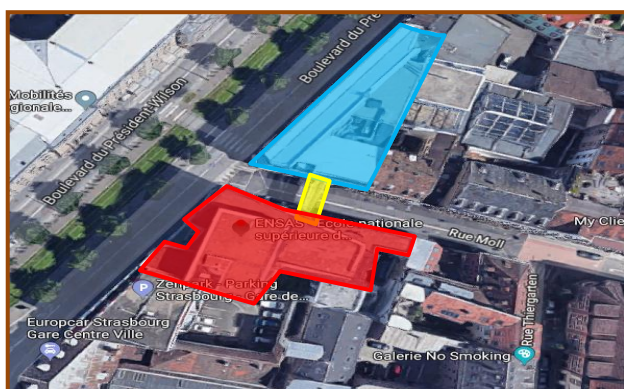


Figure 79: composition du terrain de l'ENSAS Strasbourg. Source: (Google Earth).

■ Ancienne université ■ Ecole d'architecture  
■ Passerelle

Une parcelle relativement restreinte en coin de ruelle, soumise à un strict règlement des alignements, obligeant à densifier le programme et à le relier à l'école existante par une passerelle enjambant la rue Moll.

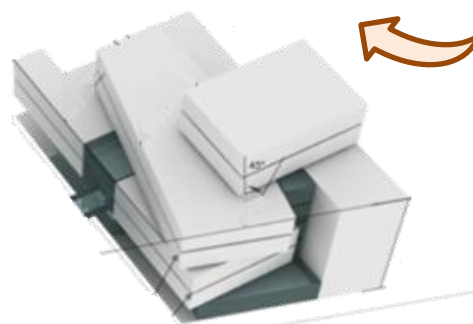
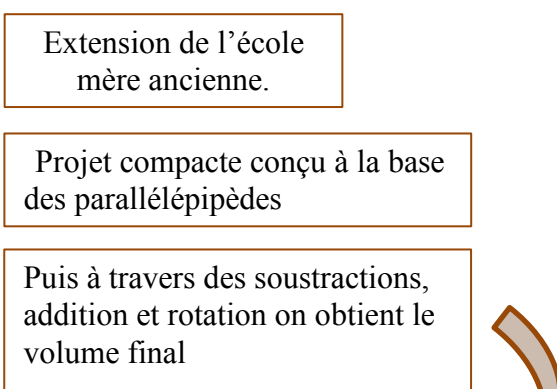


Figure 80: volumétrie l'ENSAS Strasbourg. Source: (<https://www.amc-archi.com>).



## III.4.2.6 Etude de façades



Figure 81: vue perspective de l'ENSAS Strasbourg. Source: (<https://www.amc-archi.com>).

Le socle transparent donne l'impression qu'une force gravitationnelle a tiré le bâtiment vers le haut, le laissant reposer sur des talons aiguilles, permettant à la ville d'en dessous.



Figure 82: Façade de l'ENSAS Strasbourg. Source: (<https://www.amc-archi.com>).

Traitement avec des grandes baises pour la continuité visuelle  
Peau en aluminium semi transparent

## III.4.2.7 Structure



Figure 83: Structure de l'ENSAS Strasbourg. Source: (<https://www.amc-archi.com>).

La structure métallique est stabilisée par deux noyaux de béton longeant les mitoyens et abritant les locaux techniques

## III.4.2.8 Organisation spatiale

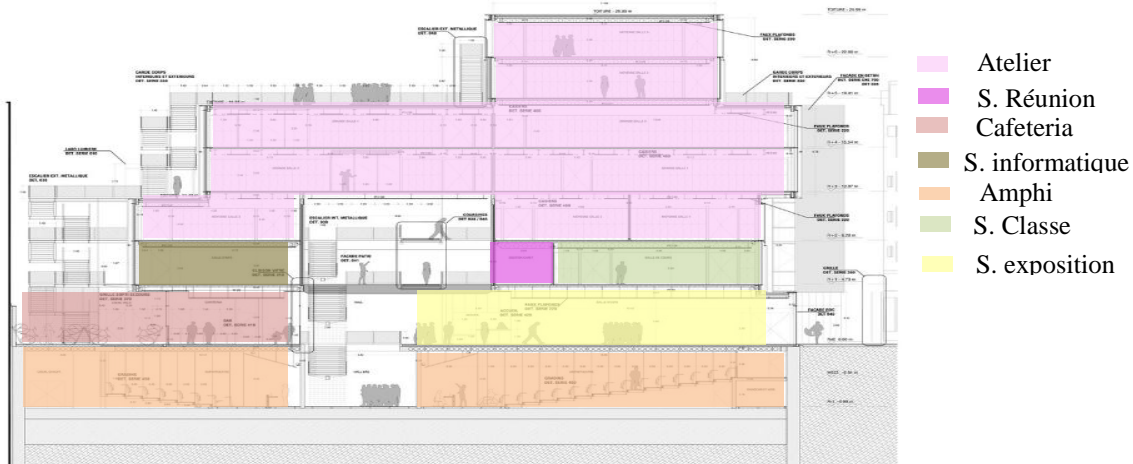


Figure 84: Coupe de l'ENSAS Strasbourg. Source: (<https://www.amc-archi.com>).

## III.4.2.9 Organisation fonctionnelle

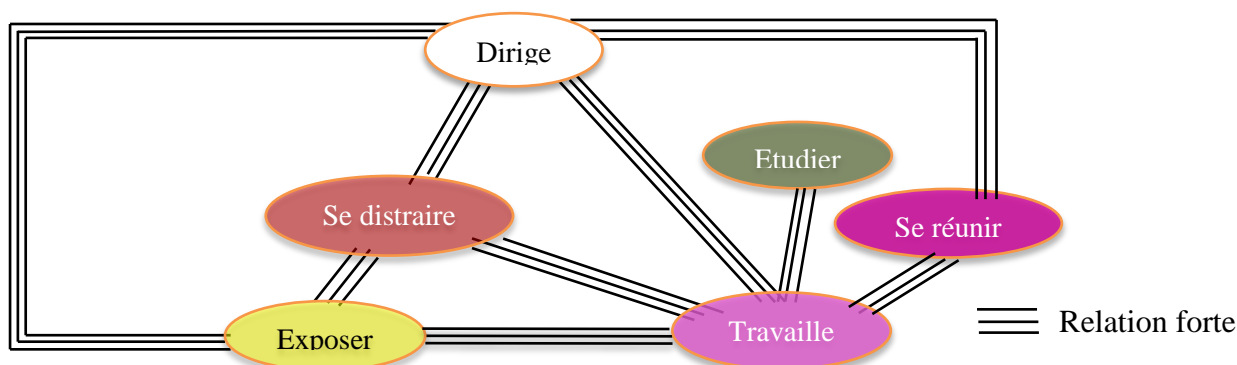


Schéma 10: Organisation fonctionnelle de l'ENSAS Strasbourg. Source: (Auteur).

## III.4.2.10 Synthèse

Points forts	Points faibles
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Relation avec la ville (qualité visuelle du paysage).</li> <li>➤ Isolation thermique au niveau des murs pour minimiser les nuisances sonores.</li> <li>➤ Utilisation des matériaux locaux (ressources locales).</li> <li>➤ Apport maximal de lumière naturelle.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Plusieurs accès (non sécurité).</li> <li>➤ Non gestion des déchets.</li> <li>➤ Absence du traitement des eaux grises.</li> </ul>

Tableau 09: Synthèse (ENSA Strasbourg). Source: (Auteur).

## III.4.3 Cas d'étude : Département d'architecture de Guelma

Nous choisissons cet exemple pour faire une étude sur l'éclairage naturel de point de vue quantitatif à l'intérieur des ateliers, cette démarche consiste de faire des mesures photométriques de l'éclairage lumineux, dans le but de nous importer des données informatives sur le confort visuel dedans.

Fiche technique	
<b>Situation</b>	Cite 1000 lots, n° 505 Guelma, Algérie.
<b>Area</b>	2 468 m <sup>2</sup>
<b>Année d'ouverture</b>	2013

Tableau 10: Fiche technique. Source: (Auteur d'après <http://fstech.univ-guelma.dz>).



Figure 85: Département d'architecture Guelma. Source: (Page Facebook université Guelma).

## III.4.3.1 Situation

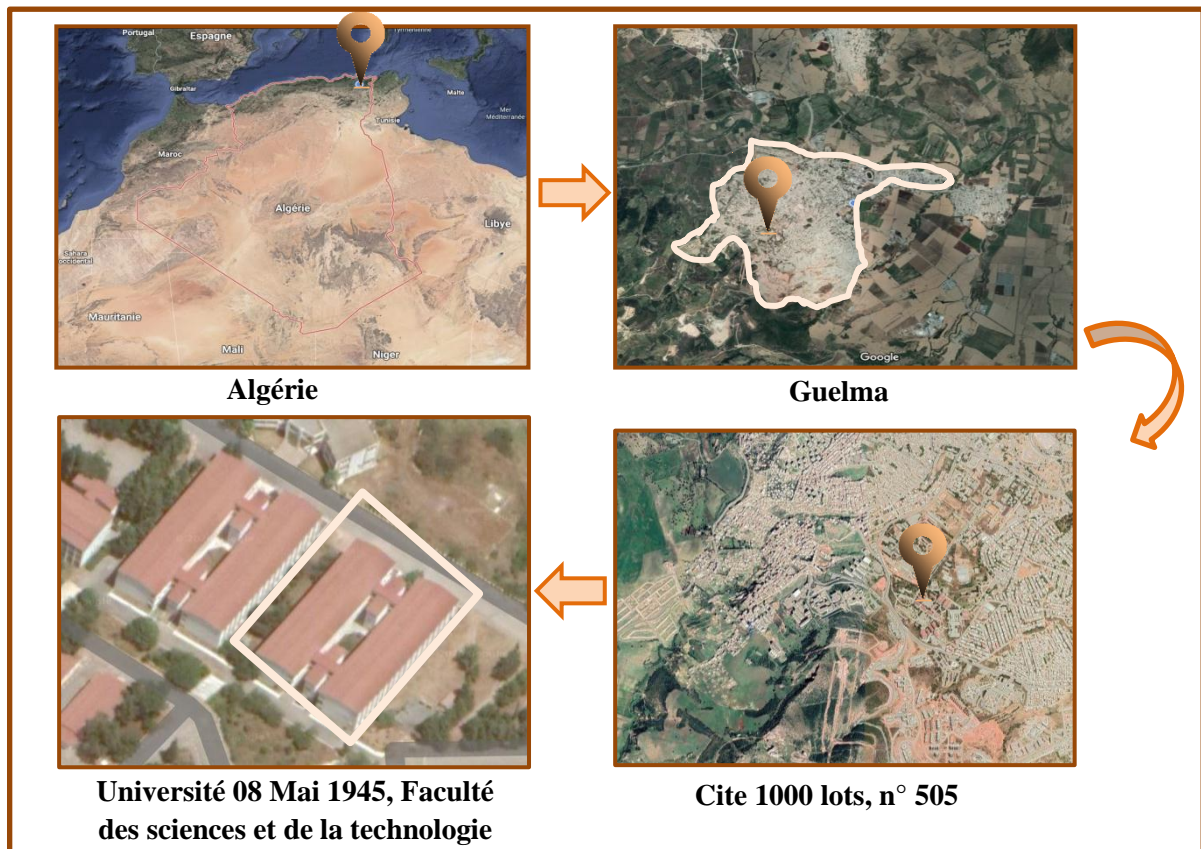


Figure 86: Situation géographique département d'architecture Guelma. Source: (Google Earth). Réadaptée par auteur.

## III.4.3.2 Evaluation lumineuse sur Ecotect

### III.4.3.2.1 Configuration et paramétrage des outils

Cette étape consiste à changer les fichiers climatiques qui comportent des différents paramètres influents sur l'éclairage naturel : latitude, longitude, fuseau horaire... etc.

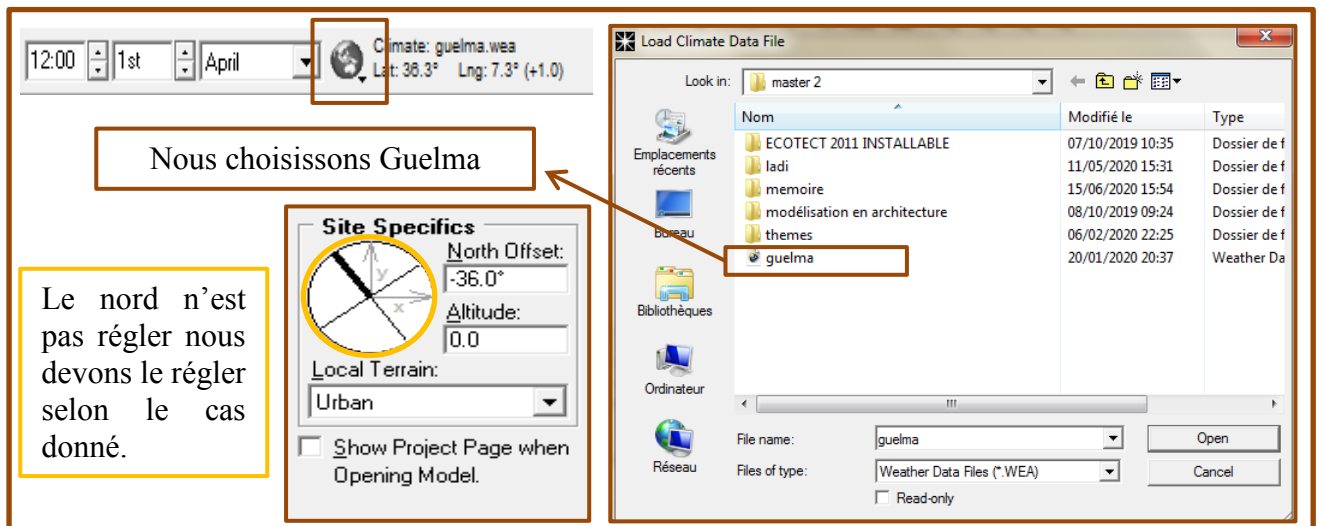


Figure 87: Configuration et paramétrage des données sur Ecotect. Source: (Auteur).

