

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université Mohamed Khider – Biskra
Faculté des Sciences et de la technologie
Département : **Architecture**
Ref :



جامعة محمد خيضر بسكرة
كلية العلوم و التكنولوجيا
قسم: هندسة معمارية
المرجع:

Mémoire présenté en vue de l'obtention Du diplôme de

Magister

Spécialité ou option : Architecture, Formes, Ambiances et développement durable

**Analyse de la Symbiose environnement lumineux et
qualité architecturale dans le secteur résidentiel.
Cas de la cité des 426 lots El Eulma, Sétif.**

Présenté par :

Ayoub BOUDOUKHA

Soutenu publiquement le : 16/06/2015.

Devant le jury composé de :

Pr. ALKAMA Djamel	Professeur	Président.	Université de Guelma.
Pr. ZEMMOURI N.	Professeur	Directeur de mémoire	Université de Biskra.
Dr. BENABBES Mosadek	MCA	Examineur	Université de Biskra.
Dr. SAFFEDINE, Rouag Djamilia	Professeur	Examineur	Université de Constantine.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



« ET MA RÉUSSITE NE DÉPEND QUE D'ALLAH EN LUI JE PLACE MA
CONFIANCE, ET C'EST VERS LUI QUE JE REVIENS REPENDANT »

REMERCIEMENTS

Avec l'aide du Dieu tout puissant, j'ai pu accomplir ce modeste travail qui est initiation à la recherche pour l'obtention du diplôme de Magistère, accompli sous la direction du Pr. NourEddine ZEMMOURI. Ce travail a été réalisé au département d'architecture de l'université de Mohammed KHIDHER Biskra.

Je remercie en premier lieu la personne qui ce travail n'a pas pu être réalisé, mon encadreur, Mr. NourEddine ZEMMOURI, Professeur au département d'hydraulique. Je le remercie pour sa disponibilité, son suivi rigoureux, et ses nombreux conseils, sa gentillesse et ses critiques constructives qui ont permis de mener à bien ce travail de recherche.

Mes remerciements s'adressent également à mes enseignants du département d'architecture de l'université de Biskra pour leur aide et leur disponibilité qu'ils ont toujours manifestées.

A tous mes collègues de département d'architecture, qui m'ont aidé de près ou de loin pour la réalisation de ce travail.

Toute ma gratitude, mon profond respect et mes remerciements vont au président et à tous les membres du jury, pour leur disponibilité et pour l'honneur qu'ils me feront en acceptant de juger ce travail et d'être les examinateurs de ce mémoire. Qu'ils soient assurés que je tiendrai compte de leurs remarques pertinentes afin d'améliorer la qualité de cette étude.

Pour finir, je tiens à remercier l'ensemble de ma famille et plus particulièrement mon père Pr, A. BOUDOUKHA et ma mère (que DIEU les protègent), qui m'ont accompagné tout au long de mes études, pour leur amour inconditionnel, pour leur constant soutien moral et qui n'ont cessé de m'encourager dans les moments de doute et de prier pour moi. Sans eux, je n'aurais sans doute pas réussi à aller au bout de mon travail, je leurs suis très reconnaissant et je leurs dit *بارك الله فيكما و حفظكما الله و اطال في عمركما*.

RESUME

Intitulé du thème du mémoire: Analyse de la Symbiose environnement lumineux et qualité architecturale dans le secteur résidentiel. Cas de la cité des 426 Logements El Eulma.

Résumé

Durant la dernière décennie le secteur public algérien et plus précisément le secteur résidentiel, a entamé une importante réalisation d'habitation collective et notamment individuelles. Ces infrastructures n'étaient pas contrôlées ou soumis à un minimum d'exigence réglementaire soit sur le plan thermique, acoustique, visuel ou énergétique, ce qui a engendré la réception d'habitations non confortables et même parfois fortement malsaines.

A travers cette tentative de recherche, nous allons démontrer que le confort visuel est une exigence justifiée dans le secteur résidentiel. Ceci a une influence sur la qualité des ambiances lumineuses vécues, et qu'on doit le considérer comme un élément « VIP » dans le processus de la conception architecturale et que la lumière naturelle est un facteur très important et déterminant dans le confort visuel.

Au cours de cette analyse, on a pu montrer que la configuration urbaine a une importance primordiale pour définir la quantité de lumière nécessaire, pour être dans une ambiance confortable. De même que la pénétration directe de la lumière naturelle peut causer un état d'inconfort à travers les taches solaires.

Mots clés : Habitat individuel, confort visuel, ambiance lumineuse, évaluation, éclairage naturel.

ABSTRACT

Title of the theme of the memory: Analysis of the Symbiosis light environment and architectural quality in the residential sector. Case study of the City of 426 dwellings El-Eulma, Sétif.

Summary

During the last decade the Algerian public sector and more specifically the residential sector, has begun an important constructions of collective dwellings including individual ones. These facilities were not controlled or subject to the minimum regulatory requirements either thermally, acoustic, visual or energetic, which led to the receipt of uncomfortable and sometimes unhealthy buildings.

Through this research we will try to demonstrate that the visual comfort is a requirement fully justified in the residential sector. It affects the quality of lighting moods lived, and we should consider it as an element "VIP" in the process of architectural design and that the natural light is a determining factor in the visual comfort.

In this analysis, we were able to show that the urban configuration is of paramount importance to define the amount of light needed to be in a comfortable atmosphere. Moreover the direct penetration of natural light can cause a state of discomfort through sunspots.

Keywords: Individual housing, visual comfort, luminous atmosphere, evaluation, natural lighting.

ملخص

عنوان مذكرة البحث: تحليل العلاقة بين البيئة الضوئية والجودة المعمارية في القطاع السكني.

ملخص

خلال العقد الماضي القطاع العام الجزائري وتحديدًا القطاع السكني، قدم إنجازات كبيرة من المساكن الجماعية بما في ذلك الفردية منها. هذه السكنات التي لا تخضع للحد الأدنى من المتطلبات التنظيمية إما حرارياً، صوتياً، مرئياً أو من حيث استهلاكها للطاقة، مما أدى إلى استلام إقامات غير مريحة وأحياناً غير صحية .

عن طريق هذه المذكرة سوف نحاول اظهار أن الراحة المرئية للسكان هو حتمية مبررة في القطاع السكني. هذا الأخير الذي يؤثر على نوعية البيئة الضوئية، ويجب أن يعتبر عنصراً "VIP" في عملية التصميم المعماري كما ان الضوء الطبيعي هو العامل الحاسم في الراحة البصرية .

عند تحليلنا للنتائج، تبين أن الوسط الحضري هو أهمية قصوى لتحديد كمية الضوء اللازمة ليكون السكان في جو مريح. كما ان التعرض للأشعة المباشرة للضوء الطبيعي يمكن أن تسبب حالة من عدم الراحة وذلك من خلال البقع الشمسية .

كلمات البحث: السكن الفردي، والراحة البصرية، جو مضيئة، التحليل، والإضاءة الطبيعية.

SOMMAIRE

REMERCIEMENT	II
RESUME	III
ABSTRACT	IV
ملخص	V
SOMMAIRE	VI
Liste des figures	X
Liste des tableaux	XIII
1. Introduction	1
2. Problématique	1
3. Hypothèse	2
4. Objectifs	2
5. Démarche méthodologique	2
6. Structure du mémoire	2

Chapitre I :

L'éclairage naturel dans les bâtiments.

1. Introduction	5
2. Définition	5
3. Source de l'éclairage naturel	6
3.1.Le soleil	6
3.1.1. Du système Soleil-Terre.....	7
3.1.2. La course solaire	7
3.2.Le ciel	8
3.2.1. Le ciel uniforme	8
3.2.2. Le ciel serein ou clair normalisé (C.I.E)	09
3.2.3. Le ciel couvert normalisé (C.I.E)	09
4. Les objets environnants	10
5. Principes physiques de base	10
5.1.Le rayonnement électromagnétique	10
5.2.Le spectre visible	11
5.3.La lumière et les limites spatiales	11
6. Types d'influences sur l'éclairage naturel	12
6.1.Influence du type du ciel	12
6.2.Influence du moment de l'année	13
6.3.Influence de l'heure	13
6.4.Influence de l'orientation de l'ouverture	13
6.5.Influence de l'environnement	15
6.6.Influence de l'inclinaison de l'ouverture	17

7. Apport d'éclairage naturel dans le bâtiment	18
8. Dispositifs et outils de contrôle de la lumière naturelle dans le bâtiment:	19
8.1.Les baies	19
8.2.L'orientation des baies	20
9. Les types de l'éclairage	19
9.1. L'éclairage latéral	19
9.1.1. Types d'éclairage latéral	20
9.1.1.1.Eclairage unilatéral	20
9.1.1.2.Eclairage bilatéral	20
9.2.L'éclairage Zénithal	21
9.2.1. Spécificités de l'éclairage zénithal	22
9.2.2. Types d'éclairage zénithal	22
9.2.2.1.Les toitures en dents de scie ou sheds	22
9.2.2.2. Les tabatières (skylights)	23
9.2.2.3.Les Lanterneaux	24
9.2.2.4.Les verrières et les dômes	25
9.2.2.5.Puits de lumières	25
9.3.L'éclairage composé	26
10. Contrôle de la lumière naturelle	26
11. Les dispositifs de contrôle solaires	28
12. Les technologies de contrôle solaire	28
13. Conclusion	29

Chapitre II :

Le confort visuel des ambiances lumineuses dans les habitations individuelles

1. Introduction	31
2. Le confort visuel	31
2.1.Paramètres du confort visuel dans le secteur résidentiel	32
2.1.1. Paramètres physiques	32
2.1.2. Paramètres propres à l'environnement	33
2.2.Caractéristiques propres à la tâche à accomplir	33
2.3.Facteurs physiologiques	33
2.4.Physiologie de la vision	33
2.4.1. La perception visuelle	34
2.4.2. Sensibilité temporelle de la vue	34
2.4.3. La perception spatiale de l'œil humaine	35
3. Les caractéristiques de base du confort visuel	36
3.1.Eclairement	36
3.2.Le facteur de lumière du jour	36
3.3.Luminance	37
3.4.Autonomie de lumière du jour	37

3.5.Répartition lumineuse uniforme	37
3.6.Rendement des couleurs	38
3.7.Température de couleur	40
3.8.Eblouissement	40
3.9.Ombre gênant	42
3.10. Transmission lumineuse	43
4. L'influence du type d'ouverture sur le confort visuel dans un bâtiment	43
5. Mesure du confort visuel des ambiances lumineuses	44
6. Les ambiances lumineuses dans l'environnement résidentiel	
6.1.L'espace résidentiel	44
6.2.Les différents types des quartiers résidentiels	45
6.2.1. Le quartier résidentiel traditionnel	45
6.2.2. Le quartier social collectif	45
6.2.3. Le quartier résidentiel et commercial	46
6.2.4. Le quartier résidentiel individuel	47
6.3.Les différents types des habitats	47
6.3.1. L'habitat individuel	47
6.3.2. L'appartement	48
7. Le confort lumineux dans l'espace résidentiel.....	50
7.1.Le journal officiel	50
7.2.Le prospect	50
7.3.Orientation des espaces	51
8. Dispositifs d'amélioration du confort visuel des ambiances lumineuses pour la journée	53
9. Définition d'une ambiance lumineuse	53
10. Types d'ambiances lumineuses	54
11. Les paramètres qui influent sur les ambiances lumineuses	56
11.1. Les couleurs	56
11.2. Les matériaux	57
11.3. La forme de la pièce	57
11.4. La structure	58
12. Conclusion	59

Chapitre III :

Présentation du cas d'étude

1. Introduction	61
2. Présentation de la ville d'El Eulma dans son contexte régional	61
2.1.Caractéristique démographique et situation géographique	61
2.2.L'activité économique	62
3. Climatologie de la ville d'El Eulma	62
3.1.Température	62
3.2.Précipitations	62

3.3.Le potentiel solaire	64
3.4.La couverture nuageuse	65
3.5.Le type du ciel dominant à El Eulma	66
3.6.Le gisement lumineux	68
4. Conclusion sur l'analyse climatique	69
5. Présentation du cas d'étude	70
6. Enquête sur les bâtis	71
7. Méthodologie	71
8. Analyse des résultats	71
9. Caractéristiques constructives des bâtiments	72
10. Analyse typologique du corpus	72
10.1.Le nombre des façades	73
10.2.Le rapport H/L	74
10.3.Rapport bâtis/non bâtis	75
11. Composition des façades (ouvertures)	76
12. Méthodologie utilisées	77
12.1. Enquête	77
12.2. Le questionnaire	78
12.3. Compagne de mesure	78
12.4. La simulation numérique	79
13. Conclusion	79

Chapitre IV :

Etude expérimentale et interprétation des résultats

1. Introduction	82
2. Choix des habitations	82
3. Méthodes d'évaluation	83
3.1. Méthodes simplifiées	83
3.2. Modèles réduits	84
3.3. Modèles numériques	84
4. Propriétés des principaux logiciels informatiques étudiés et leurs applications	84
5. RADIANCE	85
6. Description de la méthode utilisée lors de l'expérimentation	88
7. Interprétation des résultats	93
7.1. Observation et questionnaire	93
7.2. Ambiances lumineuses extérieures	93
7.3. Ambiances lumineuses intérieures	101
7.3.1. Cas des pièces adjacentes à la cour	101
7.3.2. Cas des pièces qui ont une vue sur la façade principale de l'habitat	106
8. Conclusion	109

Conclusion générale, Recommandations Critiques et Perspectives de recherche

1. Conclusion générale	112
2. Recommandations	114
3. Perspectives de recherche	114
Références bibliographiques	117
Annexe	122

LISTE DES FIGURES

Figure I.1. Les différentes sources de la lumière naturelle	06
Figure I.2. Rotation de la terre autour de son axe	07
Figure I.3. Rotation Terre autours du soleil	07
Figure I.4. Coordonnée du Soleil	08
Figure I.5. Schéma d'un ciel uniforme	09
Figure I.6. Schéma d'un ciel serein normalisé	09
Figure I.7. Le spectre électromagnétique	11
Figure I.8. Le spectre visible	12
Figure I.9. Les masques solaires	15
Figure I.10. Exemple de masque solaire.....	16
Figure I.11. Immeuble à matériau réfléchissant	16
Figure I.12. Influence de la végétation	17
Figure I.13. Ouverture latérale dans différents types de ciel	18
Figure I.14. Ouverture zénithale dans différents types de ciel	18
Figure I.15. Exemple d'un éclairage unilatéral.	20
Figure.I.16. Exemple d'un éclairage bilatéral	21
Figure I.17. Exemple d'un éclairement d'une pièce par éclairage zénithal pour un ciel ouvert	21
Figure I.18. Principe du Shed	22
Figure I.19. Exemple d'éclairage zénithal de type tabatière	23
Figure I.20. Critère pour les tabatières.....	24
Figure I.21. Les différents types de lanterneaux	24
Figure I.22. Schéma représentant les valeurs du FLJ	24
Figure I.23. Puits de lumière	25
Figure I.24. Exemple de dispositif de controle de la lumière (végétation)	26
Figure I.25. Exemple de dispositif de contrôle de lumière (brise soleil)	26
Figure I.26. Principe de lumiducs	28
Figure I.27. Principe du lightshelves	28
Figure II.1. Variation du pourcentage des personnes satisfaites en fonction de l'éclairement... 32	32
Figure II.2. Composantes de la lumière naturelle	33
Figure II.3. Structure de l'œil humain.....	34
Figure II.4. Le champ visuel.....	35
Figure II.5. Répartition lumineuse uniforme	38
Figure II.6. Réfraction et réflexion de la lumière par les gouttes d'eau	38
Figure II.7. Habitation individuelle peinte en clair dans la cité des 426 lgts à El Eulma	39
Figure II.8. Effet d'éblouissement	40
Figure II.9. Eblouissement direct et éblouissement par réflexion	41
Figure II.10. Source lumineuse de haute luminance sous différents angles de regard	41
Figure II.11 Lumière de côté droit	42
Figure II.12. Lumière dirigé vers le dos	42
Figure II.13. Eclairage diffus	42
Figure II.14. Combinaison d'éclairage directionnel	42
Figure II.15. Eclairage diffus et direct	42
Figure II.16. Répartition du FLJ dans un plan de travail d'une salle de classe	43
Figure II.17. Skydome	44

Figure II.18 : exemple d'un quartier résidentiel traditionnel.....	45
Figure II.19. Exemple d'un quartier social collectif.....	46
Figure II.20. Exemple d'un quartier résidentiel commercial.....	46
Figure II.21. Exemple d'un quartier résidentiel individuel.....	47
Figure II.21. Habitat individuel.....	48
Figure II.22. Les puits de lumière.....	48
Figure II.23. Les Fenêtres.....	49
Figure II.24. Exemple de 03 appartements par palier.....	50
Figure II.25. Différents cas de prospect.....	50
Figure II.26. Schéma explicatif des orientations des espaces habitables.....	51
Figure II.28. Pénombre utilisant la végétation	55
Figure II.29. Pénombre dans une chambre	55
Figure II.30. Une ambiance lumineuse inondée dans une habitation individuelle pendant la journée.....	55
Figure II.31. Pièce avec couleur chaude	56
Figure II.32. Pièce avec couleur froide	56
Figure II.33. Diagramme de Kruithof	57
Figure II.34. un éclairage déterminant la forme d'une chambre	58
Figure II.34. Eglise de la lumière	58
Figure III.1. Situation de la ville d'El Eulma	61
Figure III.2. Variation de la température moyenne mensuelle	63
Figure III.3. Valeurs des précipitations moyennes mensuelles	63
Figure III.4. Durée d'insolation à la station d'El Eulma	64
Figure III.5. Carte de situation des stations météorologiques	65
Figure III.6. Exemple d'une configuration des nuages produite par ISCCP	66
Figure III.7. Le taux de la couverture nuageuse durant l'année pendant 24 heures	67
Figure III.8. Résultat de la disponibilité de la lumière du jour en Algérie	69
Figure III.9. Situation de la cité des 426 lots dans la ville d'El Eulma	70
Figure III.10. Vue aérienne sur la cité des 426 lots.....	71
Figure III.11. Situation des habitats dans la cité 426 des lots	73
Figure III.11. Habitats a deux façades	73
Figure III.12. Habitats a une seule façade	74
Figure III.13. Cas où $H > L$	74
Figure III.14. Cas où $H < L$	75
Figure III.15. Cas où $H = L$	75
Figure III.16. Cas où la surface bâtie > surface non bâtie	76
Figure III.17. Cas où la surface bâtie = surface non bâtie	76
Figure III.18. Composition des façades	77
Figure III.21. Luxmètre utilisé pour la prise des mesures	78
Figure IV.1. Vues extérieures d'une habitation	83
Figure IV.2. Vues à l'intérieure d'une habitation	83
Figure IV.3. Logo du code RADIANCE	86
Figure IV.4. Exemple des niveaux d'éclairage lumineux en contour sur un rendu par RADIANCE	87
Figure IV.5. Exemple des niveaux d'éclairage lumineux en valeurs ponctuels sur un rendu par RADIANCE	87
Figure IV.6. Plan de situation du corpus et emplacement des prises des photos	88

Figure. IV.7. Récapitulatif des photos des ambiances lumineuses extérieures	89
Figure. IV.8. Eclairage sur l'axe de la rue	91
Figure. IV.9. Variation de l'éclairage mesuré aux différents points.....	92
Figure. IV.10. Exemple d'une habitation (P09) reproduite par Ecotecte	92
Figure. IV.11. Résultats d'une ambiance lumineuse intérieure de l'habitation (P09) simulé par RADIANCE adjacente de la façade	92
Figure IV.12. Les différentes étapes de l'expérimentation	93
Figure. IV.13. Présence d'un obstacle végétal	94
Figure. IV.14. Élimination de l'obstacle par le propriétaire	94
Figure. IV.13. Ambiance lumineuse à 08h au P02.....	95
Figure. IV.14. Ambiance lumineuse à 12h au P02.	95
Figure. IV.15. Ambiance lumineuse à 16h au P02.....	95
Figure. IV.16. Ambiance lumineuse à 08h au P04.....	96
Figure. IV.17. Ambiance lumineuse à 12h au P04.....	96
Figure. IV.18. Ambiance lumineuse à 18h au P04.....	96
Figure. IV.19. Ambiance lumineuse urbaine à 08h au P05.....	97
Figure. IV.20. Ambiance lumineuse urbaine à 12h au P05.....	97
Figure. IV.21. Ambiance lumineuse urbaine à 14h au P05.....	97
Figure. IV.22. Ambiance lumineuse urbaine à 08h au P09.....	98
Figure. IV.23. . Ambiance lumineuse urbaine à 12h au P09.	98
Figure. IV.24. Ambiance lumineuse urbaine à 14h au P09.....	98
Figure. IV.25. Ambiance lumineuse urbaine à 18h au P10.....	98
Figure. IV.26. Variations de l'éclairage en fonction du temps pour P02	99
Figure. IV.27. Variations de l'éclairage en fonction du temps pour P03	99
Figure. IV.28. Variations de l'éclairage en fonction du temps pour P04	100
Figure. IV.29. Variations de l'éclairage en fonction du temps pour P10	100
Figure. IV.30. Ambiance lumineuse au P07 à 12h	100
Figure. IV.31. Ambiance lumineuse au P05 à 12h	100
Figure. IV.32. Ambiances lumineuses simulées adjacentes des cours	104
Figure. IV.33. Ambiances lumineuses simulées des espaces donnant sur l'extérieur	107

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I.1. Les facteurs de réflexion de quelques matériaux	10
Tableau II.1. Impression visuelle ressentie en fonction de la valeur du facteur de lumière du jour mesurée	36
Tableau II.2. Valeurs recommandées de FLJ.....	49
Tableau II.3. Classification de la perception des couleurs selon la plage d'IRC	40
Tableau II.4. Les réactions subjectives selon l'indice d'inconfort	42
Tableau II.5. Les niveaux d'éclairage recommandés selon les pièces et le type d'activité..	52
Tableau III.1. Caractéristiques des stations pluviométriques de Sétif et El Eulma	62
Tableau III.2. Taux de couverture nuageuse à la station d'El Eulma pour la période 2002/2012.....	76
Tableau III. 3. Taux de couverture nuageuse annuelle pendant 24 heures	76
Tableau IV.1. Principaux logiciels utilisés dans le domaine de la modélisation des ambiances lumineuses intérieures des habitations.....	85
Tableau IV.2. Eclairage mesuré pendant une journée aux différents points	91
Tableau IV.3. Tableau récapitulatif.....	101

1. Introduction

La conception bioclimatique des constructions repose sur l'optimisation de l'utilisation des apports solaires lumineux naturels. Cette utilisation optimisée est guidée par : la taille des ouvertures, leurs orientations, les matériaux utilisés, l'enveloppe du bâtiment, mais bien aussi par le contrôle des apports solaires lumineux par l'utilisation des stores. Durant cette conception le critère principal, est de ne pas avoir un effet d'éblouissement, avec une luminance équilibrée, là où se trouve l'utilisateur selon son activité.

Construire Vite !, beaucoup !, et pas chère, a engendré une rupture de relation entre l'architecture et l'environnement. La conception architecturale actuelle en Algérie ignore dans son processus de développement, les principes primordiaux du bien-être de l'utilisateur. Donc on fait appel A d'autres moyens énergivores (auto-stores, éclairage artificiel, climatisation, chauffage centralisé, etc.) qui coute principalement notre environnement par l'émission du CO2, qui est due à la surexploitation de l'électricité produite à base de l'énergie faucille.

Les décideurs (maitres d'ouvrages publics ou privés) Ne sont pas sensibles à la question du confort visuel et l'intégration des systèmes d'éclairage naturel. La manipulation de ces derniers, contribuent au confort visuel, tel que la taille des ouvertures, l'orientation des façades, le choix des matériaux, ...etc.

L'importance de l'éclairage naturel s'impose du fait qu'il permet une réduction significative de la consommation de l'énergie électrique dans le bâtiment. Le secteur du bâtiment émet un taux élevé des gaz à effet de serre, responsable du réchauffement du climat planétaire qui représente 40% de plus de la consommation nationale.

L'objectif majeur de la présente étude est d'évaluer le confort visuel dans les habitations individuelles, à travers la compréhension et à la résolution de l'optimisation de l'éclairage naturel et la réduction de la consommation d'énergie.

2. Problématique :

Le confort visuel ne peut être obtenu qu'après une bonne conception architecturale, à cela s'ajoute la bonne intégration des matériaux qui répond aux critères de réflexion, de transparence ; etc. La présence de la lumière naturelle est indispensable, particulièrement pour assurer le confort visuel des occupants. Et ce en s'appuyant sur plusieurs facteurs qui ont des conséquences sur le plan physiologique et psychologique des individus.

Ce travail s'inscrit dans une optique globale de recherche sur l'optimisation qualitative, notamment le confort visuel dans les habitations, précisément les habitations individuelles. A travers cette recherche, on va essayer de répondre à une question essentielle à la production d'une architecture intégrée et des espaces sains et confortables :

- **Quelle est la stratégie urbaine à adopter pour assurer le confort et la qualité visuelle au sein des habitations et dans les espaces résidentiels ?**

3. Hypothèse :

Pour répondre à la problématique posée, on a émis les hypothèses suivantes :

- ❖ La qualité de l'environnement lumineux est tributaire de la configuration urbaine et architecturale du bâtiment ;
- ❖ Les stratégies de conception peuvent améliorer le confort visuel intérieur et extérieur dans les zones résidentielles.

4. Objectifs :

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

- ❖ Mettre en place les stratégies à adopter pour améliorer la qualité de l'environnement lumineux ;
- ❖ Minimiser la consommation énergétique ;
- ❖ Réduire la pollution visuel ;
- ❖ Diversifier les ambiances lumineuses et améliorer leurs qualité ;
- ❖ Considérer la lumière comme un élément de conception architecturale et urbaine.

5. Démarche méthodologique :

La première partie de notre démarche consiste à présenter quelques aspects théoriques du sujet, tel que :

- le concept de l'éclairage naturel et du confort visuel dans les bâtiments.
- la présentation des notions de base qui nous semble indispensables pour aborder ce sujet.
- La présentation des caractéristiques de la zone d'étude, telle que la géographie, la population, le climat ; etc.

Dans la deuxième étape de cette démarche, sera consacrée à l'approche expérimentale au cours de laquelle, des simulations d'évaluation des conditions de confort visuel et de la lumière naturelle dans les habitats seront effectuées. Cette approche sera réalisée de la manière suivante :

- Collecte des données sur les habitats qui permettra d'avoir une classification typologique de ces constructions. Ceci permettra d'avoir des modèles représentatifs et de déterminer les variables caractérisant ces habitats.
- Elaborer une analyse qualitative pour évaluer le confort visuel des ambiances lumineuses des habitats.

6. Structure du mémoire :

Notre travail de recherche s'articule sur deux axes principaux : l'un théorique et l'autre expérimental.

La première phase sera consacrée principalement à la partie introductive et théorique. Il s'agit de mettre en exergue la lumière sur les théories et les concepts concernant cette recherche. Elle est composée de deux chapitres :

- On commence par une introduction générale qui définit le gabarit de cette initiation à la recherche, de tous ce qui concerne la problématique, les hypothèses la méthodologie... etc.
- Le premier chapitre est consacré à la définition du concept de l'éclairage naturel dans le bâtiment ; ce qui permet d'expliquer les différents types d'éclairage naturel ;
- Le deuxième chapitre sera focalisé sur le confort visuel.

La deuxième partie est réservée à l'expérimentation et l'interprétation des résultats et qui comporte deux chapitres :

- Le premier chapitre sera consacré aux caractéristiques de la zone d'étude, telle que la géographie, population, climat ainsi que les matériaux de construction utilisés, les dispositifs pour assurer des conditions de confort et des ambiances plus agréables.
- Le deuxième chapitre sera consacré à l'évaluation qualitative du confort visuel basé sur la simulation numérique.