### III.4.3.2.2 Protocole de simulation

Une évaluation idéale tient compte de l'aspect variable de la lumière naturelle, que ce soit sur une journée ou sur l'année. Cependant, simuler toutes les possibilités lumineuses sur une année serait une tâche irréaliste. Une approche plus réaliste est de choisir quelques jours dans l'année pour simuler l'éclairage naturel, ces jours représentent les valeurs extrêmes et moyennes relevées sur une année, et ce, à travers une simulation de quelques heures selon une journée de travail typique pour chaque jour. Cette approche est recommandée dans quelques récents protocoles internationaux sur l'éclairage (Atif, Love & Littlefair, 1997 ; Velds & Christoffersen, 2000. Cité par Dubois MC, 2001).

Les journées simulées sont donc les 21 Juin et 21 Décembre pour les solstices d'Été et d'Hiver, le 21 Septembre pour l'équinoxe d'Automne et le 21 Mars pour l'équinoxe de Printemps ; L'état du ciel sera réglé comme ensoleillé pour l'Été, couvert pour l'Hiver et intermédiaire pour l'Automne. Les heures simulées sur Ecotect seront 09.00 h et 15.00 h, qui correspondent une journée de travail typique en atelier.

### III.4.3.2.3 Modélisation

Nous avons modélisé le département sur Ecotect avec un volume simplifié sans détails sauf le bloc où se trouve l'atelier à étudié.

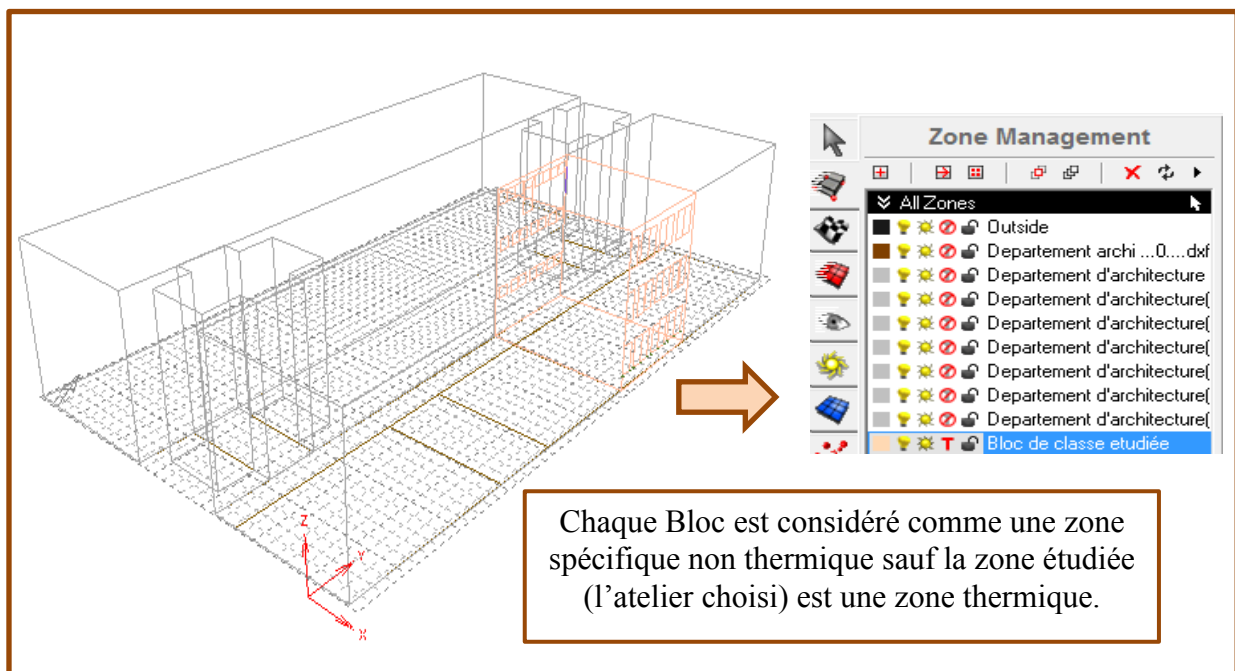


Figure 88: Modélisation du Département d'architecture Guelma sur Ecotect. Source: (Auteur).

### CHAPITRE III : ANALYSES, PROGRAMMATION ET RECOMMANDATIONS

Le volume est orienté dans l'axe Nord-Est/Sud-Ouest, nous nous intéressons par le bloc cerclé qui est représenté avec une couleur plus foncée où se trouve l'atelier choisi pour l'étude (fig.89) ci-contre. Sachant que l'atelier bénéficie d'un éclairage bilatéral naturel à travers la façade Est et la façade Ouest.

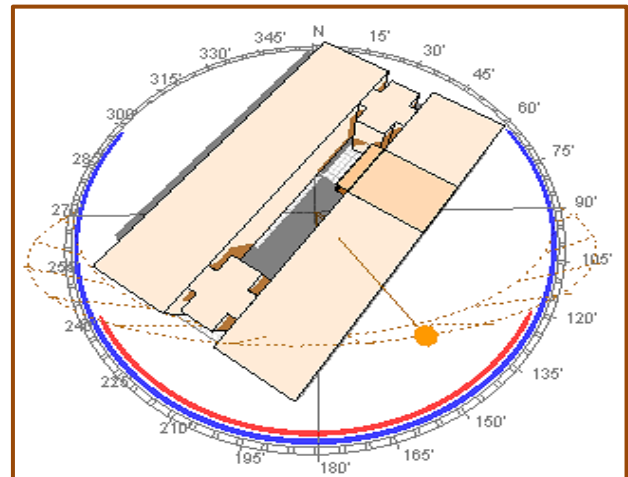


Figure 89: Orientation du Département d'architecture de Guelma sur Ecotect. Source: (Auteur)

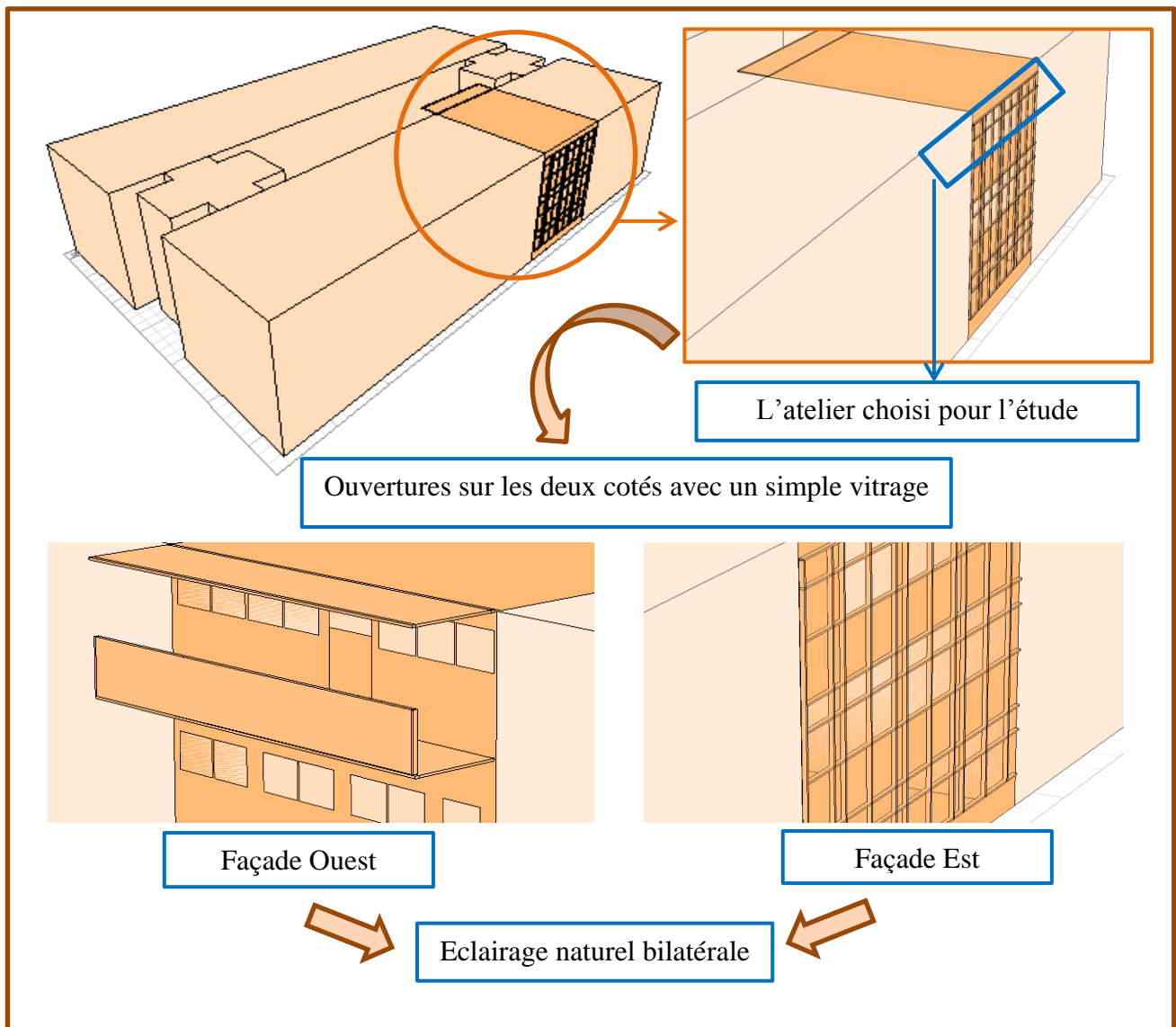
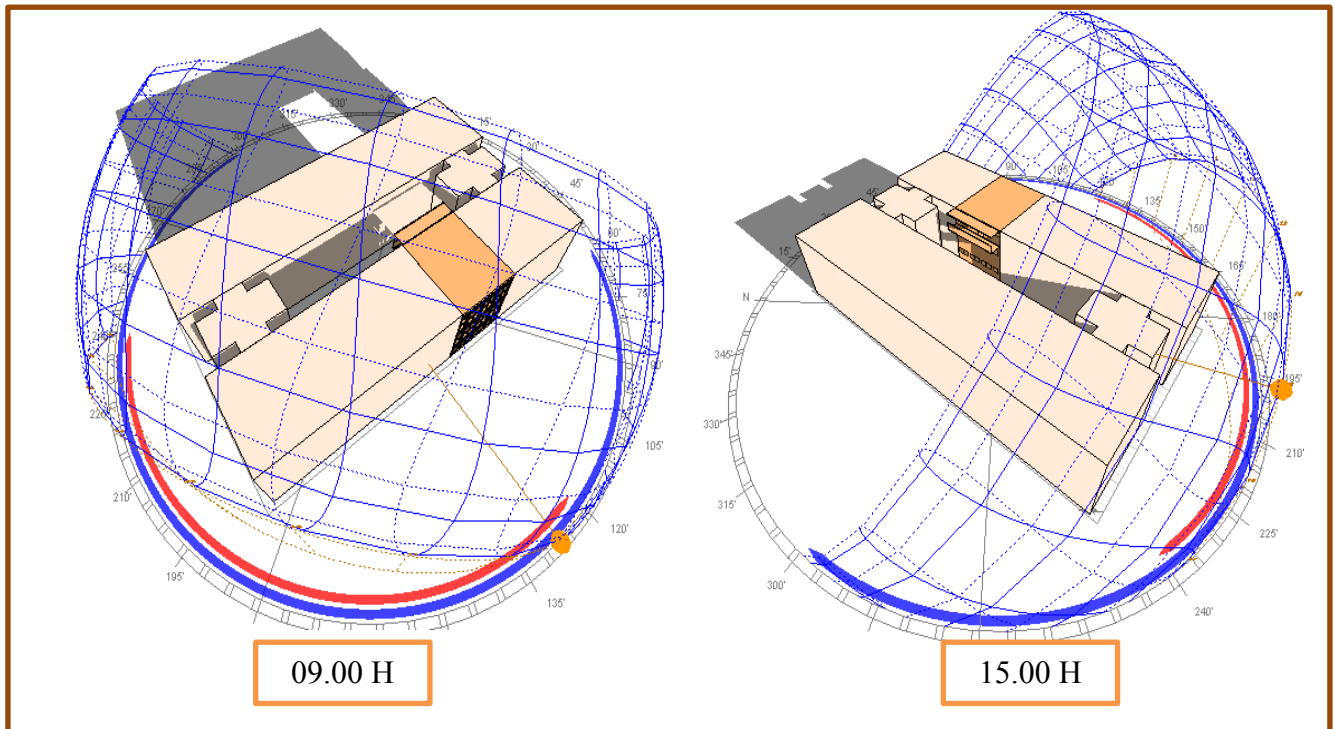