Chapitre I :
L'éclairage naturel dans les bâtiments

1. Introduction :

Dans l'architecture contemporaine, on constate un usage exagéré de systèmes artificiels. On arrive ainsi à un point où l'ambiance intérieure théoriquement contrôlée devient fréquemment plus inconfortable que l'extérieur : une architecture qui fonctionne moins bien que le climat. Donc éclairer naturellement un bâtiment, est plus qu'une solution technique à un problème d'efficacité énergétique ou bien même qu'une solution esthétique d'intégration à l'architecture. La lumière naturelle doit être un composant essentiel d'une philosophie qui reflète une attitude plus responsable et plus sensible de l'être humain par rapport au milieu où il vit. C'est une des stratégies fondamentales dans les conceptions bioclimatiques que ce soit solaire, passive ou de haute qualité environnementale (HQE).

La conception des ambiances lumineuses confortables au sein des habitations en utilisant la lumière naturelle qui répond aux besoins des usagers selon la tâche à effectuer, exige une connaissance des différentes variables qui influent sur la qualité de la lumière naturelle qui pénètre dans l'espace. Lorsqu'on parle de lumière, on considère qu'elle est à la fois une particule élémentaire (photon) et une onde électromagnétique caractérisée par une fréquence, une vitesse de propagation et une amplitude.

Dans ce chapitre nous allons essayer de définir le concept de l'éclairage naturel et ses sources, en passant par les différents dispositifs de l'éclairage naturel en plus des performances de chacune des techniques, leurs avantages et leurs inconvénients.

2. Définition :

Certains spécialistes dans le domaine ont, pendant longtemps, omis de considérer dans leurs définitions et leurs calculs, l'éclairage direct provenant du soleil, ne prenant en considération que la lumière diffuse du ciel. Parmi ces spécialistes, nous citerons **CHAUVEL** et **DERIBERE**(1968) qui le décrivent comme étant « l'éclairage produit par la voûte du ciel, à l'exclusion de l'éclairage produit par le soleil. Toutefois, dans certains cas, on considère l'éclairage global, mais il doit toujours être précisé que c'est y compris la lumière provenant directement du soleil ou réfléchi par des surfaces ensoleillées »

BOUVIER, (1981), de son côté, le définit comme étant « l'éclairage produit par la voûte céleste et les réflexions de l'environnement, à l'exclusion de l'éclairement direct du soleil ». Cette exclusion du rayonnement direct du soleil est réaliste lorsque la région d'étude se caractérise par une fréquence quasi absolue de ciel couvert qui masque totalement le disque solaire, comme c'est le cas au Royaume Uni par exemple. Mais ceci est impropre dans une région caractérisée par un ciel clair, où le soleil brille une bonne partie de l'année, comme par exemple dans les régions subtropicales, et notamment en Algérie.

3. Source de l'éclairage naturel :

Parmi les sources de l'éclairage naturel on distingue **les sources lumineuses diurnes** (primaire tel que le soleil et secondaire comme le ciel et les objets environnants) qui émettent le rayonnement électromagnétique pendant la journée qui est l'origine de la vision phot-optique.

3.1. Le soleil :

Le soleil est la seule origine du rayonnement visible direct, défini comme étant (la partie de l'irradiation solaire qui atteint la surface terrestre sous forme de rayons parallèles et qui résulte d'une atténuation sélective par l'atmosphère). Fig. I.1.

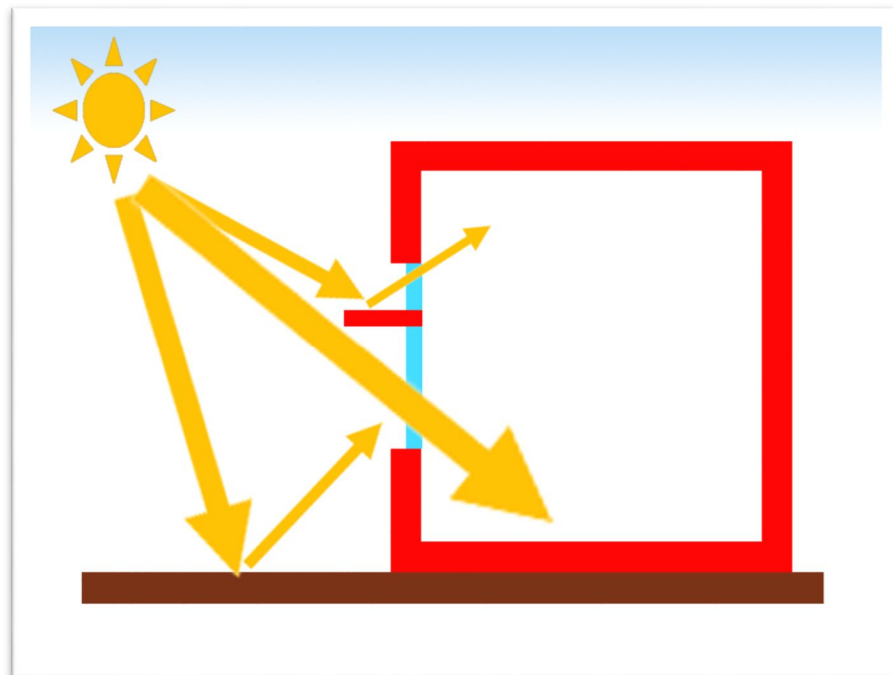


Figure I.1. Les différentes sources de la lumière naturelle.

Source : Auteur

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

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

3.1.1. Du système Soleil-Terre :

La terre tourne à l'intérieur du système solaire d'une façon très complexe et c'est au tour de l'axe équateur qu'elle tourne pour une durée de 24H ce qui définit le cycle jour/nuit, alors qu'en même temps, la Terre tourne aussi autour du Soleil ce qui provoque le changement saisonniers pendant 365jours. Fig. I.2 et I.3.

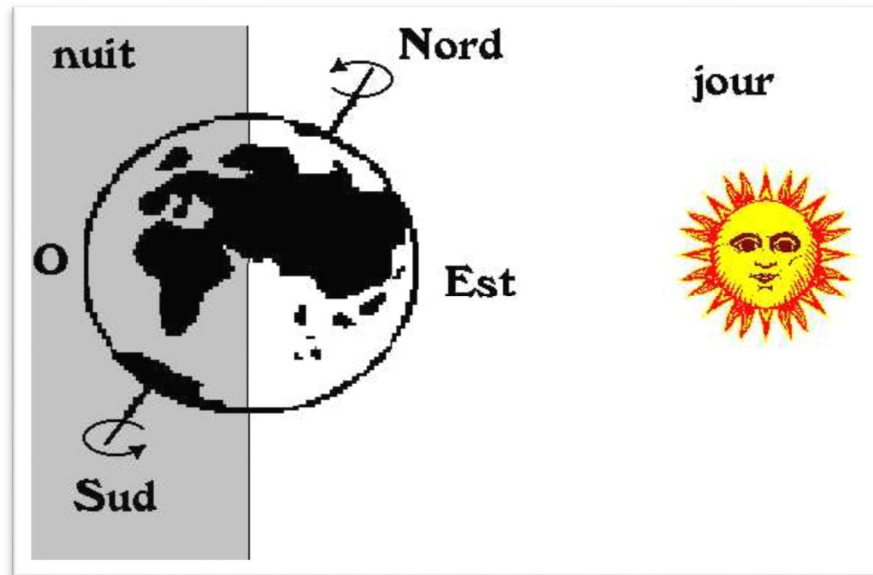


Figure I.2. Rotation de la terre autour de son axe.

Source : <http://sirius.astroclub.free.fr/>

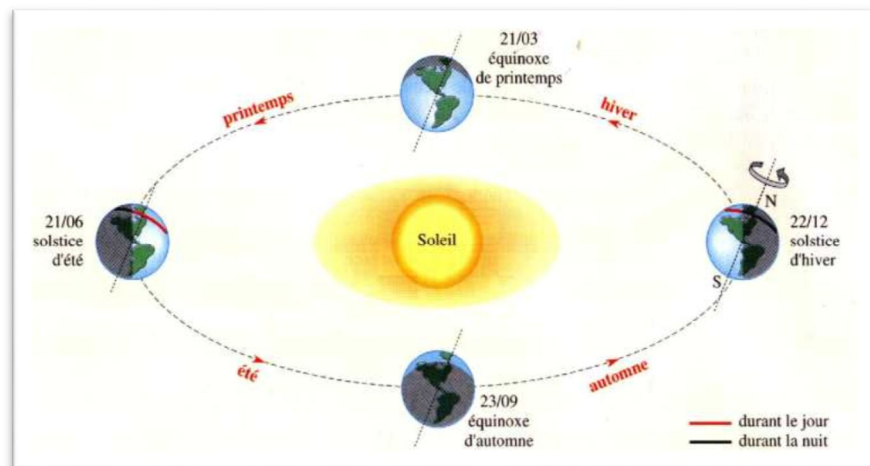


Figure I.3. Rotation Terre autour du soleil

Source : <http://sirius.astroclub.free.fr/>

3.1.2. La course solaire :

L'emplacement du soleil dans le ciel est défini par la course solaire qui est repéré par son azimut et sa hauteur angulaire par rapport au système Terre-Soleil. L'azimut est l'angle horizontal formé par un plan vertical passant par le soleil et le plan méridien du point d'observation. Par

convention, l'orientation Sud-Est a une valeur égale à zéro. La hauteur angulaire du Soleil est l'angle que fait la direction du soleil avec le plan de l'horizon. Fig. I.4.

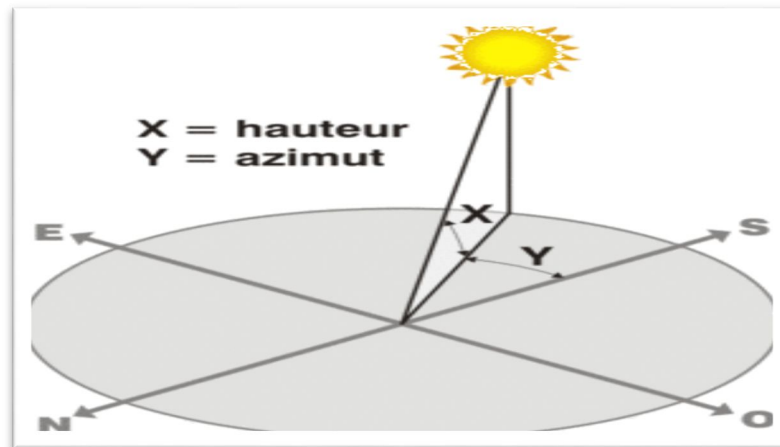


Figure I.4. Coordonnée du Soleil.

Source : <http://sirius.astroclub.free.fr/>

3.2. Le ciel

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

Parmi les principaux types adoptés pour le calcul de l'éclairage naturel on cite :

3.2.1. Le ciel uniforme :

C'est un modèle de ciel dont tous les points ont la même luminance. Fig. I.5. C'est le type de ciel le plus ancien et qui donne des calculs très simples pour établir les abaques. Mais ce type n'est pas retenu pour la normalisation internationale.

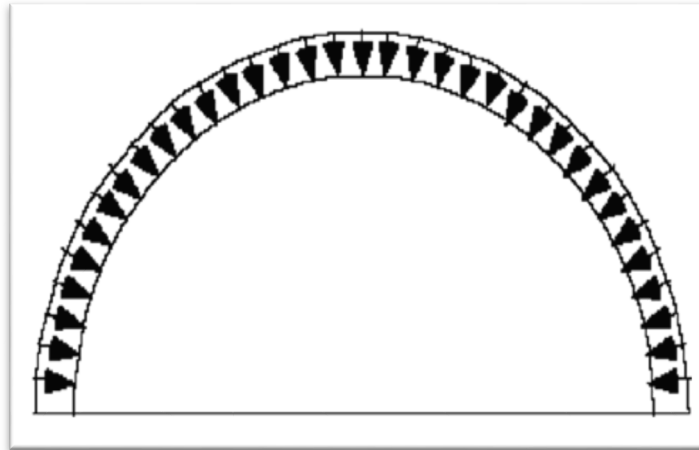


Figure I.5. Schéma d'un ciel uniforme.
Source : IZARD J. L. 1994.

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

C'est le type de ciel dont la luminance varie selon le positionnement du luminaire (exp: soleil) pendant la journée et selon les saisons et les latitudes. Fig. I.6. Dans ce cas les calculs prennent en considération la variation du positionnement du soleil et donc l'angle d'insolation mais pas la variation de la luminance de la source lumineuse.

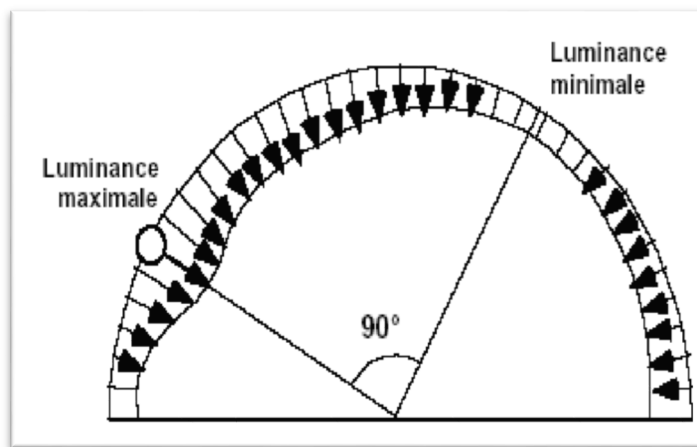


Figure I.6. Schéma d'un ciel serein normalisé.
Source : IZARD J. L. 1994.

3.2.3. Le ciel couvert normalisé (C.I.E):

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

4. Les objets environnants :

Les objets environnants sont invisibles pour l'être humain et n'émettent pas de rayonnement visible que s'ils sont très chauds ou bien quand ils réfléchissent le rayonnement visible qui les éclaire. Dans les habitations la lumière réfléchie se compose en deux : réfléchie interne et réfléchie externe, la première est celle réfléchie par le sol et les obstructions, son intensité dépend de plusieurs facteurs tels que l'éclairement des surfaces, le facteur de réflexion, l'angle d'incidence, ... etc. Cette composante devrait être considérée comme élément de conception. BROWN and DEKAY, 2001.

La seconde est réfléchi aussi, mais par les surfaces dans l'espace éclairé lui-même comme le plafond, les parois, le plancher, ... etc. Tableau I.1.

5. Principes physiques de base

5.1. Le rayonnement électromagnétique :

Le rayonnement électromagnétique est une forme de transport d'énergie qui se caractérise par des variations périodiques de l'état électromagnétique de l'espace, interprétable également par le mouvement de particules élémentaires : les photons. Ce spectre se caractérise par sa fréquence (f en Hertz) et sa longueur d'onde (λ en mètre). Fig. I.7.

Tableau I.1. Les facteurs de réflexion de quelques matériaux.

DE HERDE et LIEBARD, 2005.

Nature du sol	Facteur de réflexion	peinture	Facteur de réflexion
Pelouse	0,18 à 0,23	Couleurs claires : Blanc Jaune Beige Vert Gris Rose, bleu Rouge Couleurs moyennes : Blanc Jaune Beige Gris, Rose Vert Bleu, rouge Noir Couleurs Foncées Jaune Beige Gris, Rose Vert Rouge Bleu	
Herche sèche	0,28 à 0,32		0,80
Sable	0,09 à 0,55		0,70
Plan d'eau (H. Soleil 40° à 10°)	0,10 à 0,47		0,65
Prairie	0,14 à 0,18		0,60
Arbre à feuilles caduques	0,15		0,60
Confère	0,05		0,50
Neige fraîche	0,80 à 0,90		0,35
Neige ancienne	0,45 à 0,70		
Terre	0,26		0,70
Macadam	0,18		0,50
Gravier	0,15 à 0,35		0,45
Matériaux de construction			0,35
Vitrage	0,08 à 0,40		0,30
Brique rouge	0,05 à 0,20		0,20
Béton neuf	0,40 à 0,50		0,04
Béton vieux	0,05 à 0,15		
Ciment	0,20 à 0,40	0,30	
Ardoise	0,10 à 0,15	0,25	
Aluminium	0,55 à 0,75	0,20	
Tôle de zinc, Asphalte	0,08 à 0,20	0,12	
Cuivre	0,48 à 0,50	0,10	
Chrome	0,52 à 0,70	0,05	

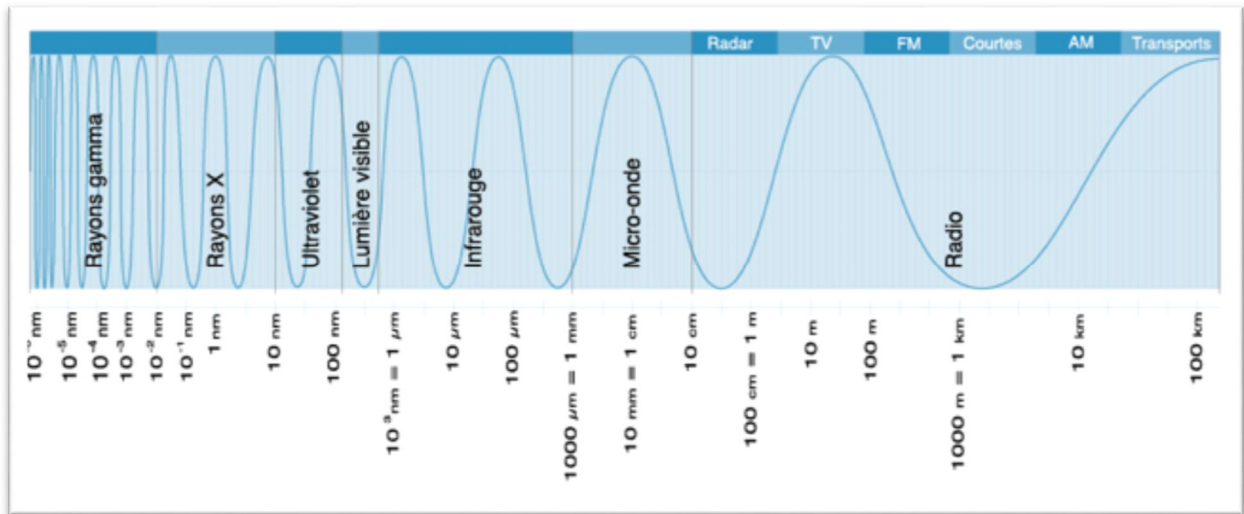


Figure I.7. Le spectre électromagnétique.

Source : <http://astro-canada.ca/>

On distingue deux types principaux de sources de rayonnement visibles : les sources thermiques et les sources agissant par décharges, bien que du point de vue de l'architecture on se limite aux sources thermiques.

A la température ambiante (300 °K), les corps émettent essentiellement dans les longueurs d'onde correspondant à l'infrarouge (entre 5 et 50μm). Si leur température augmente, la puissance émise augmente et la longueur d'onde d'émission diminue et se déplace vers le domaine visible. Pour le soleil dont la température de surface est proche de 6000 °K, le maximum d'émission se situe aux environs de 0,5μm, au milieu du spectre visible. La vision humaine s'est ainsi adaptée à la source principale de rayonnement rencontré sur la Terre.

5.2. Le spectre visible :

La lumière n'est pas seulement un vecteur énergétique, mais elle est également colorée en fonction des longueurs d'onde qu'elle comporte dans le domaine visible. Fig. I.8. En effet, à chaque longueur d'onde du spectre visible correspond une couleur différente. La lumière solaire qui contient toutes les longueurs d'onde du domaine visible et dont la répartition spectrale du rayonnement correspond à celle du corps noir, sert de référence, est souvent appelée lumière blanche.

5.3. La lumière et les limites spatiales :

La lumière se propage dans l'espace à une telle vitesse qu'à l'échelle des bâtiments on peut raisonnablement la considérer comme instantanée. Quand elle rencontre un corps réel, une partie du rayonnement incident est transformée en chaleur, c'est le phénomène d'absorption, une partie peut être réfléchiée, et si le corps est transparent, une autre partie peut être transmise. On définit ainsi trois coefficients, l'absorptivité, la réflectivité et la transmissivité qui

représentent respectivement les pourcentages du flux incident qui sont absorbés, réfléchis ou transmis. Par définition, la somme de ces trois coefficients est toujours égale à l'unité.

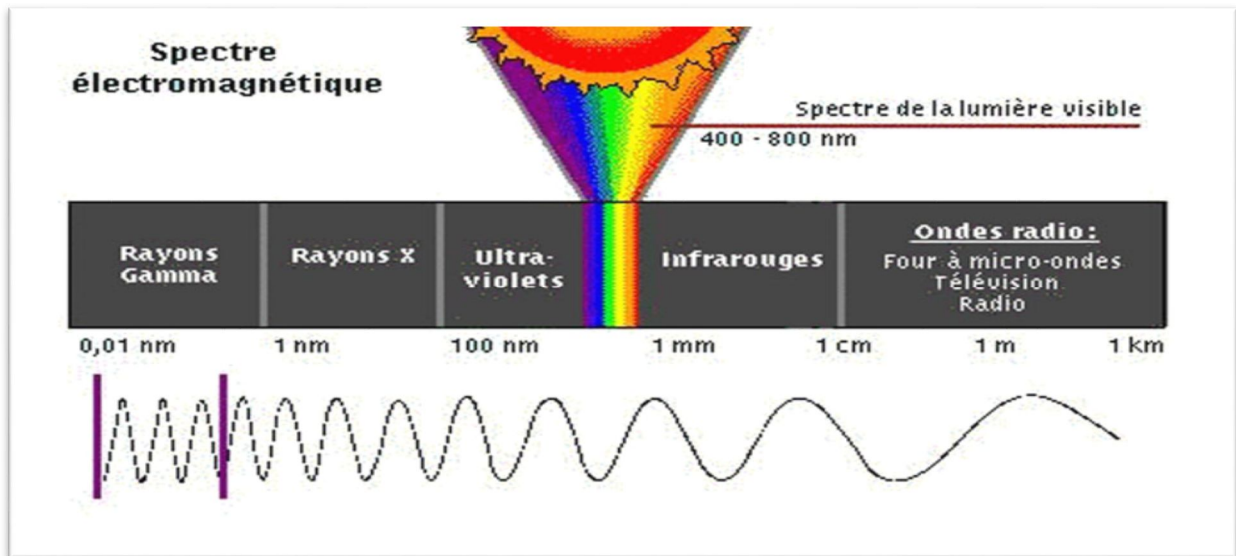


Figure I.8. Le spectre visible.
Source : <http://atechimie.univ-lille1.fr/>

En architecture, où la plupart des surfaces ont des caractéristiques lumineuses diffuse, ce comportement permet à la lumière de se répartir de façon quasi uniforme dans les espaces intérieurs. Les surfaces spéculaires peuvent avoir un intérêt spécifique pour réfléchir la lumière et plus particulièrement le rayonnement solaire direct dans des directions spécifiquement intéressantes. De plus, les surfaces transparentes (verre) sont en général peu diffusantes, ce qui permet de conserver d'une part la direction des rayonnements solaires directs, mais aussi de tout rayonnement visible, et donc de permettre la vision sans déformation de la géométrie, effet tout à fait déterminant.

6. Types d'influences sur l'éclairage naturel :

La lumière naturelle n'est ni fixe ni toujours égale dans sa qualité et son intensité, elle dépend du type du ciel, le moment de l'année, l'heure, l'orientation et l'inclinaison de l'ouverture et de l'environnement.

6.1. Influence du type du ciel :

La lumière naturelle traduit les fluctuations de l'état du ciel. Elle est composée de la lumière directe du soleil et de la lumière diffuse du ciel. Les stratégies à mettre en place pour accroître la luminosité intérieure d'un édifice doivent tenir compte de cette différence.

La lumière solaire directe dispense un flux considérable qui s'avère facile à capter et à diriger. Elle présente une dynamique intéressante et peut être utilisée en tant qu'énergie thermique. Par contre, le rayonnement solaire

direct est souvent une source d'éblouissement et parfois de surchauffe du bâtiment. De plus, sa disponibilité est épisodique et dépend de l'orientation des ouvertures.

La lumière diffuse du ciel est disponible dans toutes les directions. Elle suscite peu d'éblouissement et ne provoque pas de surchauffe mais elle peut être considérée comme insuffisante dans de nombreux cas. En outre, elle crée peu d'ombres et de très faibles contrastes.

6.2. Influence du moment de l'année :

Pour des conditions de ciel clair avec le soleil, le 15 juin à 13 heures universelles, le niveau d'éclairement simulé dans un cas de base atteint 55 000 lux à proximité de la fenêtre. Mais ces valeurs d'éclairement très élevées ne concernent qu'une bande étroite le long de la façade, ce qui est lié à la hauteur du soleil qui atteint 62° le 15 juin à 13 heures. Par contre, le 15 décembre, l'éclairement est compris entre 14 000 et 11 000 lux sur plus de la moitié du local. Au fond de l'espace, les valeurs atteintes sont de 750 lux le 15 juin et 1 600 lux le 15 décembre.

De l'été à l'hiver, le rayonnement solaire direct pénètre plus en profondeur dans le local mais le niveau d'éclairement à proximité de la fenêtre diminue progressivement.

6.3. Influence de l'heure :

Par ciel clair avec le soleil, la répartition lumineuse varie fortement d'une heure à l'autre et d'un point à l'autre du local. La lumière disponible augmente jusqu'à la mi-journée, puis diminue. Pour la journée du 15 décembre, par exemple, les valeurs d'éclairement obtenues à 9h univ, sont comprises entre 2 600 lux près de la fenêtre et 400 lux au fond du local ; tandis qu'à 13h univ, l'éclairement vaut 11 000 lux sur plus de la moitié du local et 1 600 lux au fond.

Le rayonnement solaire direct induit une tache de lumière qui évolue, au cours de la journée, depuis le mur Ouest du local vers le mur Est.

6.4. Influence de l'orientation de l'ouverture :

L'organisation spatiale d'un bâtiment devrait toujours être faite en fonction du moment d'occupation des locaux, de l'activité qui s'y déroule et de la course du soleil.

Il est préférable de placer les fenêtres de telle façon que le soleil puisse pénétrer à l'intérieur d'un local au moment où il est le plus utilisé. Ainsi, les locaux essentiellement occupés le matin devraient, dans la mesure du possible, être orientés vers l'Est, ceux occupés dans le courant de la journée, vers le Sud et ceux où l'on se tient en soirée, vers l'Ouest. Pour une habitation domestique, on choisira, par exemple, une orientation Est pour la cuisine, tandis qu'une orientation Ouest convient davantage à un salon. Les locaux de service ainsi que les pièces de travail nécessitant une lumière constante et homogène sont de préférence orientés vers le Nord. L'apport de lumière naturelle est maximum sur la façade Sud en hiver et en entre saison. Par contre, en été, le rayonnement

solaire est plus important à l'Est pendant la matinée et à l'Ouest durant l'après-midi.

Les ouvertures orientées vers le Sud offrent donc la meilleure situation puisqu'elles captent un maximum de rayons solaires en hiver et durant l'entre-saison. En été, il est plus facile de se protéger du soleil au Sud puisqu'il est plus haut dans le ciel. La façade Sud apparaît donc comme l'orientation privilégiée pour capter la lumière naturelle. Lorsque le ciel est couvert, le rayonnement lumineux est diffusé dans toutes les directions. Les baies vitrées verticales captent donc la lumière de manière similaire, indépendamment de leur orientation. Par contre, lorsque le ciel est clair, l'orientation de la baie vitrée influence directement la quantité de lumière captée. Ainsi, une baie vitrée perpendiculaire aux rayons solaires captera beaucoup plus de lumière que les autres orientations.

Les espaces orientés vers le Nord bénéficient toute l'année d'une lumière égale et du rayonnement solaire diffus. Pendant l'été, elles peuvent devenir une source d'éblouissement, difficile à contrôler car le soleil est bas. Il est judicieux de placer des ouvertures vers le Nord lorsque le local nécessite une lumière homogène, peu variable ou diffuse, ce qui est préférable pour certaines activités comme un atelier de peinture, par exemple.

Les espaces orientés vers l'Est profitent du soleil le matin mais le rayonnement solaire est alors difficile à maîtriser car les rayons sont bas sur l'horizon. L'exposition solaire y est faible en hiver mais elle permet d'apporter des gains solaires au moment où le bâtiment en a le plus besoin. Par contre, en été, l'orientation Est présente une exposition solaire supérieure à l'orientation Sud.

Une orientation Ouest assure une insolation directe en soirée, un éclairage doux et chaleureux. Toutefois, il y a un risque réel d'éblouissement et les gains solaires ont tendance à induire des surchauffes. En effet, les vitrages tournés vers l'Ouest apportent des gains solaires l'après-midi, au moment où le bâtiment est depuis longtemps en régime.