Figure 90: Modélisation de l'atelier choisi sur Ecotect. Source: (Auteur)

## III.4.3.2.4 Simulation de l'atelier choisi

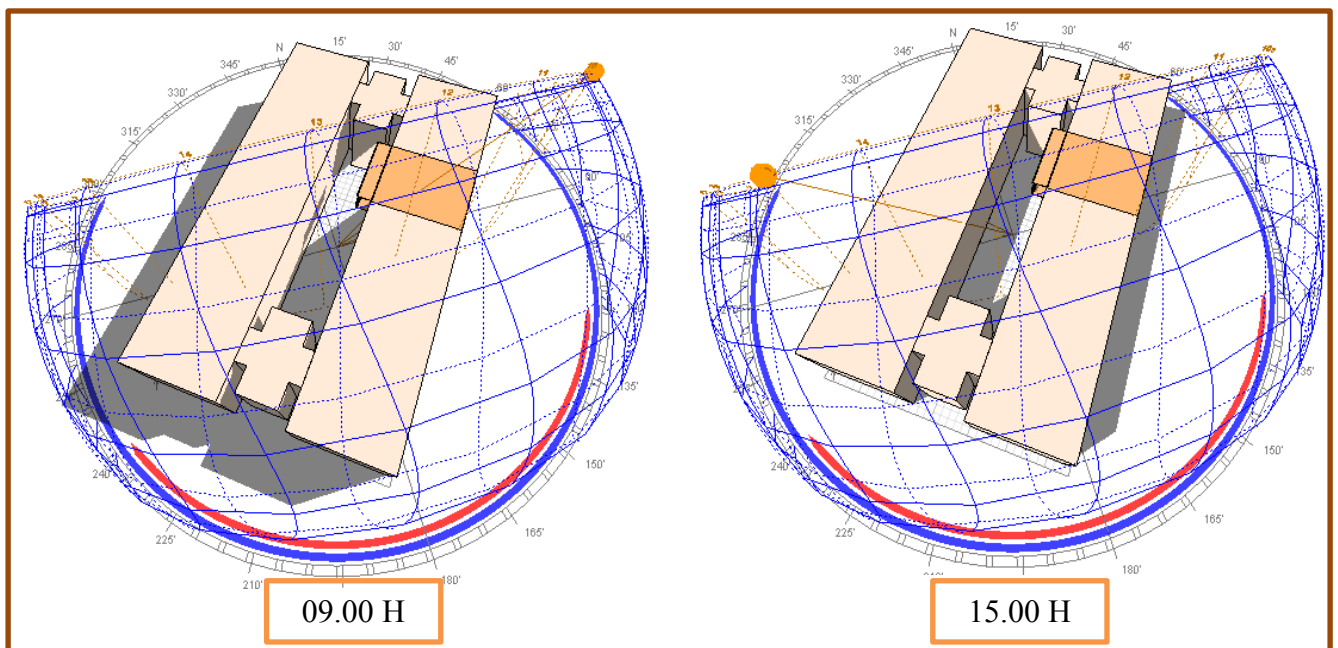
Après avoir modélisé le département sur Ecotect, nous faisons la simulation des ombres et de l'exposition solaire.

**21 Décembre**



**Figure 91:** Simulation des ombres et de l'exposition solaire de l'atelier en 21 Décembre sur Ecotect. Source: (Auteur)

**21 Juin**



**Figure 92:** Simulation des ombres et de l'exposition solaire de l'atelier en 21 Juin sur Ecotect. Source: (Auteur)

## CHAPITRE III : ANALYSES, PROGRAMMATION ET RECOMMANDATIONS

21 Septembre

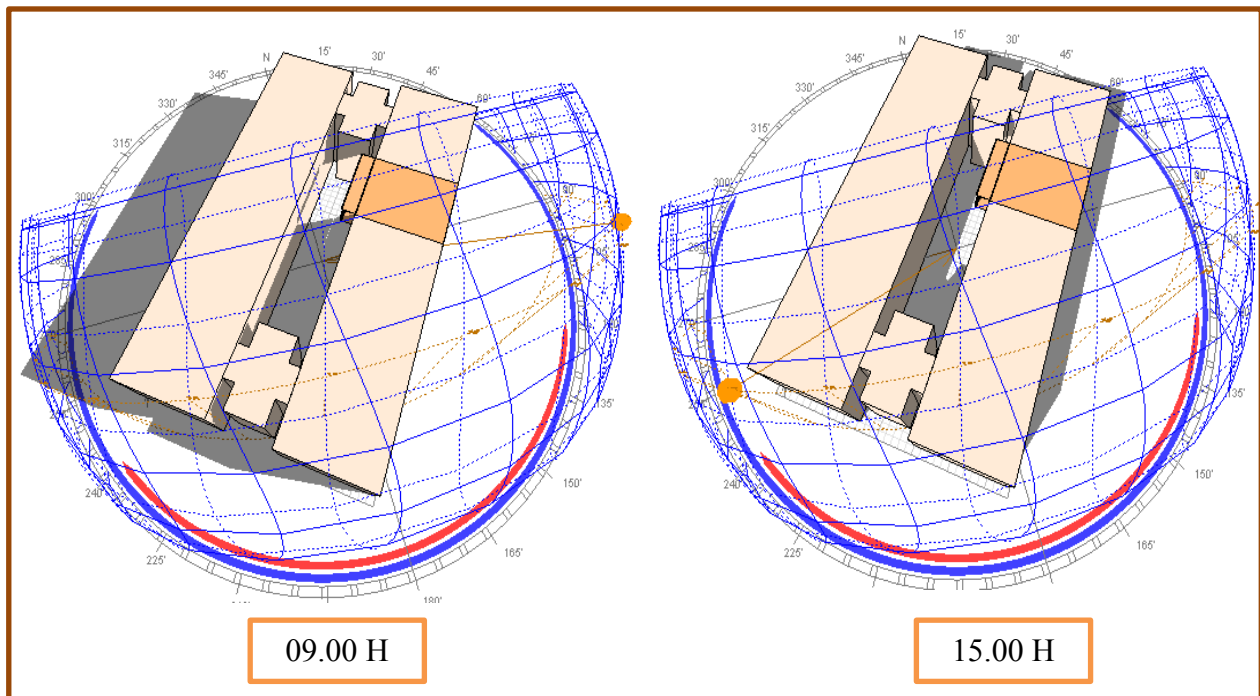


Figure 93: Simulation des ombres et de l'exposition solaire de l'atelier en 21 Septembre sur Ecotect. Source: (Auteur)

21 Mars

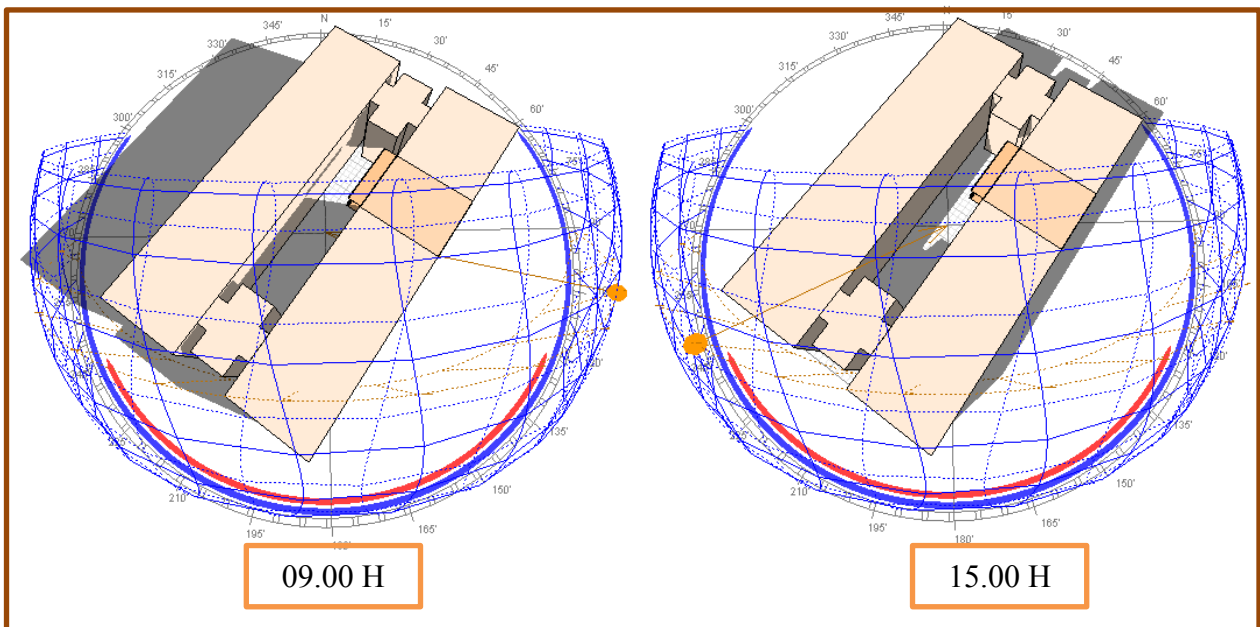


Figure 94: Simulation des ombres et de l'exposition solaire de l'atelier en 21 Mars sur Ecotect. Source: (Auteur)

- Nous constatons que l'atelier durant ces jours d'étude, est exposé aux rayons solaires dont il profite de la lumière naturelle avant-midi de la façade Est, et l'après-midi de la façade Ouest.

## CHAPITRE III : ANALYSES, PROGRAMMATION ET RECOMMANDATIONS

Pour faire une analyse d'éclairage de la pièce étudiée; nous doit mettre la grille d'analyse « *Analysis Grid* » ; Mais la grille apparait au milieu du plan alors qu'on veut la mettre juste à l'atelier (pièce étudiée).

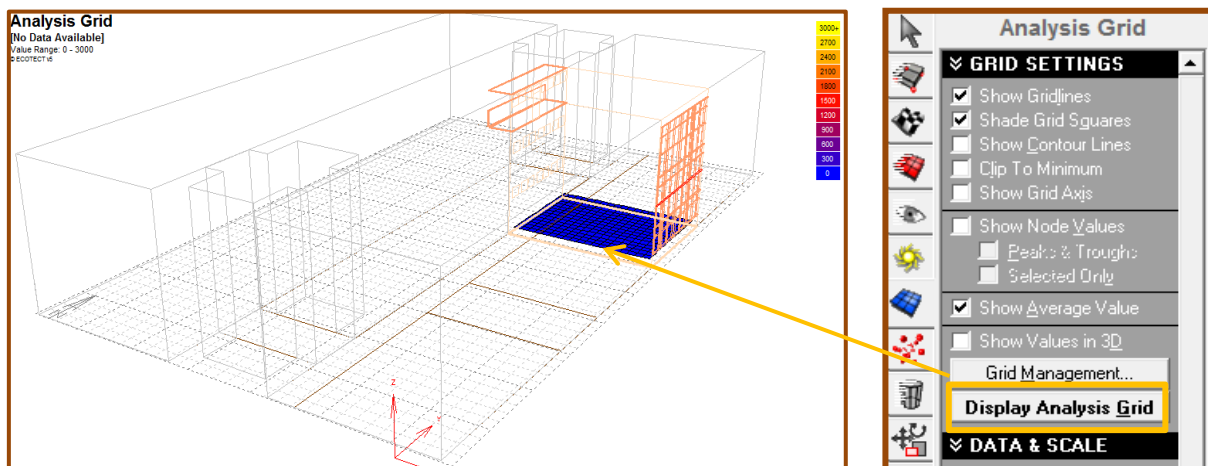


Figure 95: Application de la grille d'analyse de l'atelier choisi sur Ecotect. Source: (Auteur)

Puis, nous ajustons la grille à la bonne position dans l'atelier (figure ci-dessous).