Une orientation Sud entraîne un éclairage important, une lumière plus facile à contrôler et d'un ensoleillement maximal en hiver, ce qui est souvent l'idéal.

En effet, en hiver, le soleil bas pénètre profondément dans la pièce tandis qu'en été, la hauteur solaire est plus élevée et la pénétration du soleil est donc moins profonde. En été, les apports solaires sur une surface verticale sont également nettement inférieurs au Sud qu'à l'Est ou à l'Ouest.

6.5. Influence de l'environnement :

Chaque lieu spécifique développe sa propre identité vis-à-vis de sa région et de son climat général. Le côté Est d'une montagne offre de beaux levers de soleil et qui disparaît rapidement dans la soirée. Le versant Ouest montre de superbes couchers mais un soleil qui se lève tard. Le creux de la vallée reçoit une période d'ensoleillement direct plus courte que le sommet de

la montagne. La topographie, la végétation, la nature du sol et l'urbanisme influencent entre autres les données météorologiques d'un lieu, chaque site est caractérisé par un microclimat.

La lumière disponible dépend donc de l'environnement direct du bâtiment par 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. Lors de la conception d'un bâtiment, il est donc important de mesurer l'impact de l'environnement existant sur le nouvel édifice afin de profiter au mieux des possibilités offertes par le terrain pour capter la lumière.

Le relief du terrain peut provoquer de l'ombre sur un bâtiment ou au contraire favoriser son ensoleillement. L'éclairement d'un site en pente dépend de la géométrie solaire ainsi que de l'orientation et de l'inclinaison du terrain. Les pentes Sud jouissent d'une meilleure insolation que les terrains plats. Il faut prendre en compte les caractéristiques naturelles du site et tirer profit du profil du terrain, que l'on pourra au besoin remanier localement.

On appelle "**masque solaire**" tout corps empêchant le rayonnement solaire d'atteindre une surface que l'on désire ensoleiller. En ville et en hiver, il est parfois difficile de capter quelques rayons solaires à cause des bâtiments voisins qui leur font écran. Fig. I.09.

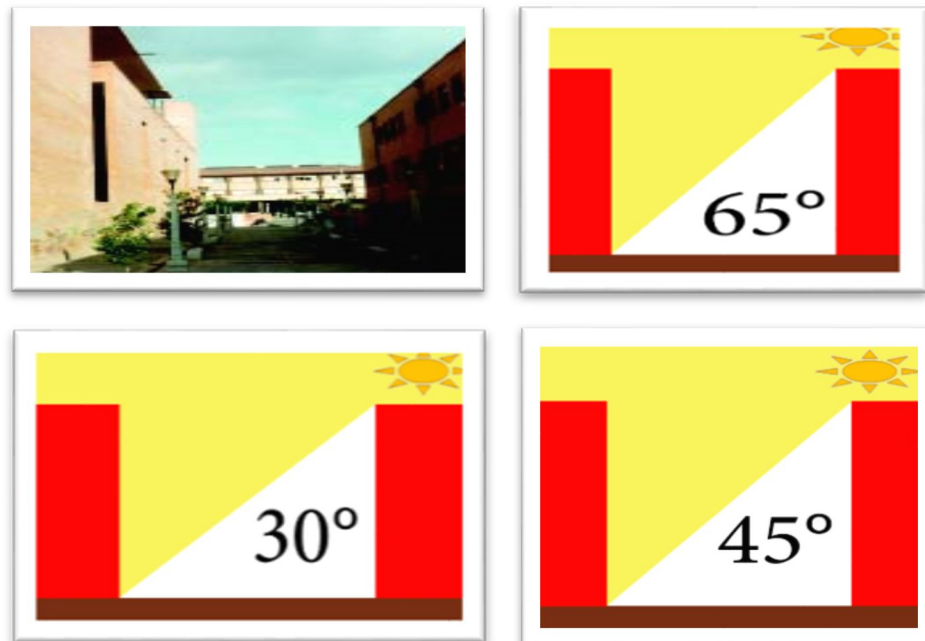


Figure I.09. Les masques solaires.

Source : Auteur.

L'effet de rue est caractérisé par le masque solaire que créent les bâtiments situés de l'autre côté de la rue. Il dépend de la hauteur de ces constructions et de la distance qui sépare les deux côtés de la rue.

Un relevé de masques solaires permet d'évaluer les ombrages que vont générer les masques lointains (topographie du lieu) ou les masques proches (bâtiments, éléments extérieurs, arbres, etc.). Les diagrammes solaires représentent la course du soleil mois par

mois pour les lieux de la latitude considérée. Ils sont le support sur lequel doit être établi le relevé de masque solaire.

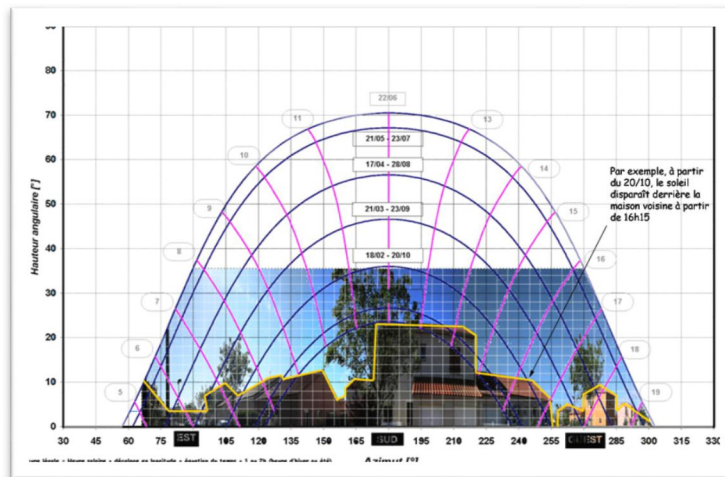


Fig. I.10. Exemple de masque solaire.

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

Pour profiter au maximum de la lumière naturelle, il importe de ne pas négliger le facteur de réflexion des surfaces extérieures environnant le bâtiment. En effet, des surfaces claires et réfléchissantes augmentent la quantité de lumière qui peut pénétrer dans le bâtiment. Des surfaces réfléchissantes placées au sol telles qu'un dallage brillant ou un plan d'eau, peuvent contribuer à capter davantage de lumière. Ainsi, l'eau, en réfléchissant le ciel et l'environnement, intensifie l'impression lumineuse d'un lieu.

L'emploi de matériaux réfléchissants peut également influencer l'exposition effective d'un bâtiment. Un édifice orienté vers le Nord et doté de large vitrage clair pour tirer parti de la lumière naturelle peut se trouver dans une situation Sud si on construit en face de lui un bâtiment équipé de vitrages réfléchissants, précisément pour se protéger de l'ensoleillement. A l'évidence, les conditions de confort du premier bâtiment sont profondément modifiées par la construction du second. Fig. I.11.



Figure I.11. Immeuble à matériau réfléchissant.

Source : Auteur.

Des éléments liés au bâtiment lui-même, tels que les murs de refends, les surplombs, les light-shelves,...peuvent aussi provoquer un ombrage en fonction de leur taille, de leur réflectivité et de leur orientation. La mise en place d'auvents ou de surplombs fixes destinés à réduire les problèmes d'éblouissement et de surchauffe pénalisera bien sûr la quantité de lumière captée par le bâtiment.

La végétation se distingue des autres écrans parce qu'elle peut être saisonnière, ce qui est le cas des arbres à feuilles caduques, et que par ailleurs elle ne possède qu'une opacité partielle. Elle se contente de filtrer la radiation lumineuse plutôt que de l'arrêter. Fig. I.12.



Figure I.12. Influence de la végétation.
Source : Auteur.

6.6. Influence de l'inclinaison de l'ouverture

La surface à prendre en compte pour étudier la lumière disponible correspond au plan dans lequel s'inscrivent les limites de la fenêtre. Pour capter le maximum de rayonnement solaire direct, une ouverture doit être la plus perpendiculaire possible aux rayons du soleil. En revanche, par ciel couvert, les performances d'une fenêtre sont avant tout liées à la portion de ciel visible depuis l'ouverture. Ainsi, une ouverture zénithale horizontale couvre une partie de ciel plus importante qu'une fenêtre verticale et apporte donc une plus grande part de lumière naturelle diffuse dans le local qu'elle éclaire. De même, une fenêtre oblique tournée vers le ciel offre déjà un flux lumineux diffus plus important que la fenêtre verticale.

Les ouvertures latérales permettent de voir qu'une partie du ciel. Par ciel couvert, ces ouvertures verticales ont des performances lumineuses nettement plus faibles que les ouvertures horizontales. En outre, la lumière pénètre latéralement dans les locaux, ce qui peut créer des situations d'éblouissement à proximité des fenêtres. Cependant, les fenêtres latérales se trouvant sur la façade Sud, transmettent un maximum de rayons solaires en hiver, ce qui favorise l'utilisation des gains solaires, tout en limitant les pénétrations estivales et les surchauffes qu'elles induisent .Fig.I.13.

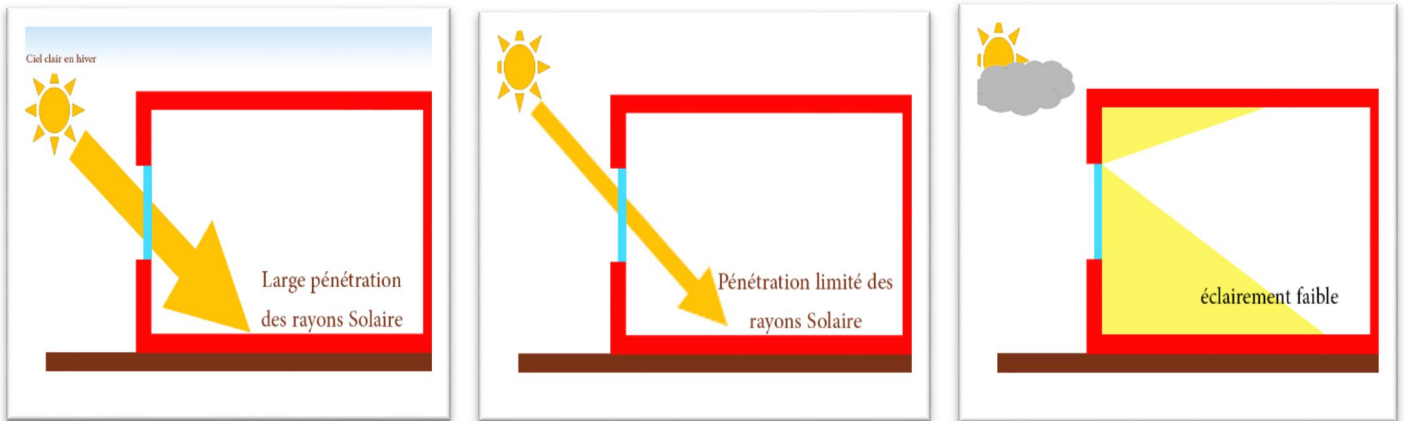


Figure I.13. Ouverture latérale dans différents types de ciel.
Source : Auteur.

Les ouvertures zénithales s'ouvrent sur la totalité de la voûte céleste ; elles induisent donc une large pénétration de la lumière diffuse. La distribution lumineuse obtenue par une ouverture horizontale est beaucoup plus homogène que celle produite par une fenêtre verticale. De plus, la lumière entre dans les locaux par le plafond, ce qui limite a priori les phénomènes d'éblouissement. Par contre, par ciel serein, les ouvertures zénithales captent mal les rayons solaires d'hiver alors qu'elles laissent largement pénétrer le soleil d'été, ce qui implique un mauvais comportement thermique. Fig. I.14. Une règle empirique grossière a été établie par **BOUVIER, (1980)**, permet dire que l'indice de vitrage est le quadruple du facteur de lumière du jour souhaité.

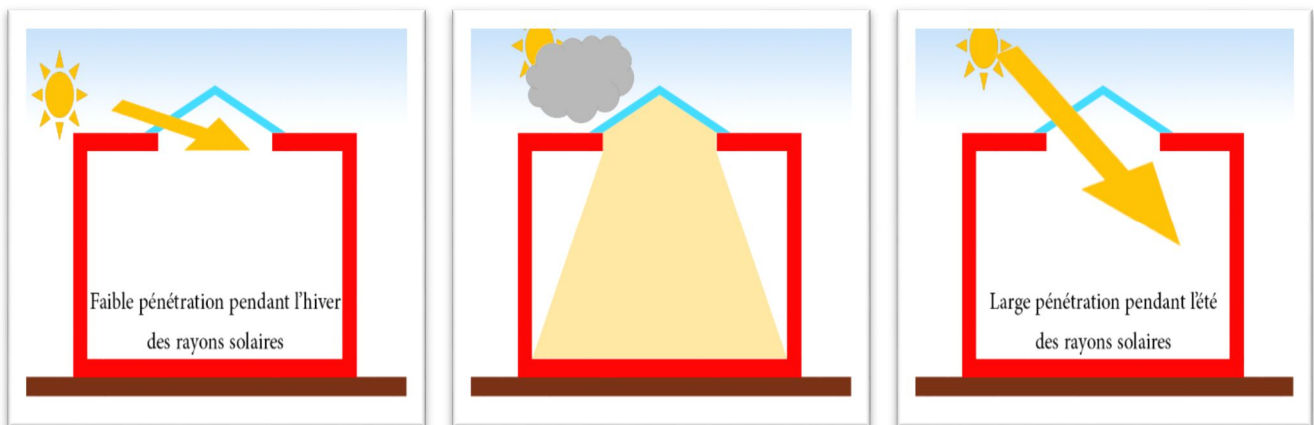


Figure I.14. Ouverture zénithale dans différents types de ciel.
Source : Auteur.

7. Apport d'éclairage naturel dans le bâtiment :

L'apport d'éclairage naturel à l'intérieur d'un local est constitué d'une composante directe et d'une composante indirecte. La composante directe est la lumière qui atteint un point d'observation en ligne droite depuis la source de lumière en traversant la baie. Par contre la composante indirecte est l'apport de lumière par réflexion ou transmission sur les différentes surfaces présentes dans la pièce. Dans le

cas d'une étude d'éclairage naturel, la composante directe résulte de l'exposition au rayonnement lumineux de la voûte céleste (skylight) et du soleil (sunlight). La composante indirecte résulte de multiples d'interactions entre les rayons de lumière réfléchis ou transmis sans direction préférentielle (réflexions diffuses) et de l'ensemble des surfaces de l'environnement.

Le projeteur lors de la phase de conception peut optimiser le rendement de l'éclairage naturel au sein d'une pièce et même répondre aux besoins exigés par l'activité qu'on va avoir dans une pièce donnée. Les dispositifs et outils de contrôle de la lumière naturelle sont devenus très sophistiqués ces dernières années. La réaction des différents matériaux de construction face à la lumière naturelle ainsi que le comportement de la lumière dans le milieu physique comme on le déjà expliqué, ont permis une conception des dispositifs qui permet de bien profiter de la lumière naturelle en éliminant ou en réduisant considérablement ces effets qui peuvent gêner l'utilisateur de l'ambiance.

8. Dispositifs et outils de contrôle de la lumière naturelle dans le bâtiment :

8.1. Les baies :

Pour très longtemps les seuls baies que tout le monde connaît et utilise, étaient les portes et les cheminées de feu qui étaient occultés par des matériaux opaques. De nos jours le vocabulaire est devenu riche pour désigner une baie. Deux grands types de baies peuvent se distinguer dans l'architecture des bâtiments, les baies de façades qui sont essentiellement la porte, la fenêtre et les baies sur le toit comme la lucarne et la tabatière.

La sélection du type d'ouverture parmi les différents types de baies est tributaire des dimensions de la pièce qu'on veut éclairer ainsi que l'activité qu'elle va abriter. Il faut insister sur le fait que l'indice de vitrage, est le rapport entre la surface du vitrage et la surface du bâti, et non la forme de l'ouverture. C'est un facteur très puissant qui influe directement sur le niveau d'éclairement obtenu dans un espace.

8.2. L'orientation des baies :

L'uniformité de l'éclairage maximale est généralement obtenue dans le cas où les baies sont orientées vers le Nord, néanmoins il est toujours relative à la hauteur du soleil dans le ciel et pour lequel on détermine le type d'éclairage convenant au local : zénithal, latéral, composé ; etc.

9. Les types de l'éclairage :

9.1. L'éclairage latéral :

C'est le type d'éclairage le plus utilisé et le plus ancien et qui répond à trois besoins fondamentaux : la lumière, la vue et la ventilation. Une intégration des dispositifs de protection solaire est souvent mise en place à fin de réduire l'éblouissement grâce à la pénétration du flux lumineux indirecte. Il

est impératif de noter aussi que l'éclairage naturel latéral est accompagné de l'effet du contraste qu'on peut diminuer à l'aide de l'éclairage bilatéral ou à l'aide d'autres moyens tel que la taille des ouvertures, leurs dispositions ; etc.

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

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

9.1.1. Types d'éclairage latéral :

9.1.1.1. Eclairage unilatéral :

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

Pour résoudre ce problème, on peut utiliser ce qu'on appelle le light-self qui sont des bandeaux lumineux qui dirigent la lumière naturelle vers le plafond et ce dernier la diffuse vers la zone la plus éloignée du local. Fig. I.15.

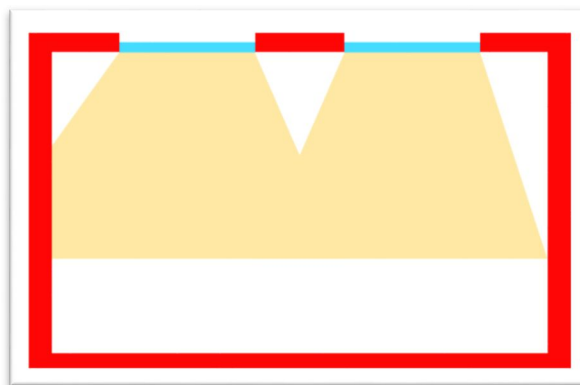


Figure I.15. Exemple d'un éclairage unilatéral

Source : Auteur.

9.1.1.2. Eclairage bilatéral :

Pour l'éclairage bilatéral, les ouvertures se situent dans deux parois qu'elles soient parallèles ou perpendiculaires mais qui se trouvent dans la même pièce. Ce type d'éclairage est plus connu dans les établissements

scolaires spécialement dans les salles de classe où il est nécessaire de fournir au niveau du plan de travail un bon niveau d'éclairage avec une bonne uniformité et moins de contraste et donc moins d'éblouissement. Selon A. VANDENPLAS, « *la profondeur des pièces éclairées par un dispositif bilatéral peut atteindre facilement quatre fois la distance entre le plafond et le plan utile. Ceci permet d'éclairer efficacement un local de dimensions plus importantes que celles permises par un éclairage unilatéral* » Fig. I.16.

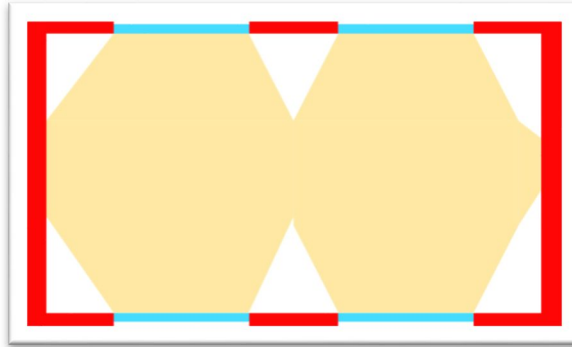


Figure I.16. Exemple d'un éclairage bilatéral
Source : Auteur.

9.2. L'éclairage Zénithal :

Ce type d'éclairage s'avère le plus efficace pour des espaces à faible et moyenne hauteur (deux ou trois niveaux) étant donné qu'il est facile d'avoir un éclairage pas très homogène mais plus confortable c'est-à-dire suffisamment intense et uniforme. Cela est dû au fait que l'éclairage horizontal peut être obtenu à travers un indice de vitrage considéré comme très faible. Ce type d'éclairage est marqué par un autre point positif étant donné, qu'il donne une certaine liberté au concepteur lors de la mise en place des sources lumineuses là où il est besoin. Contrairement à l'éclairage latéral, il n'est pas obligatoire de sur-éclairer les zones adjacentes des ouvertures pour avoir un niveau d'éclairage suffisant plus loin. Fig. I.17.

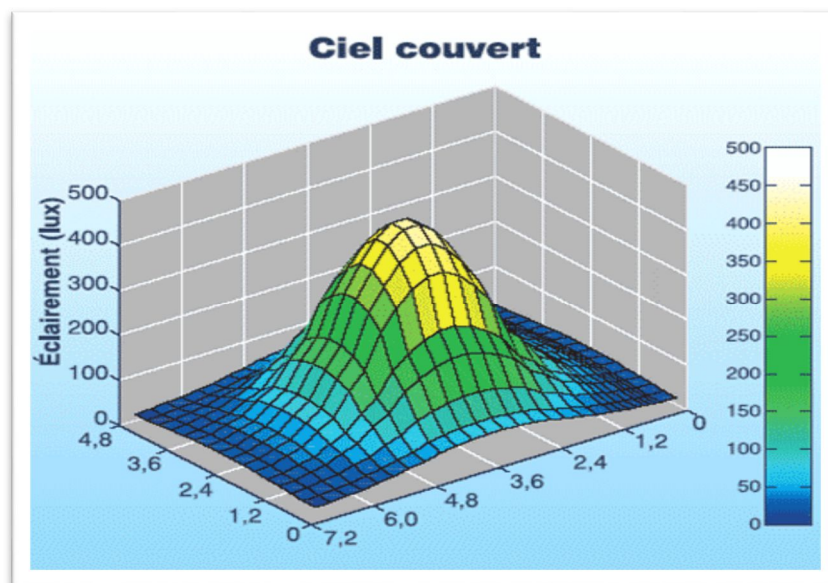


Figure I.17. Exemple d'un éclairage d'une pièce par éclairage zénithal pour un ciel couvert.
Source : DE HERDE A. et LIEBARD A. 2005.

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

9.2.1. Spécificités de l'éclairage zénithal

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

9.2.2. Types d'éclairage zénithal :

9.2.2.1. Les toitures en dents de scie ou sheds :

Les sheds qui ont fait leur apparition au tournant du siècle précédent en Europe dans les bâtiments industriels puis en Amérique en 1930, sont aujourd'hui largement utilisés dans les constructions scolaires. SCHILER, 1992.

Les sheds sont composés d'une surface translucide qui collecte la lumière naturelle pour la transmettre à l'intérieur du local, et d'une surface opaque inclinée appelée « rampant » qui distribue la lumière du jour à l'intérieur de la pièce. Fig.I.18.

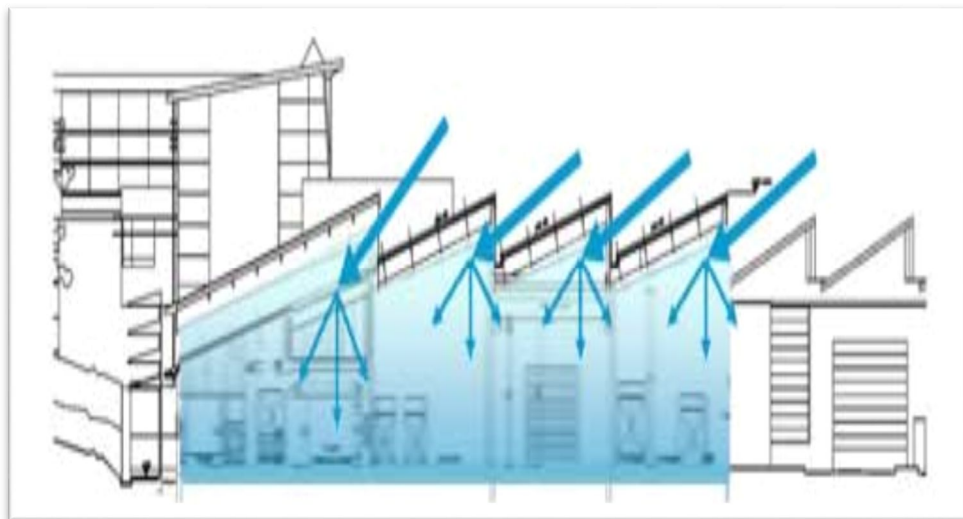


Figure I.18. Principe du Shed.

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

Ce système constitue la meilleure solution pour l'éclairage naturel en procurant de la lumière indirectement car il permet de concilier un éclairage suffisant, homogène

et une limitation des apports solaires en jouant sur l'orientation et l'inclinaison du vitrage. **TERRIER ET VANDEVYVER, 1999**. Cette disposition permet de couvrir des grandes espaces en gardant les bénéfices de l'éclairage latéral.

Des simulations ont été effectuées par **TERRIER et VANDEVYVER, (1999)** qui ont montré qu'une inclinaison de 60° pour une latitude de 53° permet d'éviter le rayonnement solaire direct sur le plan de travail même pour l'été, alors qu'une inclinaison de 45° est moins favorable pour l'été.

La peinture des rampants en couleurs claires peut diminuer l'effet des ombres portées sur le plan de travail

9.2.2.2. Les tabatières (skylights) :

C'est le système le plus performant (**DELETRE, 2003**) car il donne un éclairage suffisant et plus uniforme. Cette surface horizontale et donc sera plus exposée au ciel à partir de l'intérieur sans obstructions ce qui donne une forte luminance des baies. Fig.I.19. Donc les valeurs du facteur de lumière du jour (FLJ) seront élevées surtout sur la zone qui se situe directement sous la baie et qui diminue chaque fois que l'on s'éloigne de cette zone.

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

L'inclinaison des vitrages vers le Nord ou vers le Sud et/ou l'emploi de vitrage diffusant, sont parmi les solutions proposées par les concepteurs afin de résoudre le problème d'éblouissement, ainsi que le problème de surchauffe, mais cela fait perdre le bienfait psychologiques (contacte interne-externe) **PASINI et al. 2002**.

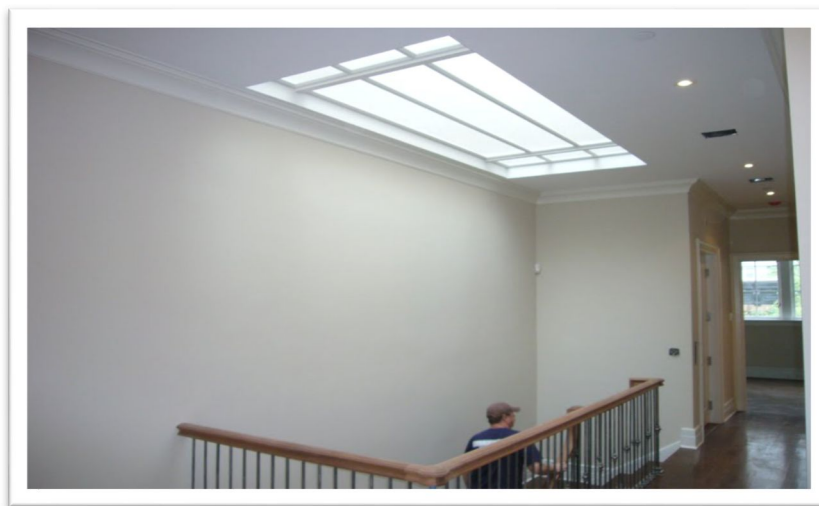


Figure I.19. Exemple d'éclairage zénithal de type tabatière.
Source : www.lebloglaurielumiere.com

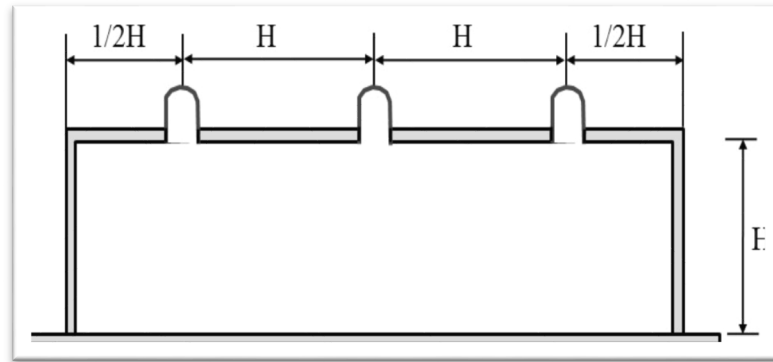
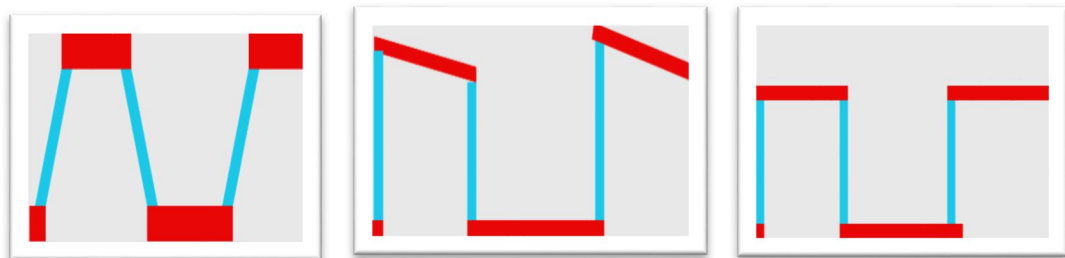


Figure I.20. Critère pour les tabatières.
Source : I.PASINI et al. 2002.