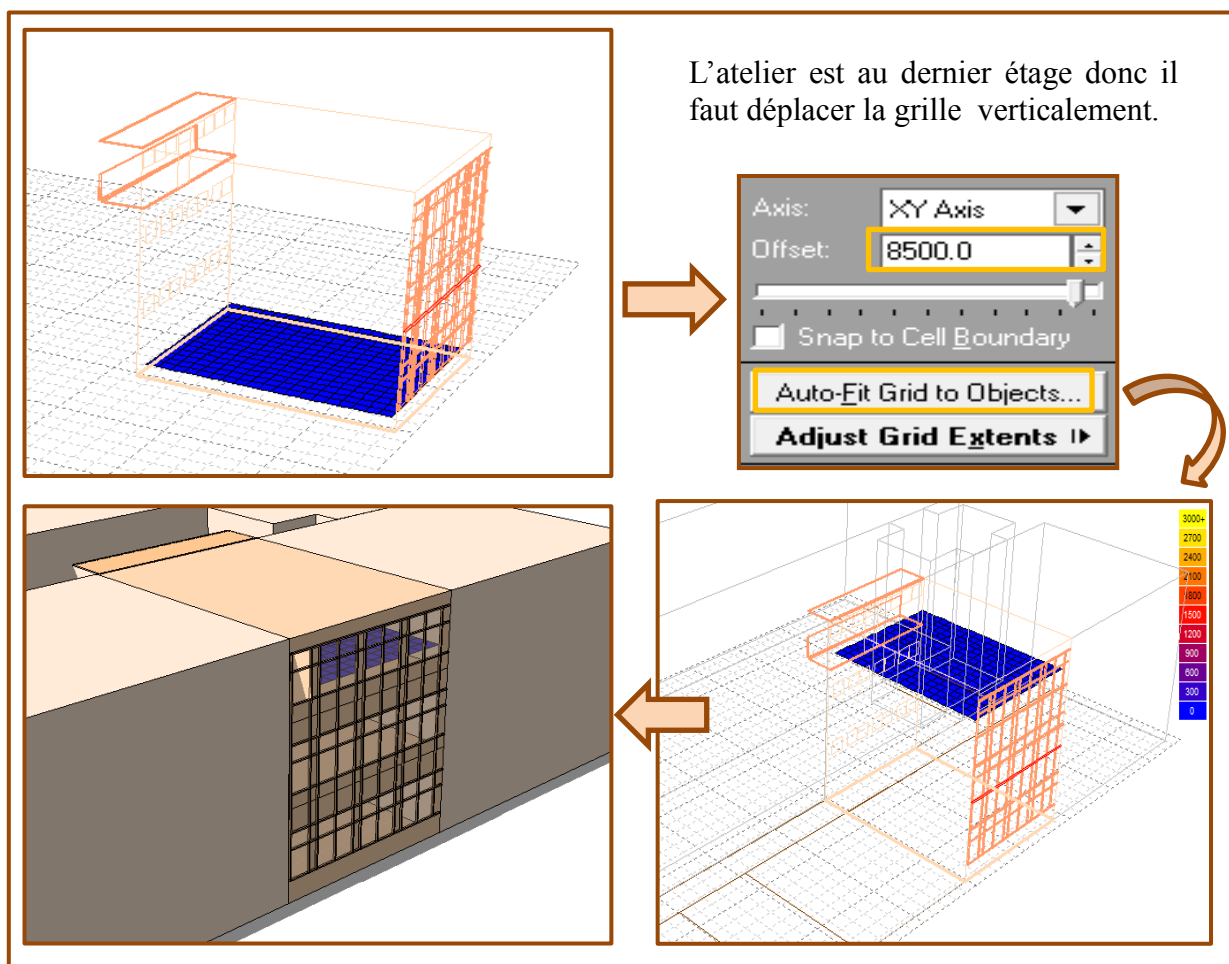


Figure 96: Ajustement de la grille d'analyse à l'intérieur de l'atelier sur Ecotect. Source: (Auteur).



### III.4.3.2.5 Calculs de l'éclairage naturel

Nous lançons le calcul de la lumière naturelle qui pénètre à la pièce, dont nous avons obtenu les résultats d'éclairage suivants :

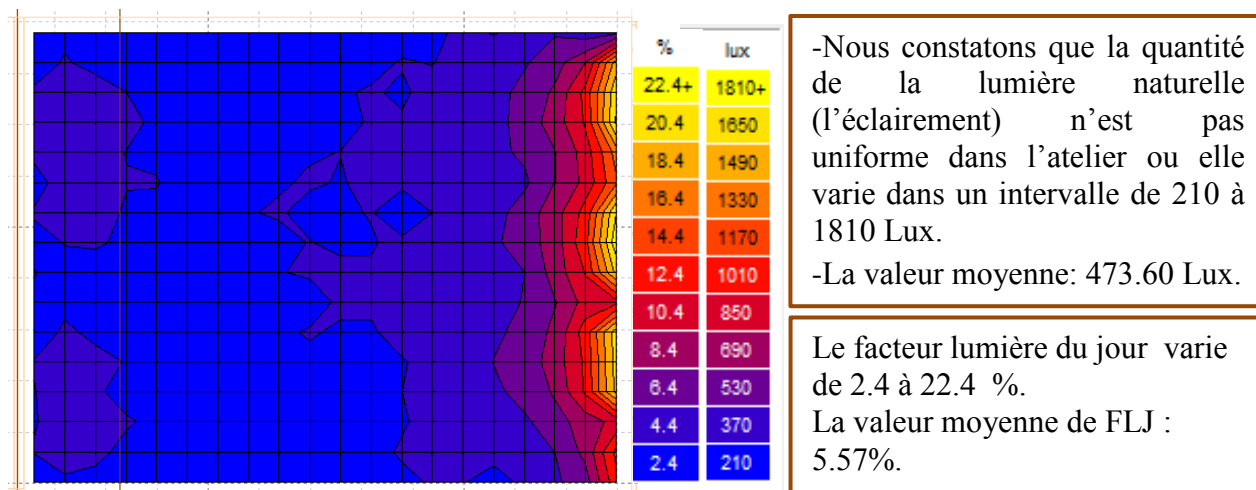


Figure 97: Résultat de l'éclairage à l'intérieur de l'atelier sur Ecotect. Source: (Auteur).

#### ➤ Interprétations

- Le résultat de la simulation effectuée sur l'atelier ci-dessus (fig.97) montre qu'il y'a un éclairage non uniforme, un éblouissement dans la partie exposée au rayonnement latérale de la façade Est; ainsi la partie gauche de l'atelier est plus sombre que la partie droite.
- En comparant la valeur moyenne d'éclairage dans cet atelier qui est 473.60 Lux, avec celles les normes mentionnées précédentes, la valeur optimale doit être comprise entre 500 et 850 Lux. Donc nous en déduisons que le confort visuel optimal dans cet atelier n'est pas assuré.
- Le problème posé c'est la répartition non-uniforme causée par les ouvertures dont les fenêtres de la façade Ouest sont de petites tailles placées en haut (châssis-haut) ; or les fenêtres de la façade Ouest nécessitent une protection solaire pour réduire l'effet d'éblouissement provoqué, à travers des brises solaires comme une solution.
- Selon les valeurs de FLJ, nous déduisons qu'il y a deux zones différentes, dont la première zone a une impression de clarté qui se diffère de peu éclairée à claire avec une ambiance d'atelier qui semble être refermé sur lui-même; cela mène à un confort peu satisfaisant dont il est adapté à moins de 50% des heures de travail ; or la deuxième zone a une impression de claire à très claire, avec une ambiance d'atelier qui s'ouvre vers

## CHAPITRE III : ANALYSES, PROGRAMMATION ET RECOMMANDATIONS

l'extérieur, cela mène à un confort peu satisfaisant dont il est adapté à plus de 50% des heures de travail mais avec un effet d'éblouissement.

D'après ces points tirés de l'étude, nous avons prouvé notre hypothèse proposée comme une réponse ou bien solutions qui consistent à offrir des qualités lumineuses favorables à l'activité pédagogique dans les ateliers d'architecture, à travers des stratégies d'Eco-conception, c.-à-d. : l'orientation et la forme du bâtiment, les caractéristiques des ouvertures avec l'utilisation des techniques de protection.

### III.5 Programmation

La programmation est un outil indispensable pour le contrôle de nos choix et de notre discision ainsi que pour reprendre aux critères d'efficacité et de rentabilité du projet. (Le programme est un moment en avant du projet, c'est une information obligatoire à partir de laquelle l'architecture va pouvoir exister, c'est un point de départ, mais aussi une phase préparatoire). Le programme est donc un instrument de réflexion pour l'architecte de telle manière qu'il puisse aller dans la même direction que les objectifs assignés et les besoins exprimés aux relevés. De ce fait le programme est le fruit d'une adaptation thématique, au contexte et déterminer les exigences et les besoins de tout ordre, activité, surface, qualité d'espace.

Afin d'atteindre un programme surfacique qui correspond aux besoins des étudiants (programme retenu), nous avons fait une simple comparaison entre les exemples étudié et le programme officiel.

Espaces	Exemple 01	Exemple 02	Programme. O	Programme. R
Accueil	√	√	-	10 m <sup>2</sup>
Amphithéâtres	-	√	260 m <sup>2</sup>	300 m <sup>2</sup>
Atelier de dessin	√	√	-	80 m <sup>2</sup>
Atelier de maquette	√	-	-	100 m <sup>2</sup>
Atelier de paysage	-	-	-	-

## CHAPITRE III : ANALYSES, PROGRAMMATION ET RECOMMANDATIONS

<b>Atelier de maintenance</b>	-	-	-	-
<b>Atelier d'art plastique</b>	-	-	-	70 m <sup>2</sup>
<b>Salle de TD</b>	√	√	60 m <sup>2</sup>	70 m <sup>2</sup>
<b>Salle d'exposition</b>	√	√	320 m <sup>2</sup>	300 m <sup>2</sup>
<b>Atrium</b>	-	√	-	-
<b>Auditorium</b>	√	-	390 m <sup>2</sup>	390 m <sup>2</sup>
<b>Salle de recherche</b>	-	-	-	-
<b>Salle d'informatique</b>	-	√	100 m <sup>2</sup>	75 m <sup>2</sup>
<b>Foyer</b>	-	√	100 m <sup>2</sup>	100 m <sup>2</sup>
<b>Salle de professeur</b>	√	√	40 m <sup>2</sup>	40 m <sup>2</sup>
<b>Administration</b>	√	√	16 m <sup>2</sup>	15m <sup>2</sup> - 40m <sup>2</sup>
<b>Imprimerie</b>	-	-	-	30 m <sup>2</sup>
<b>Salle de lecture</b>	-	-	505 m <sup>2</sup>	500 m <sup>2</sup>
<b>Laboratoire</b>	√	-	97 m <sup>2</sup>	100 m <sup>2</sup>
<b>Salle de séminaire</b>	√	-	-	-
<b>Sanitaires</b>	√	√	-	20 m <sup>2</sup>

Tableau 11: Programmation. Source: Auteur).

## CHAPITRE III : ANALYSES, PROGRAMMATION ET RECOMMANDATIONS

### III.5.1 Programme surfacique retenu détaillé

Fonction	Sous-fonction	Espaces	Surface	Nombre	S. Totale
Accueil	Hall d'accueil	Réception	10 m <sup>2</sup>	01	10 m <sup>2</sup>
		Loge de gardien	10 m <sup>2</sup>	01	10 m <sup>2</sup>
		Hall d'exposition	200 m <sup>2</sup>	01	200 m <sup>2</sup>
		Sanitaire public	20 m <sup>2</sup>	02	40 m <sup>2</sup>
Enseignement	Ateliers	Atelier de dessin	80 m <sup>2</sup>	08	800 m <sup>2</sup>
		Atelier de maquette	150 m <sup>2</sup>	02	300 m <sup>2</sup>
		Atelier de peinture	85 m <sup>2</sup>	02	170 m <sup>2</sup>
		Atelier d'art plastique	70 m <sup>2</sup>	02	140 m <sup>2</sup>
		Atelier de sculpture	85 m <sup>2</sup>	02	170 m <sup>2</sup>
	Amphis + salle de TD	Salle de TD	75 m <sup>2</sup>	20	1500 m <sup>2</sup>
		Amphi	300 m <sup>2</sup>	02	600 m <sup>2</sup>
Recherche et documentation	Bibliothèque	Salle de lecture	500 m <sup>2</sup>	01	500 m <sup>2</sup>
		Salle internet	75 m <sup>2</sup>	01	75 m <sup>2</sup>
		Salle de travail en groupe	150 m <sup>2</sup>	01	150 m <sup>2</sup>
	Laboratoires	Laboratoires de TMC	100 m <sup>2</sup>	01	100 m <sup>2</sup>
		Salle de conférence	300 m <sup>2</sup>	01	300 m <sup>2</sup>

## CHAPITRE III : ANALYSES, PROGRAMMATION ET RECOMMANDATIONS

Echange et interaction	Espace culturel	Club de jeux d'échec	140 m <sup>2</sup>	01	140 m <sup>2</sup>
		Club photographie	140 m <sup>2</sup>	01	140 m <sup>2</sup>
		Club art abstrait	140 m <sup>2</sup>	01	140 m <sup>2</sup>
	Espace cultuel	Salle de prière Homme	80 m <sup>2</sup>	01	80 m <sup>2</sup>
		Salle de prière Femme	60 m <sup>2</sup>	01	60 m <sup>2</sup>
		Salle d'ablution	17 m <sup>2</sup>	02	34 m <sup>2</sup>
Restauration	Foyer	Salle de préparation	30 m <sup>2</sup>	01	30 m <sup>2</sup>
		Salle de consommation	150 m <sup>2</sup>	01	150 m <sup>2</sup>
		Dépôt	20 m <sup>2</sup>	01	20 m <sup>2</sup>
Annexe		Imprimerie	30 m <sup>2</sup>	01	30 m <sup>2</sup>
		Sanitaires	20 m <sup>2</sup>	04	80 m <sup>2</sup>
		Magasin	60 m <sup>2</sup>	01	60 m <sup>2</sup>
Administration	Bureaux	Scolarité	60 m <sup>2</sup>	01	60 m <sup>2</sup>
		Bureau de directeur	40 m <sup>2</sup>	01	40 m <sup>2</sup>
		Secrétariat	15 m <sup>2</sup>	01	15 m <sup>2</sup>
		Bureau de comptable	15 m <sup>2</sup>	01	15 m <sup>2</sup>
		Bureau d'enseignant	20 m <sup>2</sup>	25	500 m <sup>2</sup>
		Salle de réunion	80 m <sup>2</sup>	01	80 m <sup>2</sup>
		Salle d'archive	25 m <sup>2</sup>	01	25 m <sup>2</sup>
		Sanitaires	30 m <sup>2</sup>	02	60 m <sup>2</sup>

## CHAPITRE III : ANALYSES, PROGRAMMATION ET RECOMMANDATIONS

Technique	Locaux techniques	Chaufferie	30 m <sup>2</sup>	01	30 m <sup>2</sup>
		Groupe électrogène	15 m <sup>2</sup>	01	15 m <sup>2</sup>
		Réservoir d'eau	25 m <sup>2</sup>	01	25 m <sup>2</sup>
		Réservation d'énergie S	150 m <sup>2</sup>	01	150 m <sup>2</sup>

Tableau 12: Programme surfacique retenu. Source: (Auteur).