9.2.2.3. Les Lanterneaux :

Les lanterneaux constituent le type d'éclairage zénithal où l'on trouve une partie de la toiture qui est surélevé sur un matériau translucide. Fig. I.21. Cette disposition supprime l'effet directionnel des rayons solaires qu'on trouve dans les sheds grâce à la pénétration de la lumière dans deux sens juxtaposés. Ceci rend les valeurs de FLJ symétriques par rapport à l'axe entre les deux baies. Fig. I.22.

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



Lanterneau symétrique incliné Lanterneau asymétrique Lanterneau symétrique vertical

Figure I.21. Les différents types de lanterneaux.

Source : Dessiné par auteur.

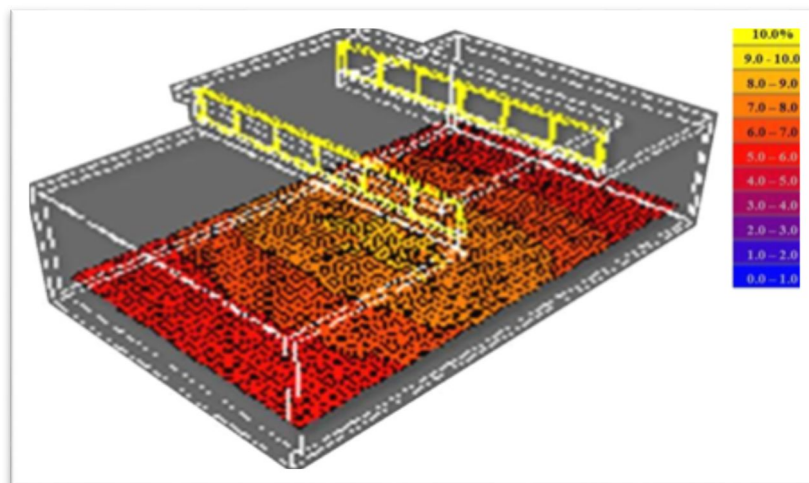


Figure I.22. Schéma représentant les valeurs du FLJ.

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

9.2.2.4. Les verrières et les dômes :

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

L'inconvénient le plus important dans les verrières et les dômes est l'abaissement, qui ne doit pas être dans un angle inférieur à 30° par rapport à la hauteur de l'utilisateur de l'espace à fin d'éviter l'éblouissement. **TERRIER et VANDEVYVER, 1999.**

9.2.2.5. Puits de lumière :

Le patio, la cour, l'atrium sont quelques types de lumière du jour qui sont considérées comme la meilleure solution d'éclairage et de ventilation des espaces. Ces espaces généralement n'ont pas une liaison directe avec l'extérieur ou qui sont profonds ce qui nécessite une optimisation ou une amélioration du niveau d'éclairement ce qui permet d'apporter une meilleure distribution homogène de la lumière naturelle. Fig. I.23.

La forme, le rapport l/h, la couleur des surfaces et l'indice d'ouverture sont tous des paramètres définissent l'efficacité du puits. **DE HERDE et LIEBARD, 2005.**

Pour leurs dimensionnements, les spécialistes recommandent que la hauteur du puits de lumière ne soit pas supérieure à la double largeur du puits et le ratio optimal est égal à 1. **PASINI et al. 2002.**

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

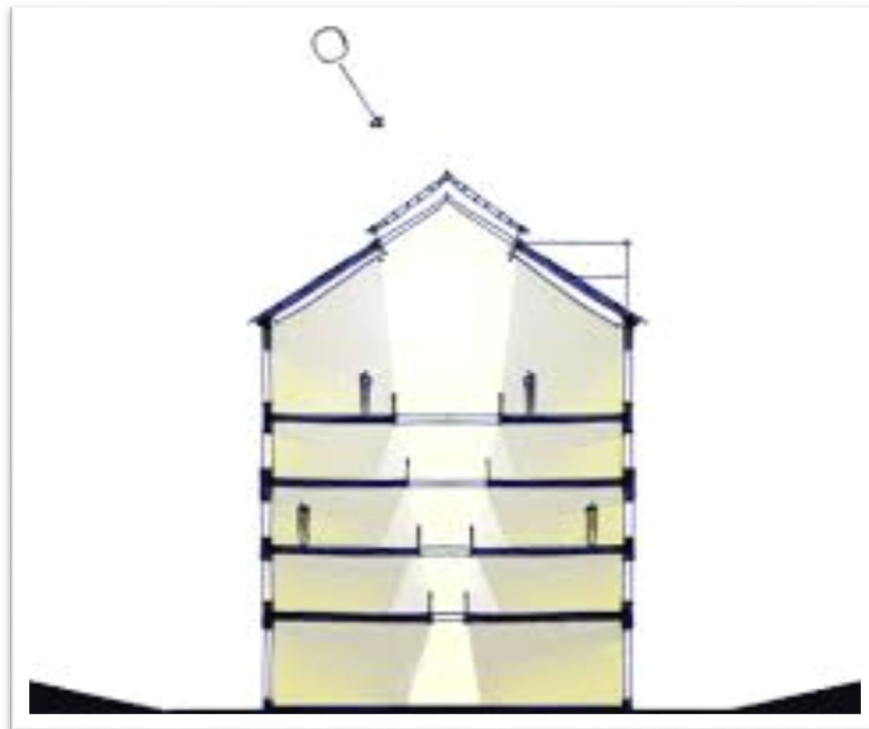


Figure I.23. Puits de lumière.
Source : arpc167.epfl.ch

9.3. L'éclairage composé :

D'après son nom, l'éclairage composé est une résultante dans un même local de sources lumineuses latérales et zénithales au même temps. L'avantage de ce type d'éclairage, est la possibilité de la combinaison entre les avantages de l'éclairage zénithal et de l'éclairage latéral. Ceci permet d'obtenir une distribution équilibrée de l'éclairage horizontal en réduisant l'effet d'éclairage contrasté et donc l'éblouissement, en plus de la satisfaction des besoins psycho biologiques de contact avec l'extérieur.

Le principe de l'éclairage composé est d'avoir une source zénithale au fond de l'espace là où l'éclairage obtenu par la source latérale est insuffisant. Cela ne veut pas dire que l'éclairage composé est la solution universelle pour tous les problèmes d'éclairage, car le projet comprend plusieurs espaces avec des activités différentes avec des spécificités et des besoins hétérogènes et même complexes parfois, pour qu'il sera impératif de choisir entre les deux systèmes d'éclairage latéral ou zénithal.

10. Contrôle de la lumière naturelle :

Dans un climat semi-aride similaire à celui des hauts plateaux où l'ensoleillement est important, l'architecture s'articule sur la manière avec laquelle on doit aboutir à une meilleure quantité de la lumière naturelle afin d'éviter l'état de l'inconfort visuel des occupants tel que l'éblouissement, ...etc. La réorientation, la redistribution et l'osculation de la lumière naturelle sont les trois principes les plus distingués pour contrôler la lumière naturelle.

Les effets négatifs de la lumière naturelle sont traités généralement avec des dispositifs bien précis qui influent sur les autres fonctions des ouvertures telles que la relation entre l'intérieur et l'extérieur.

Parmi les objectifs de contrôle de la lumière naturelle on peut citer (DE HERDE et LIEBARD, 2005) :

- Limitation de l'éblouissement et l'amélioration des conditions de l'éclairage intérieur.
- Suppression de l'insolation directe, par le bon emplacement des protections solaires qui réduisent la quantité du rayonnement solaire entrant dans les espaces intérieurs.
- Eviter la décoloration ou la dégradation de certains matériaux et objets.

11. Les dispositifs de contrôle solaires :

La végétation et les constructions voisines sont des dispositifs environnementaux qui contribuent au contrôle de la lumière naturelle, la végétation doit être choisie soigneusement en prenant en compte sa dimension et son espèce car elle influence la forme de l'ombre pendant chaque saison. Fig. I.24.

Quelques dispositifs peuvent être également inclus dans l'architecture des bâtis. Ces dispositifs peuvent être structurel comme les brise-soleil et les porches ou appliqués tel que les stores rétractables, les volets et les persiennes, ou fixés à l'intérieure ou à l'extérieure, verticale ou horizontale selon les besoins. Fig. I.25.



Figure I.24. Exemple de dispositif de controle de la lumière (végétation).
Source: Auteur.



Figure I.25. Exemple de dispositif de contrôle de lumière (brise soleil).
Source : Auteur.

12. Les technologies de contrôle solaire :

La technologie est aussi développée de façon d'exploiter au maximum la lumière naturelle tel que « les lumiducs » qui sont des conduites de la lumière naturelle, et les étagères (lightshelves). Le principe est simple capter la lumière naturelle puis la réorienter ou la redistribuer là où elle est nécessaire. Fig. I.26 et I.27.

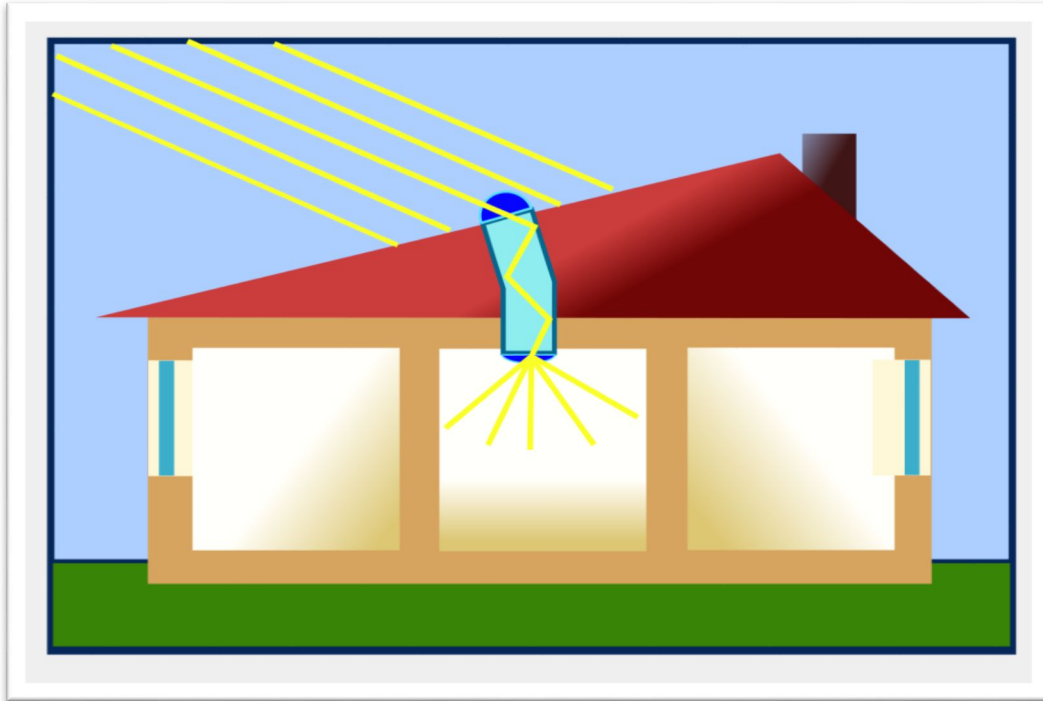


Figure I.26. Principe de lumiducs.
Source : www.economiesolidaire.com

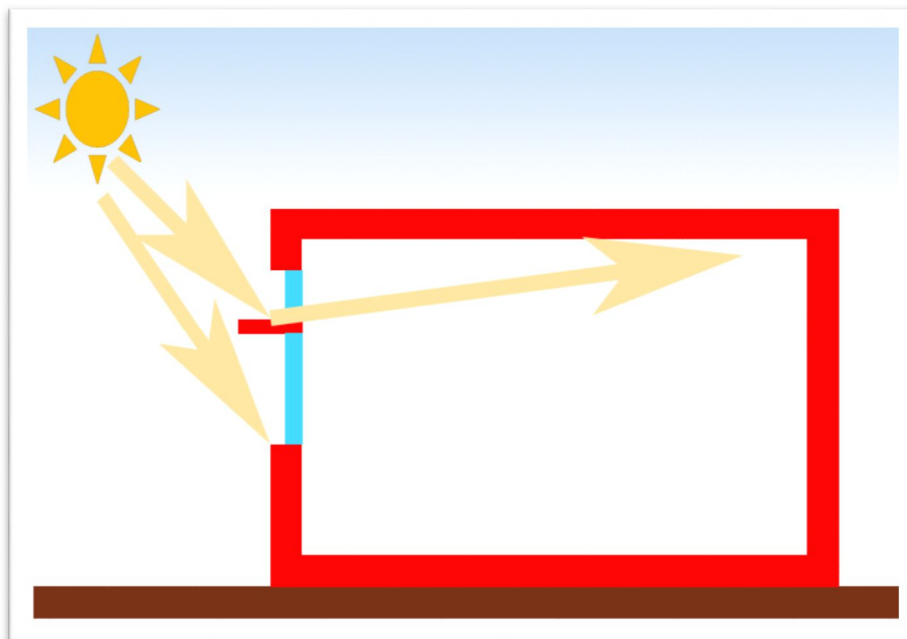


Figure I.27. Principe du lightshelves.
Source : Auteur

13. Conclusion :

La stratégie de conception architecturale influe sur plusieurs paramètres tels que la qualité de la lumière naturelle dans les espaces intérieurs. Cette conception architecturale doit prendre en compte toutes les composantes de la lumière naturelle et les variables dépendantes des constructions plus précisément les ouvertures. Ces derniers sont les éléments les plus importants dans la conception des ambiances lumineuses intérieures du fait qu'elles permettent la pénétration de la lumière naturelle directe ou diffuse.