- Surface totale : 7 329 m<sup>2</sup> + 20% de circulation : 9161 m<sup>2</sup>

### III.5.2 Organisation fonctionnelle du programme retenu

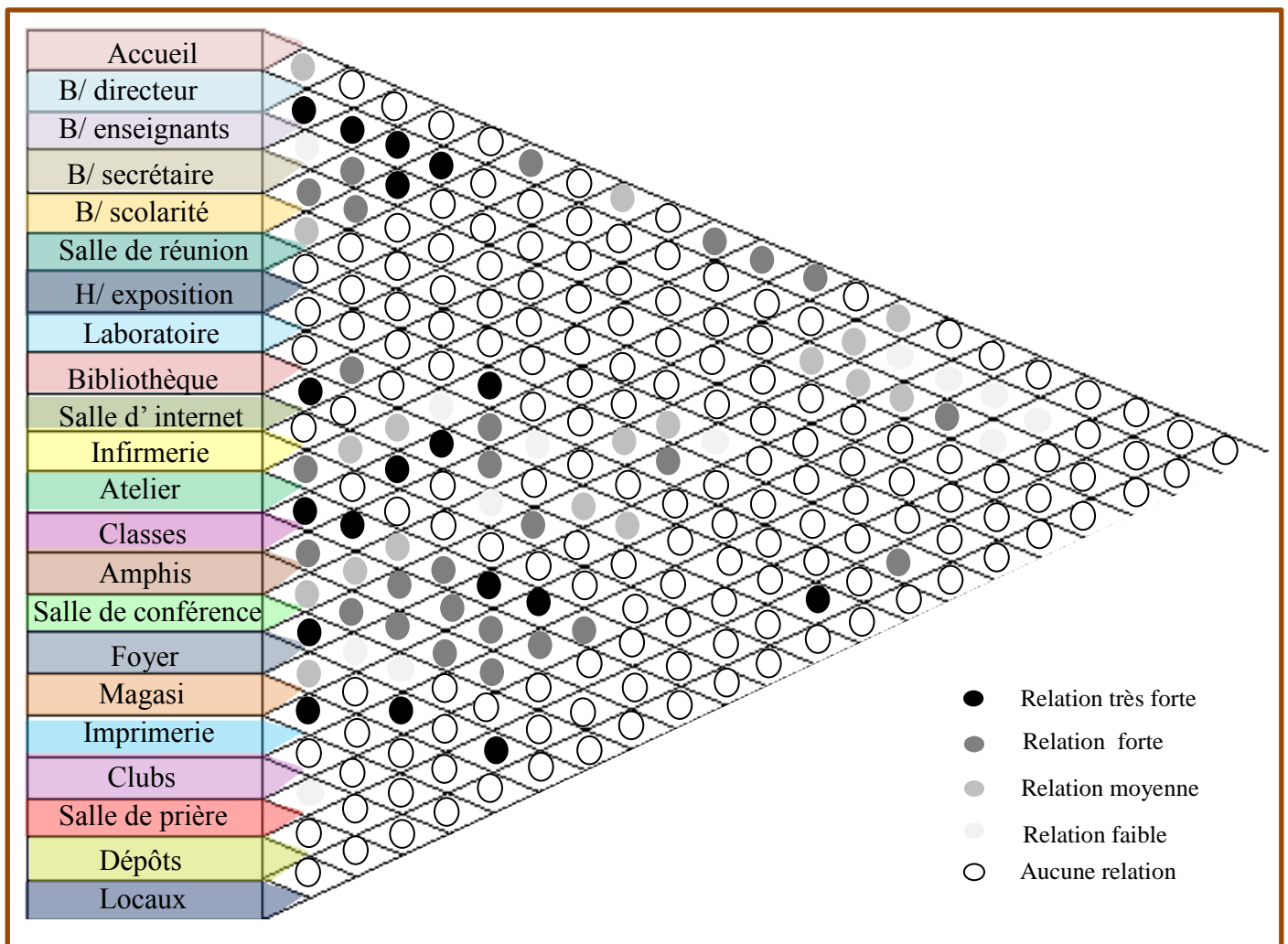


Schéma 11: Matrice fonctionnelle du programme retenu. Source: (Auteur).

### **Conclusion et recommandations**

Nous avons analysé des exemples des écoles d'architecture existants et livresques, faisant une étude architecturale et une autre étude spécifique d'éclairage dans le Département d'architecture de Guelma qui est le cas choisi, afin de faire des mesures photométriques de l'éclairage lumineux, ceci représente la méthode classique. La totalité des occupants sont touchés sous différentes formes d'inconfort, il représente donc la gêne visuelle majeure que subissent les occupants des ateliers ; cependant, le degré de gêne provoquée varie d'une salle à une autre.

Notre présente recherche nous a permis de nous familiariser avec les techniques à l'éclairage intérieur, or, le domaine de la perception visuelle reste un vaste champ de travail où beaucoup d'incertitudes demeurent. L'effet biologique de la lumière naturelle ou son influence sur la performance restent des sujets encore méconnus, ce qui agrandit la marge de progression que pourrait avoir la recherche scientifique dans le domaine.

Afin de réaliser une école d'architecture dans une démarche d'Eco-conception qui répond au besoin des étudiants, nous avons des recommandations à suivre tirées des analyses précédentes :

#### **-Le choix d'un site pour une école d'architecture doit être basé sur**

- La richesse de site par des instituts ou d'autres écoles.
- La disponibilité et la facilité de transport.
- Les vues paysagers donnent un plus au projet.
- Il est recommandé que l'école d'architecture soit dans un milieu urbain très dynamique.

#### **-L'intégration de projet faut prendre en considération**

- L'intégration du projet dans le site suivant ces points forts existants.
- La forme de terrain ou de la parcelle.
- Les données et facteurs climatiques de la région.
- Le style architectural et les couleurs et les matériaux des bâtiments voisins.

#### **-La volumétrie de l'école doit**

- Prendre en considération les facteurs climatiques et l'orientation.
- Exprimer les différentes fonctions du projet à travers plusieurs volumes.

## **CHAPITRE III : ANALYSES, PROGRAMMATION ET RECOMMANDATIONS**

### **-Les façades doit répondre aux**

- Les facteurs de climat dominant.
- Les différentes orientations et leurs recommandations par rapport : forme et la taille d'ouverture, type d'ouverture type de vitrage, type de protection solaire.
- Les relations visuelles entre intérieur et extérieur avec toutes conditions de confort.

### **-Occupation au sol**

- Selon l'environnement, la surface de terrain et le programme.

### **- La structure**

- Choix de l'architecte lui-même, le climat et la nature du sol.

### **- L'éclairage**

- Etre bien étudier et orienter l'éclairage naturel pour offrir une ambiance lumineuse agréable dans le bâtiment en minimisant la consommation énergétique.

### **-Organisation spatiale et fonctionnelle**

- L'emplacement de l'espace de regroupement au milieu doit être proche à tous les autres espaces car c'est un emplacement d'échange.
- L'importance des corridors réside dans la création de mobilité dans le projet, en plus de faciliter la transition entre les différents espaces.

### **-Matériaux et couleurs**

- Ecologiques et durables.
- Locales pour refléter l'identité de la région.
- Bien choisir les couleurs inspirées de l'environnement et la nature des matériaux.

### **- Les stratégies environnementales utilisés doivent être répondre aux**

- Les facteurs de climat chaud et aride, l'ensoleillement et les systèmes de protection solaire.
- L'orientation de projet.
- Utilisations maximales des énergies renouvelables (soleil, source d'eau).





## CHAPITRE IV : PROJET D'INTERVENTION

---

La commune est limitée :

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

### IV.1.2 Historique de la ville de Guelma

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 fut-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 (4ème 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 radicaux 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 Piedsnoirs, 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



## CHAPITRE IV : PROJET D'INTERVENTION

### 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 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.2.2.2 Précipitations moyennes annuelles

Le tableau suivant mentionne les variations annuelles des précipitations de Guelma, pour l'année 2019.

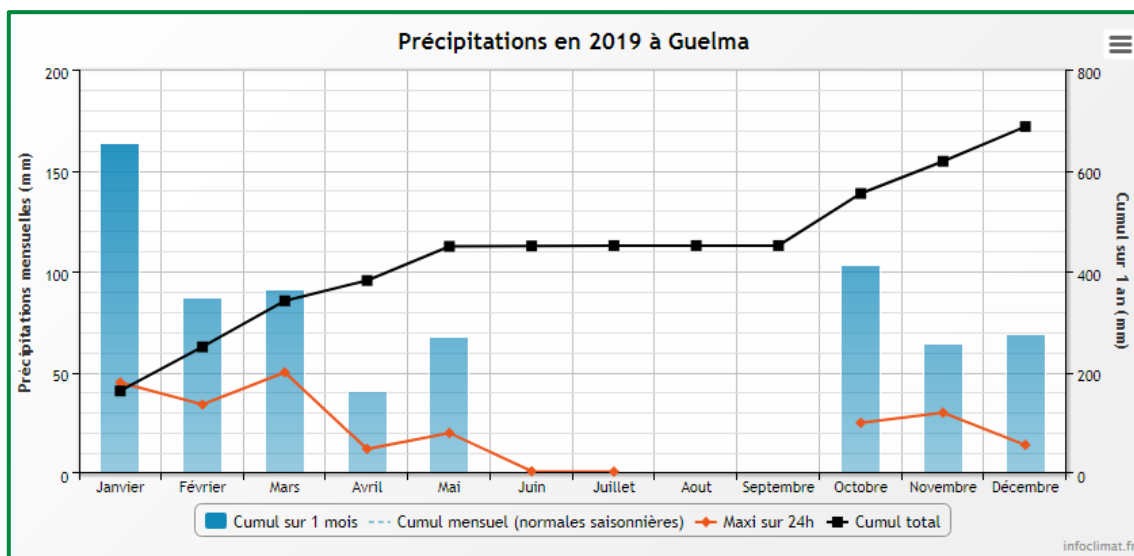


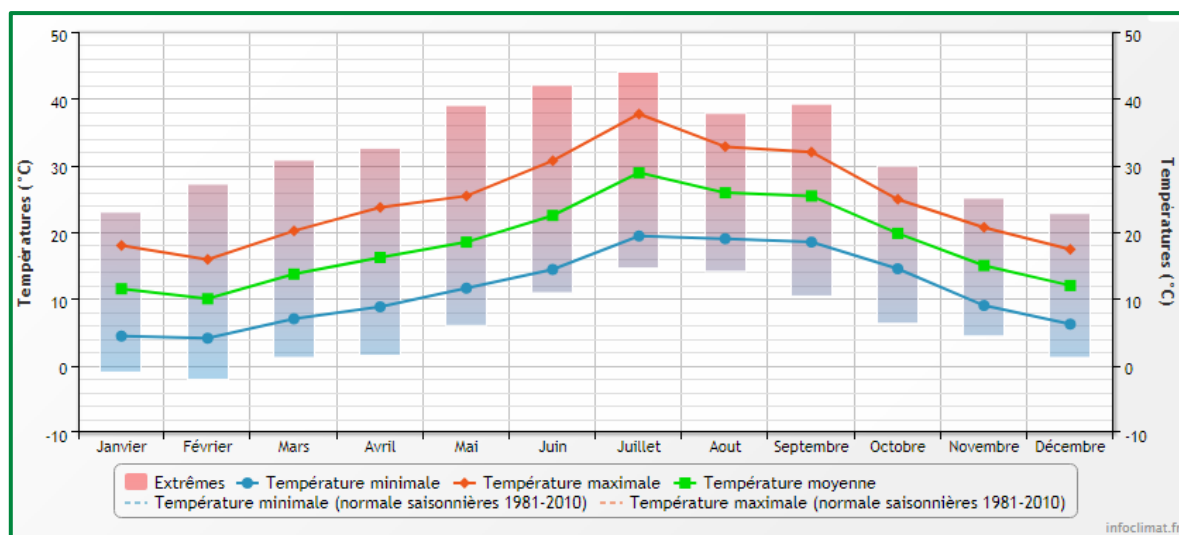
Figure 103 : Précipitations de Guelma, pour l'année 2019. Source: (<https://www.infoclimat.fr>).

- La répartition des précipitations à Guelma est marquée par une durée de sécheresse durant l'été (Juin, Juillet, Aout et septembre) dont les deux premiers mois avec un minimum de 0.8 mm et 1.0 mm enregistré respectivement en Juillet et en Juin ; Concernant les autres deux mois (Aout et Septembre) y' a aucune précipitation.
- Le reste des saisons sont marquées par des précipitations considérables dont le top de cette précipitation atteint 163.3 mm en mois de Janvier. Le total annuel est de 687 mm durant toute l'année.

## CHAPITRE IV : PROJET D'INTERVENTION

### IV.2.2.3 Les températures

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.



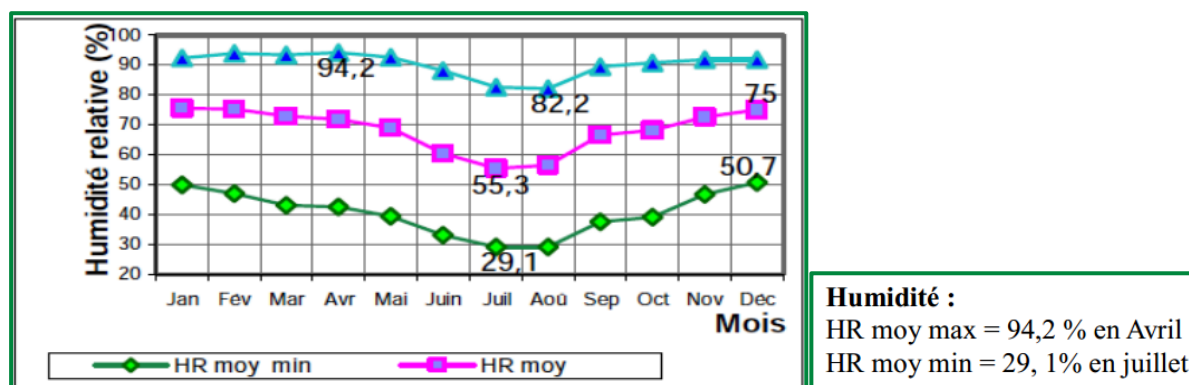
**Figure 104** : Précipitations de Guelma, pour l'année 2019. Source: (<https://www.infoclimat.fr>).

- La température annuelle moyenne est de 28.9° C avec 37. 7° C en Juillet (le mois le plus chaud) et 11.5 °C en janvier (le mois le plus froid).

### IV.2.2.4 Humidité

	Janv	Fevr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
Humidité moyenne (%)	77	77	73	72	77	60	55.3	56	67.5	69	72	75

**Tableau 13** : Humidité moyenne de Guelma. Source : (<http://www.wofrance.fr/weather>).



**Figure 105** : 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%.

## CHAPITRE IV : PROJET D'INTERVENTION

### IV.2.2.5 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 Sud-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). (<http://www.wofrance.fr/weather/maps/city>).

### 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

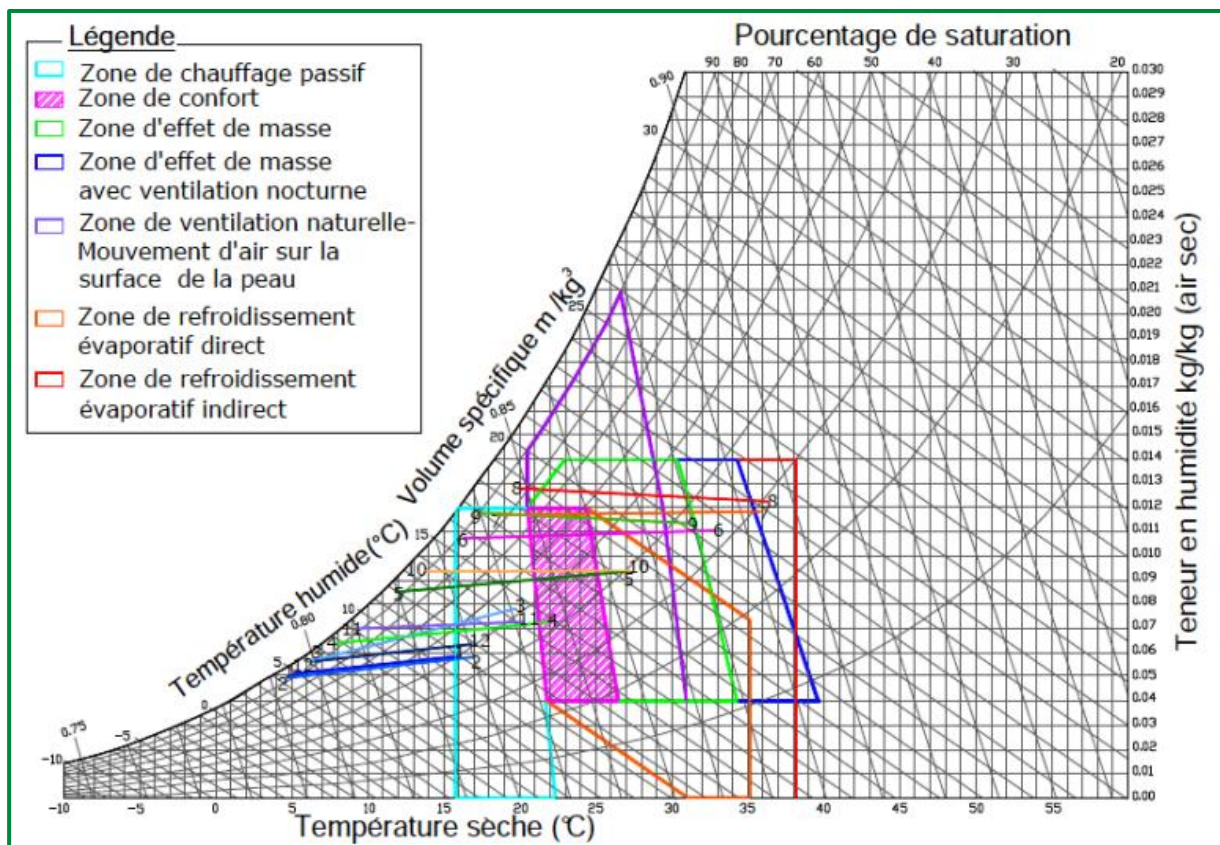
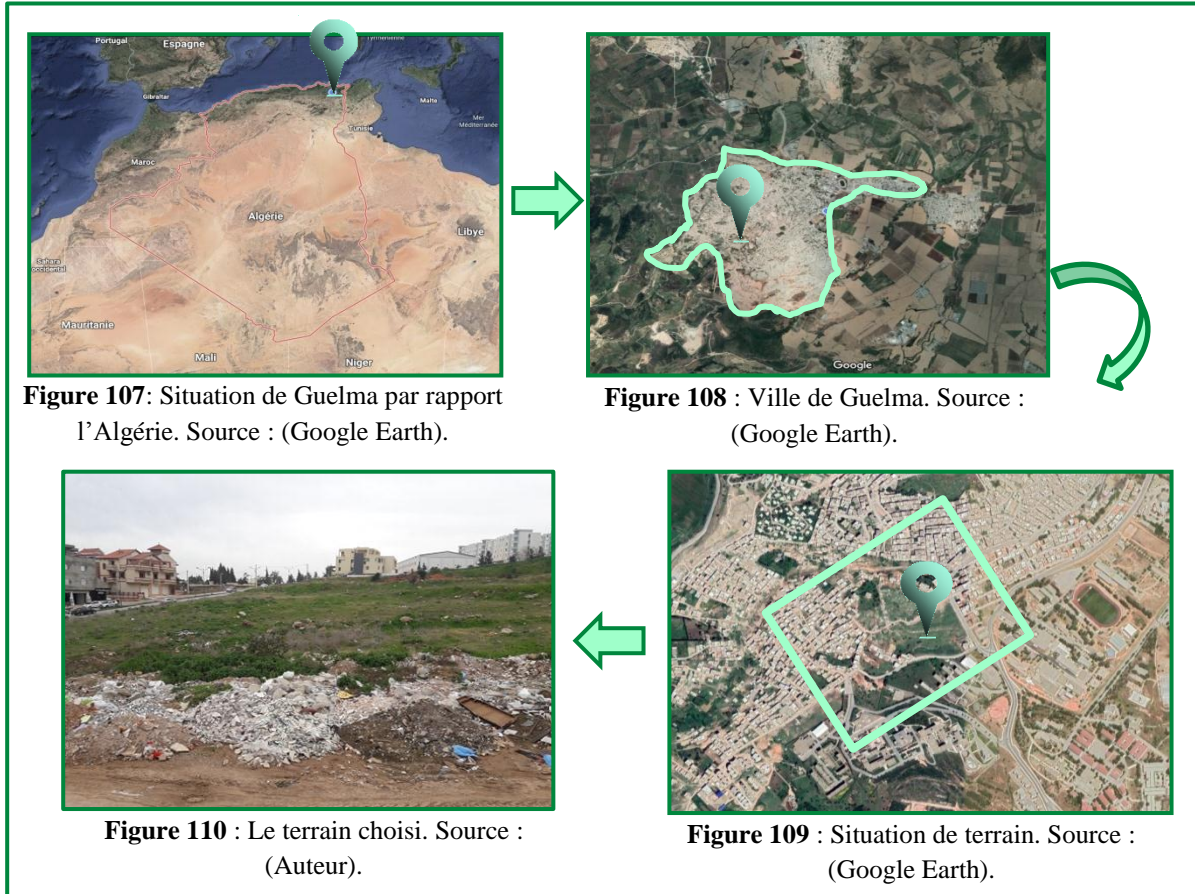


Figure 106: Application de la méthode de Szokolay sur la ville de Guelma (source : MEDJELEKH DALEL)

- 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.

## IV.3 Présentation du site

### IV.3.1 Situation du terrain



### IV.3.2 Motivation de choix de site



**Figure 111** : Motivation de choix de terrain. Source : (Google Earth). Réadaptée par auteur.

## CHAPITRE IV : PROJET D'INTERVENTION

### IV.3.3 Forme et dimensions

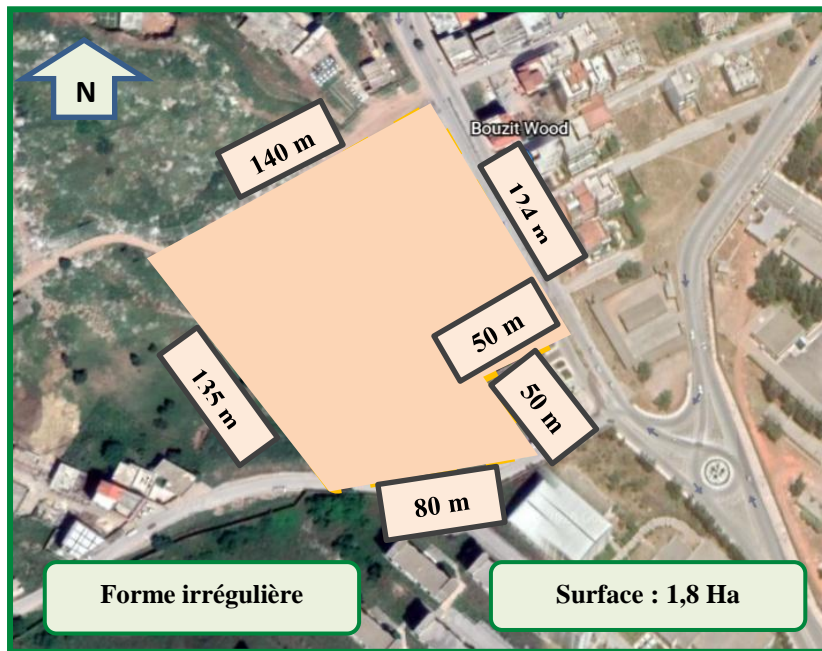


Figure 112 : Forme et dimensions de terrain choisi. Source : (Google Earth). Réadaptée par auteur.

### IV.3.4 Topographie

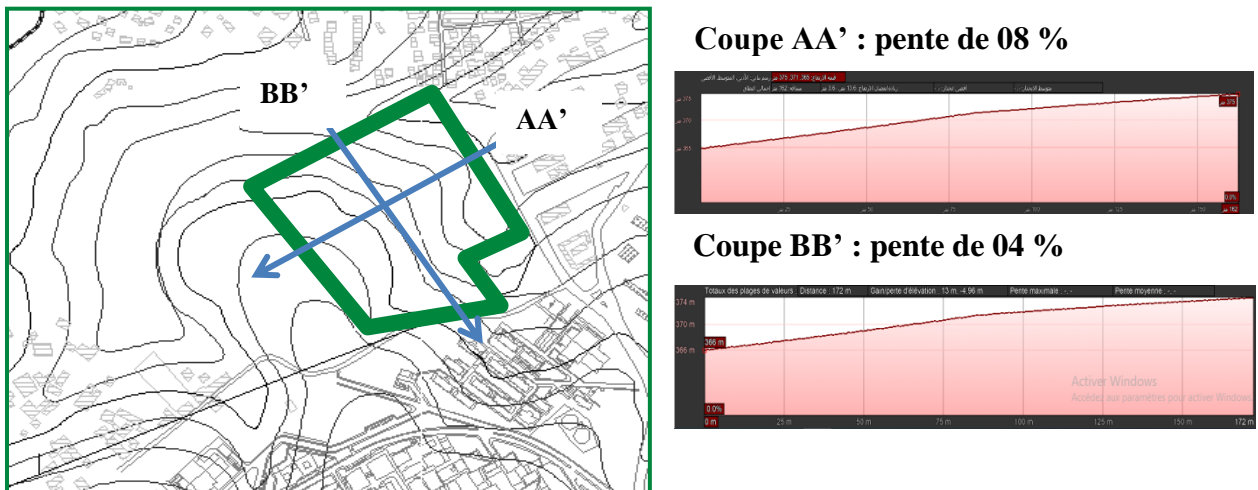


Figure 113: Topographie de terrain. Source : (PDAU). Réadaptée par auteur.

- Le terrain est en pente remarquable ce qui nécessite de faire des banquettes pour faire intégrer le projet au terrain ; dont le projet soit éclaté (plusieurs blocs).



## CHAPITRE IV : PROJET D'INTERVENTION

### IV.3.5 Accessibilité

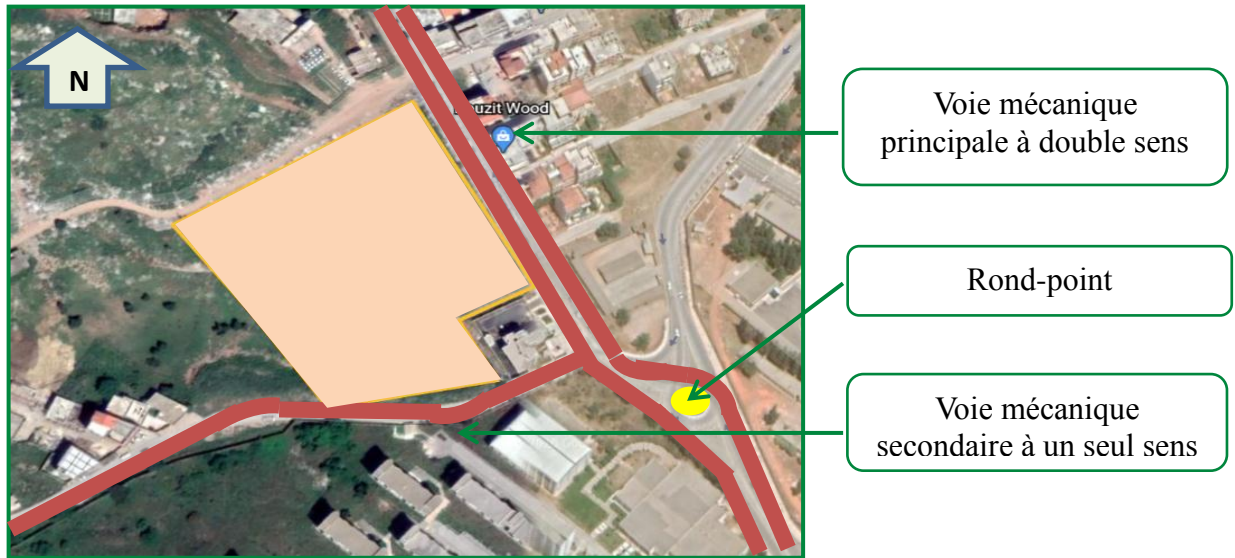


Figure 114 : L'accessibilité au terrain. Source : (Google Earth). Réadaptée par auteur.

- Le terrain est facile à accéder grâce à sa position qui est près d'une voie principale de grand flux mécanique et autre voie secondaire d'un flux considérable.

### IV.3.6 Environnement immédiat



Figure 117 : Concessionnaire.  
Source : (auteur).



Figure 118 : Habitations.  
Source : (auteur).



Figure 116 : Habitations.  
Source : (auteur).

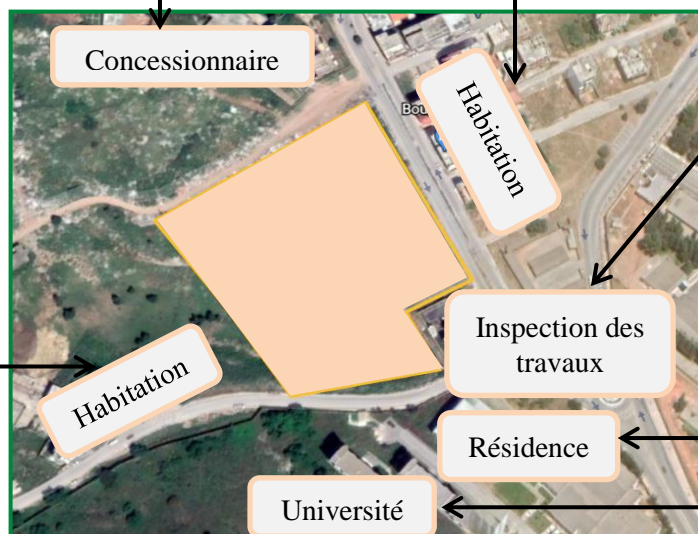


Figure 115 : Environnement immédiat de terrain.  
Source : (Google Earth). Réadaptée par auteur.



Figure 119 : Inspection des travaux.  
Source : (auteur).



Figure 120 : Résidence et université.  
Source : (auteur).

## CHAPITRE IV : PROJET D'INTERVENTION

### IV.3.7 Analyse climatologique de terrain

#### IV.3.7.1 Ensoleillement

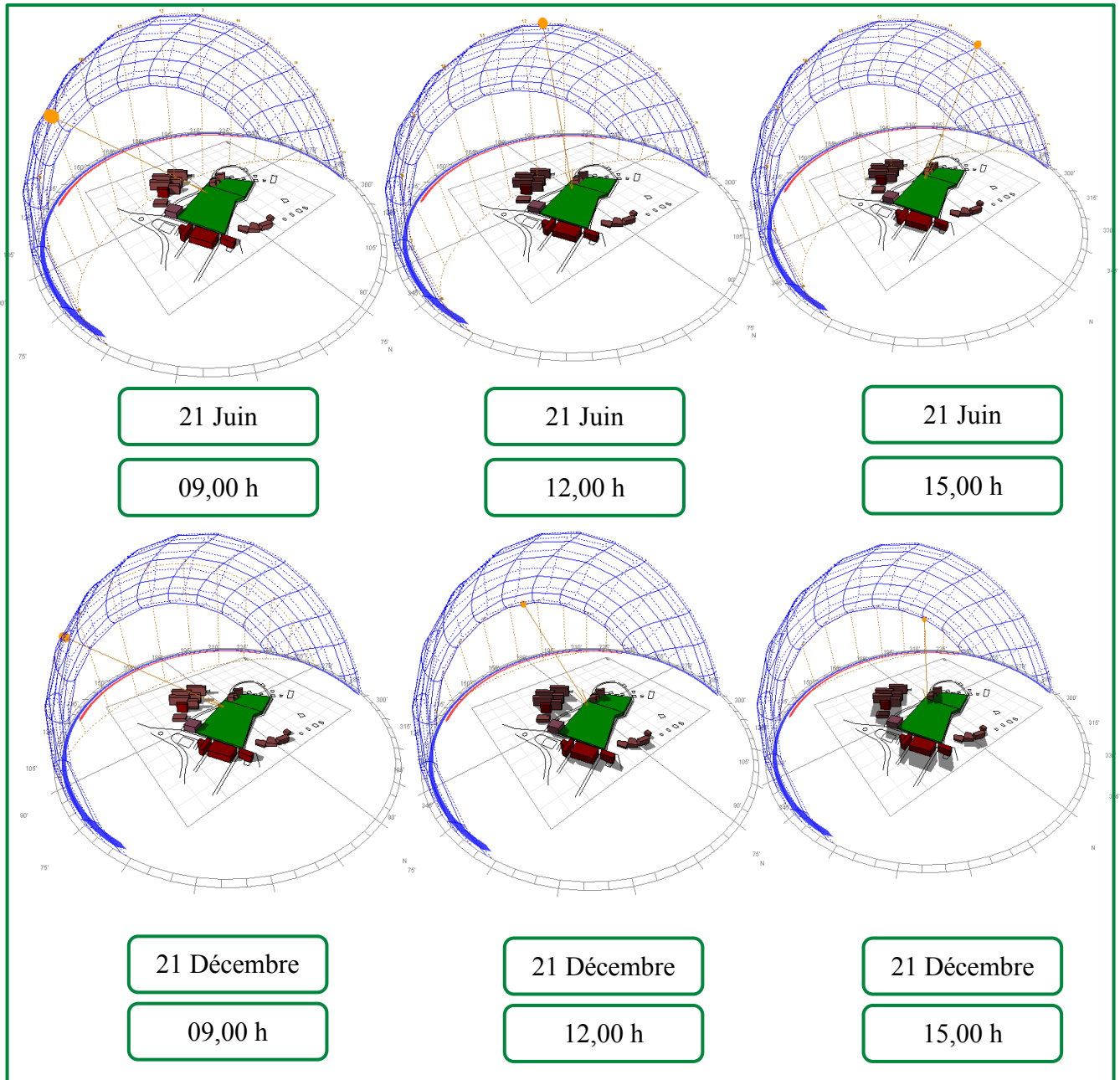


Figure 121 : Ensoleillement de terrain durant Juin et Décembre sur Ecotect. Source :

Le site bénéficie au maximum des rayons solaires (Hiver et Été)

Ensoleillé toute l'année

## CHAPITRE IV : PROJET D'INTERVENTION

### IV.3.7.2 Vents dominants

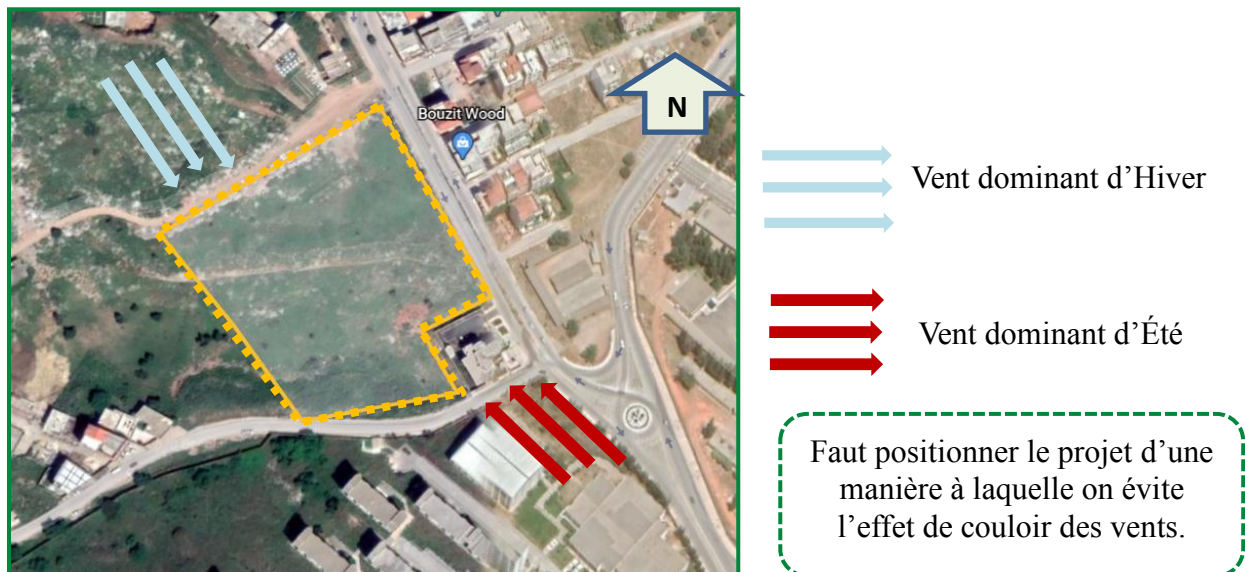


Figure 122 : Les vents dominants exposés sur terrain.  
Source : (Google Earth). Réadaptée par auteur.

### IV.3.7.3 Contraintes du terrain



## IV.5 Processus de l'idée conceptuelle

### Métaphore

Elle est définie comme une signification spéciale rattachée à un projet ou une idée, elle est peut être tangible (visuelle) ou intangible (concept). L'usage de la métaphore peut se révéler une source intarissable de créativité. Elle peut être employée aux différents stades du processus de création architecturale. En plan ou en volume, la métaphore peut toujours

## CHAPITRE IV : PROJET D'INTERVENTION

conduire à des concepts originaux. Un usage incontrôlé, abusif ou naïf, peut cependant conduire au contraire de l'objectif escompté.

Etape difficile : passer du caractère tangible de la métaphore à celui intangible suivant le principe connu que moins une métaphore est facilement détectable plus elle gagne en valeur artistique et esthétique et s'éloigner de la citation et de l'interprétation littérale.

Nous savons que les étudiants d'architecture utilisent les instruments de dessin (règles, Té, équerre, rapporteur, compas...), pour concrétiser leurs conceptions architecturales. Donc nous avons choisi d'inspirer d'une équerre avec un rapporteur comme une première idée de métaphore.

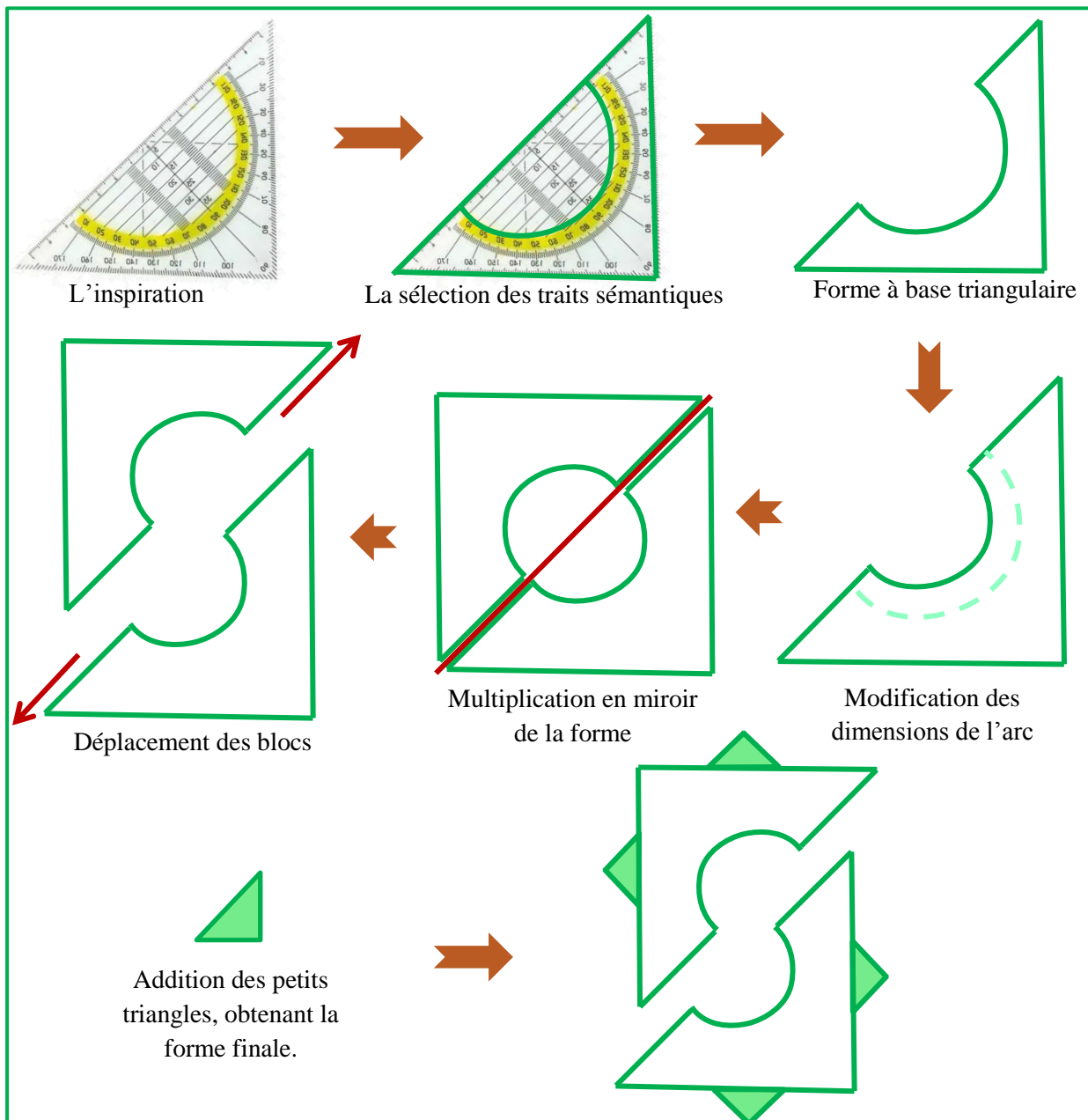


Figure 125 : Processus de l'idée conceptuelle du projet. Source : (Auteur).

## CHAPITRE IV : PROJET D'INTERVENTION

### IV.6 Schéma de principe

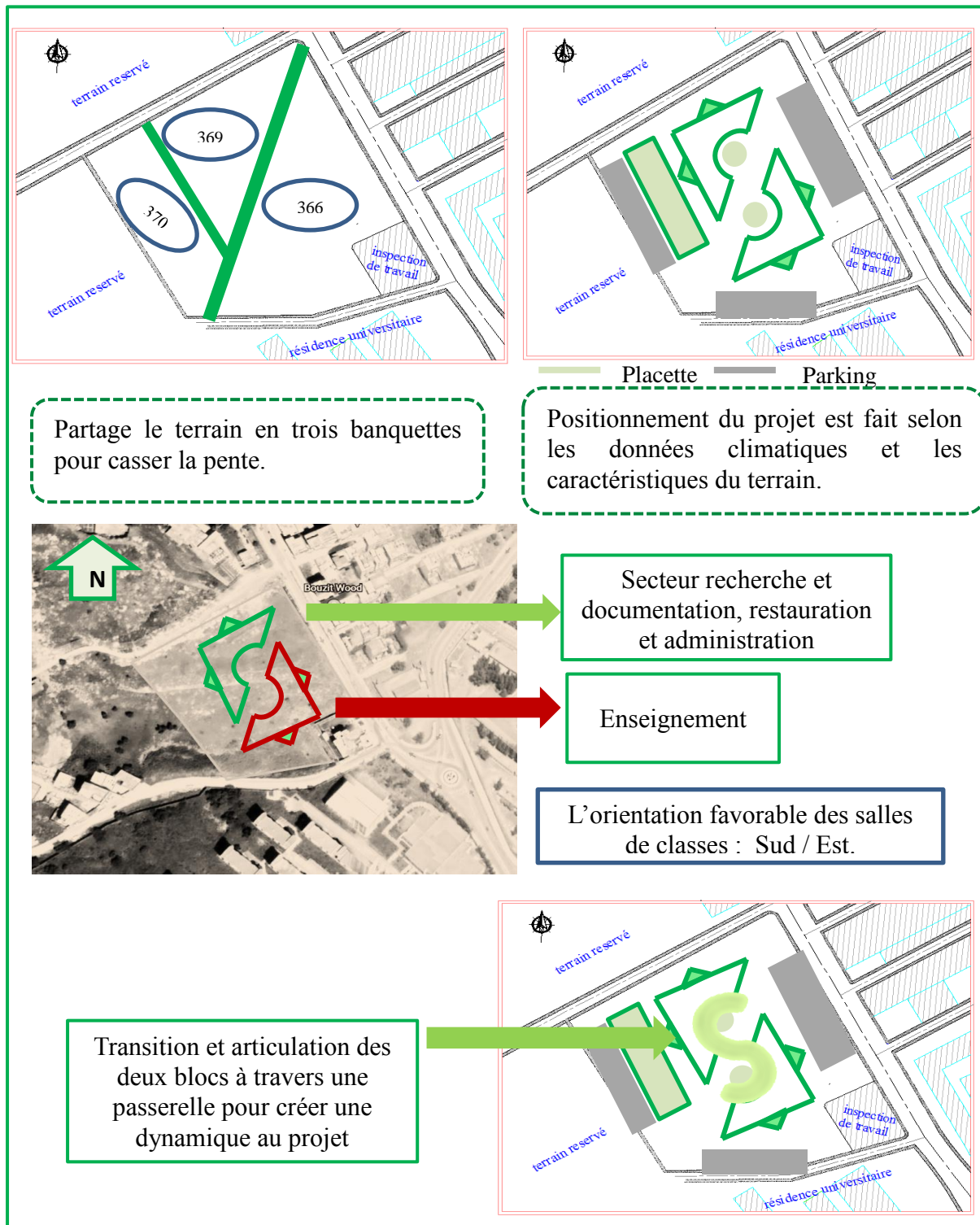


Figure 126 : schéma de principe. Source : (Auteur).

### Conclusion générale

L'environnement lumineux constitue une variable importante de la qualité des espaces architecturaux, comme facteur déterminant influençant le confort visuel. Nous nous sommes rendu compte que la lumière naturelle comme quatrième dimension dans le design architectural et urbain se manifeste relativement aux éléments de conception suivants :

- Est l'élément indissociable de l'architecture car elle rend le monde qui nous entoure notamment les espaces vécus, perçus.
- N'est pas seulement un stimulant de l'organe mais aussi un matériau de construction.
- Elle met en relief les volumes, les formes, les textures et les couleurs.

Aborder la qualité lumineuse dans la salle de classe demeure parmi l'un des plus déterminants. Son architecture est un élément de la pédagogie, cet espace est pour l'élève un référent qui le marque pour toute sa vie, il s'identifie souvent à cet espace qui lui est familier. Il joue un rôle essentiel dans le développement de leurs capacités intellectuelles en favorisant l'épanouissement de leurs personnalités et leur apprentissage de la vie

Le choix des qualités lumineuses reste essentiellement une tâche assez délicate qui nécessite, dans toutes les phases du projet, un investissement considérable, des connaissances vastes et des idées nouvelles qui permettent à l'architecte de mieux réaliser son projet. De plus, la lumière naturelle peut se dévoiler comme un moyen architectural particulièrement riche dans la génération des ambiances (Chaabouni, 2011).

Dans les salles de classes, une lumière confortable, non éblouissante, offre un confort visuel pour les étudiants, aussi elle a affecté sur leur productivité et leur rendement. L'objectif de cette recherche c'est d'atteindre ce confort par la diminution de l'éblouissement ; l'architecture recherche souvent la variété au lieu de l'uniformité et traite la lumière comme une autre dimension de composition. L'ignorance de cette dimension dès les premières esquisses du projet produit souvent des espaces inconfortables rejetés et détestés par leurs occupants.

## Bibliographie

### Ouvrages

1. Alain. L et André D. H, « Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques : concevoir, édifier et aménager avec le développement durable », Observ'ER, Paris, 2005.
2. Association Française de l'Eclairage, « Recommandations relatives à l'éclairage des locaux scolaires », Paris : LUX, 1987.
3. FAURE. D, Confort visuel, Centre de Ressources enviroBOITE, 2006.
4. Confort dans Dictionnaire Encyclopédique Larousse. Paris : Librairie LAROUSSE, 1979, p351.
5. C.A. Roulet, Eco-confort -Pour une maison saine et à basse consommation d'énergie, 2012, Lausanne: PPUR.
6. ROULET, Claude-Alain. Energétique du bâtiment II : Prestations du bâtiment, bilan énergétique global. Collection « Gérer l'Environnement ». Lausanne : Presses Polytechniques Romandes. 1987. p37.
7. HETZEL. J. Haute qualité environnementale du cadre bâti : enjeux et pratiques. Paris: AFNOR. 2003, p155.
8. BALEZ. S, L'éclairage naturel 2ème partie: Stratégies et prédétermination, 2007.
9. Bernard PAULE, dispositif de l'éclairage naturel, cours (en ligne) [http://moodle.epfl.ch/file.php/3371/DOCUMENTS/COURS\\_THEORIE/Dispositifs\\_Eclairage.pdf](http://moodle.epfl.ch/file.php/3371/DOCUMENTS/COURS_THEORIE/Dispositifs_Eclairage.pdf) EPFL-ENAC 2007
10. Miguët, F. (2000). Paramètres physiques des ambiances architecturales : Un modèle numérique pour la simulation de la lumière naturelle dans le projet urbain. Thèse de doctorat, Université de Nantes, Ecole polytechnique de l'Université de Nantes.
11. NEUFERT, Ernst.2002.les éléments de projet de construction « l'homme, mesure de tous choses ».8eme. Dunod. Édition : le moniteur.

### Articles

1. Z.S. Zomorodian, S.S. Korsavi, M. Tahsildoost. Joins 2016. « L'effet de la configuration des fenêtres sur les performances de la lumière du jour dans les salles de classe: une étude de terrain et de simulation ». Juillet 2016. 24 pages.
2. La CUSSTR, « Commission Universitaire de Sécurité et Santé au Travail Romande. L'éclairage ». 2005.

3. Azeddine Belakehal, K. Tabet Aoul, Amar Bennadji. « L'impact de la lumière du soleil et de la lumière du jour sur l'occupation du logement. Cas des régions chaudes et sèches d'Algérie ». Juin 2003.
4. TERRIER. Christian et VANDEVYVER. Bernard. "L'éclairage naturel", fiche pratique de sécurité, Paris : ED 82, Travail et Sécurité, Mai 1999.
5. PASINI et al, « The effects of fluorescent lighting filters on skin appearance and visual performance», 2002.
6. Association Française de l'Eclairage, « Recommandations relatives à l'éclairage des locaux scolaires », Paris: LUX. 2002.
7. Atif, Love & Littlefair; Velds & Christoffersen,« Évaluation du confort visuel par les utilisateurs: examen des méthodes existantes ». Novembre 2003. 90 pages.
8. MAZOUZ. Said, Eléments de conception architecturale Alger: Edition O.P.U, Juillet 2004, p176-177.

### **Thèse et mémoires**

1. BENHARKAT,Sarah, « Impact de l'éclairage naturel zénithal sur le confort visuel dans les salles de classe cas d'étude : bloc des lettres de l'université Mentouri Constantine », Mémoire de magistère. Architecture. Université de Mentouri Constantine, 2006.
2. DAICH. S, « Simulation et optimisation du système light shelf sous des conditions climatiques spécifiques, Cas : la ville de Biskra. Mémoire de magistère : Architecture, Formes, Ambiances et développement durable ». Biskra : Université Mohammed Khider Biskra, 2011.

### **Sites web**

1. <http://www.mysti2d.net>.
2. <https://energieplus-lesite.be>.
3. <https://www.resistex-sa.com>.
4. <http://www.hqe.guidenr.fr/>.
5. <http://la.climatologie.free.fr>.
6. <https://www.zumtobel.com>.
7. <https://www.natureetconfort.fr>.
8. <https://www.energieplus-lesite.be>.



9. <https://www.natureetconfort.fr/eclairage-zenithal>.
10. [www.archi-positive.com](http://www.archi-positive.com).
11. [www.syndicat-éclairage.com](http://www.syndicat-éclairage.com).
12. <https://dl.ummtto.dz>.
13. <http://www.linternaute.fr>.
14. <http://www.inrs.fr>.
15. <https://www.archdaily.com>.
16. <http://www.mimram.com>.
17. <https://www.lesechos.fr>.
18. <https://www.amc-archi.com>.
19. <http://fstech.univ-guelma.dz>.
20. <https://www.infoclimat.fr>.
21. <http://www.wofrance.fr/weather>.