La première étape de la conception architecturale est de choisir d'abord le type d'éclairage latérale par les murs, zénithale par le toit, composé par les deux, ...etc. Ce n'est que dans la seconde étape qu'on doit étudier les autres paramètres des ouvertures tel que les dimensions, le type de vitrage, leurs orientations ; etc.

L'éclairage zénithal produit un éclairage plus homogène que celui produit par les ouvertures verticales, et limite les phénomènes d'éblouissements mais capte mal les rayons solaires en hiver. L'éclairage latéral crée des situations d'éblouissement, cependant les ouvertures de la façade Sud transmettent le maximum de rayons solaires en hiver. Le choix entre ces deux derniers types d'éclairage, dépendent des conditions climatiques et des caractéristiques des espaces et des activités qui se déroulent à l'intérieur.

L'orientation, la position, les dimensions, la forme et les types des dispositifs de contrôle solaire, sont des facteurs qui influencent le type des ouvertures des façades. Ces facteurs lors de la phase conceptuelle peuvent être, complémentaires comme elles peuvent être contradictoires.

Finalement, il nous semble que la fenêtre est l'élément qui influe le plus sur la lumière naturelle qui pénètre dans l'espace par son orientation, sa forme, sa position, et surtout par ses dimensions. Le concepteur doit simuler la connectivité entre ces variables et de prédéterminer les résultats pour chaque étape afin d'opter pour une ambiance lumineuse confortable et éliminer au maximum les facteurs de gêne des occupants.

Chapitre II :
Le confort visuel des ambiances lumineuses
dans les habitations individuelles

1. Introduction

La perception de la lumière est l'un des sens le plus important de l'Homme et joue le rôle d'interface avec l'environnement. Cet organe est sensible, non seulement aux caractéristiques de la lumière mais aussi à ses variations et sa répartition. Grâce à cette perception, nous pouvons appréhender facilement l'espace qui nous entoure ce qui nous permet de se déplacer d'une manière aisée à l'intérieur de ce domaine. Donc l'œil est une merveille de technologie naturelle capable de s'adapter aux conditions extrêmes qui règnent sur notre planète, mais elle a ses limites d'adaptation et d'accommodation ce qui a permis de définir les limites du confort visuel.

2. Le confort visuel

Pour définir le confort visuel on va essayer d'abord de définir le «Confort». (Roulet, 2007) le définit comme étant « *une sensation subjective fondée sur un ensemble de stimulus* » ce sont donc les facteurs internes et externes qui entraînent une réponse de l'organisme qui est la satisfaction des occupants. Donc le confort visuel fait référence aux conditions d'éclairage nécessaires pour achever une tâche visuelle quelconque et le plus important c'est qu'elle soit sans gêne pour l'organisme de cet œil.

Comme le décrit aussi MUDRI, 2002 « le terme de confort visuel est pris pour indiquer l'absence de gêne qui pourrait provoquer une difficulté, une peine et une tension psychologique, quel que soit le degré de cette tension »

Selon l'association Haute Qualité Environnementale (HQE), le « confort visuel » est défini comme la dixième cible du projet de bâtiment. Ses exigences primaires en matière d'éclairage sont les suivantes (ADEME, 2007) :

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

Donc assurer pour l'homme le confort visuel est bien plus difficile que le confort thermique. Les études ont montré que les différences entre les individus peuvent être très grandes et que, statistiquement, il n'est pas possible de satisfaire simultanément plus de 75% des personnes, alors que ce maximum est de 95% pour le confort thermique. Fig. II.1. Les appréciations doivent donc être redéfinies et nous parlerons de:

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

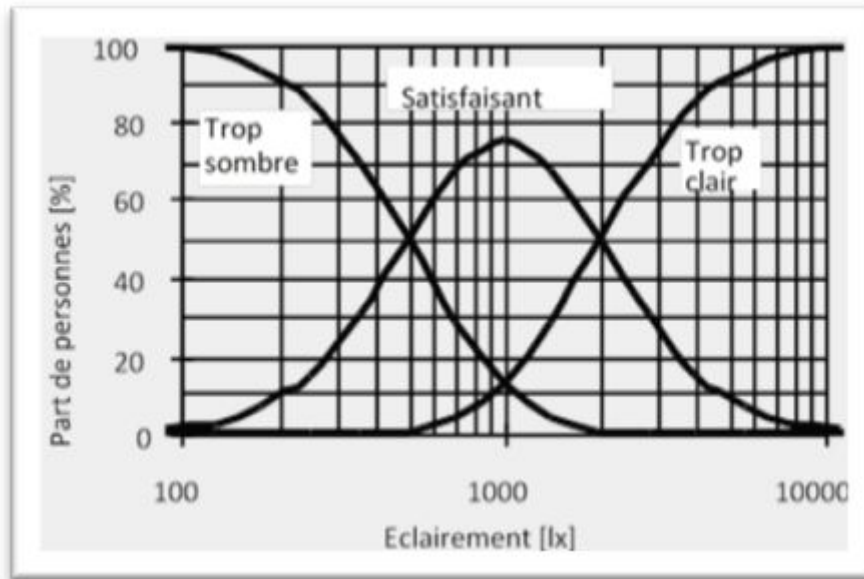


Figure II.1. Variation du pourcentage des personnes satisfaites en fonction de l'éclairement.
Source: guidebatimentdurable.bruxellesenvironnement.be

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

- un niveau d'éclairement adéquat ;
- des contrastes modérés ;
- un bon rendu des couleurs.

À l'instar du confort thermique, le confort visuel est, non seulement une notion objective faisant appel à des paramètres quantifiables et mesurables, mais aussi une subjectivité liée à un état de bien-être visuel dans un environnement bien défini. Ce confort dépend à la fois des paramètres physiques, tel que l'éclairement, la luminance, ..., des caractéristiques liées à l'environnement et d'autres liés à l'activité au sein de l'espace ainsi qu'à des facteurs physiologiques tel que l'âge.

Finalement, on peut dire que pour les habitations, le bon éclairage n'est pas simplement exprimé en termes de quantité mais il ne faut pas qu'il soit la cause d'éblouissement, bien dirigée et bien diffusé afin d'éviter les ombres dures. La difficulté réside également dans le fait que, dans un climat lumineux similaire à celui de la ville d'El Eulma dans la wilaya de Sétif, l'état du ciel change d'une heure à une autre et d'une saison à une autre. Une fenêtre assez grande pour fournir une quantité suffisante de lumière dans la période hivernale ou un après-midi d'un jour lumineux d'été, donnent un éblouissement intolérable.

2.1. Paramètres du confort visuel dans le secteur résidentiel :

2.1.1. Paramètres physiques

La luminance, l'éclairement, l'éblouissement et les contrastes sont les plus perceptibles par l'Homme et caractérisent le confort visuel. À ces paramètres, on associe d'autres caractéristiques qui garantissent le bon déroulement d'une tâche sans fatigue ni risque d'accident.

2.1.2. Paramètres propres à l'environnement

La volumétrie d'un local et les propriétés des parois, influencent la qualité de la répartition du flux lumineux et constituent l'environnement immédiat ou éloigné. Le flux lumineux au niveau d'une tâche résulte de la superposition de la lumière naturelle issue d'une ouverture dans une paroi externe verticale ou/et horizontale et la lumière artificielle. Au niveau de la composante naturelle, on distingue: la composante directe, la composante indirecte externe et la composante indirecte interne. Fig. II.02.

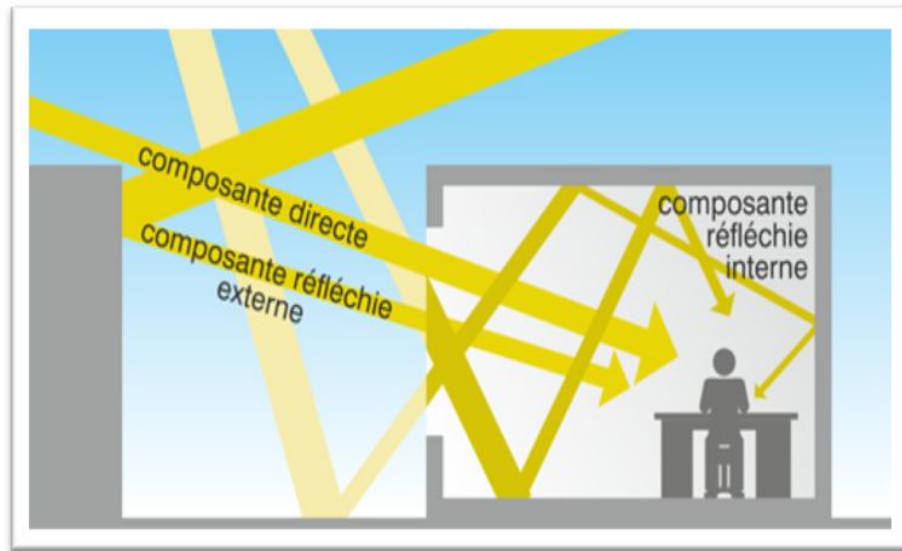


Figure II.02. Composantes de la lumière naturelle.

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

2.2. Caractéristiques propres à la tâche à accomplir

Pratiquement chaque tâche nécessite un niveau d'éclairage bien défini. On distinguera les tâches de précision, les tâches liées à un objet en mouvement, ... etc. A noter que plus les contrastes sont faibles et plus le niveau d'éclairage doit être important mais jusqu'à un certain point ! En effet, un sur-éclairage d'une tâche devient aussi inconfortable. L'éclairage artificiel devra fournir une lumière de qualité en termes de rendement de couleur (Ra) de manière à se rapprocher le plus possible de la lumière naturelle.

2.3. Facteurs physiologiques

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 atteints 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.

2.4. Physiologie de la vision

Le système visuel de l'homme, au cours de son évolution, s'est parfaitement adapté aux caractéristiques de la lumière naturelle fournie par le soleil. C'est la

raison pour laquelle son efficacité lumineuse est nettement supérieure à celles des principales sources d'éclairage artificiel.

2.4.1. La perception visuelle

Le sens de la vue est basé sur le fonctionnement d'un organe spécialisé, l'œil, qui agit comme un capteur physique. Cet organe est muni d'un diaphragme, la pupille, qui régule le flux lumineux qui pénètre dans l'œil en modulant la surface de l'ouverture dans un rapport de 1 à 16. Fig. II.03. Plus la pupille est fermée, moins le flux entrant est important, mais plus la profondeur de champ de vision nette est grande. Le cristallin joue le rôle d'une lentille qui se déforme pour assurer la mise au point et focalise l'image sur la rétine. Après avoir traversé le corps vitreux qui emplit le globe oculaire, l'image focalisée arrive sur la rétine où elle est interprétée par des cellules sensibles à la fois à l'éclairement et à la longueur d'onde.

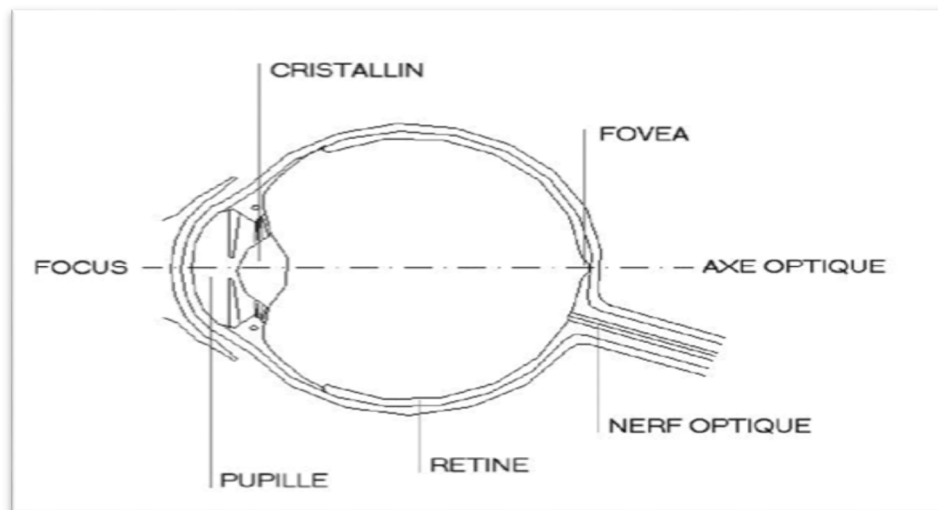


Figure II.03. Structure de l'œil humain.

Source : <http://artic.ac-besancon.fr/>

En plus de ce mécanisme sensoriel de base, la vue a la capacité de s'adapter à des niveaux d'éclairement différents de plusieurs façons. La pupille joue ainsi le rôle d'un diaphragme qui s'adapte de façon rétroactive aux niveaux de luminance reçus par la rétine.

2.4.2. Sensibilité temporelle de la vue

Pour s'adapter à un changement de conditions de luminance moyenne du champ visuel, l'œil a besoin d'un certain temps d'adaptation variable selon qu'il s'agisse du passage de l'obscurité à la lumière ou l'inverse. On considère généralement qu'il faut environ 30 minutes pour une bonne adaptation à l'obscurité et seulement 30 secondes pour s'adapter du passage de l'obscurité à la lumière.

Pour la conception architecturale, ce phénomène est primordial du fait que la perception correcte de la lumière dépend de l'équilibre des luminances dans le champ visuel que de leurs niveaux absolu. Ceci n'est pas valable pour l'adaptation de la vue à partir de luminances faibles. C'est pour cette raison, que l'équilibre des

luminances que l'utilisateur va rencontrer en mouvement dans les espaces architecturaux, est plus important que le niveau moyen lui-même et on devra donc favoriser les transitions lentes.

2.4.3. La perception spatiale de l'œil humaine

L'œil humain a un champ visuel à peu près hémisphérique, avec un angle solide central beaucoup plus petit pour la vision précise qui correspond en fait à la position de la cornée sur la rétine. Sur les limites extrêmes du champ visuel, la vision devient floue, perdant rapidement la perception des formes en conservant par contre très bien la perception des mouvements. Fig.II.04.

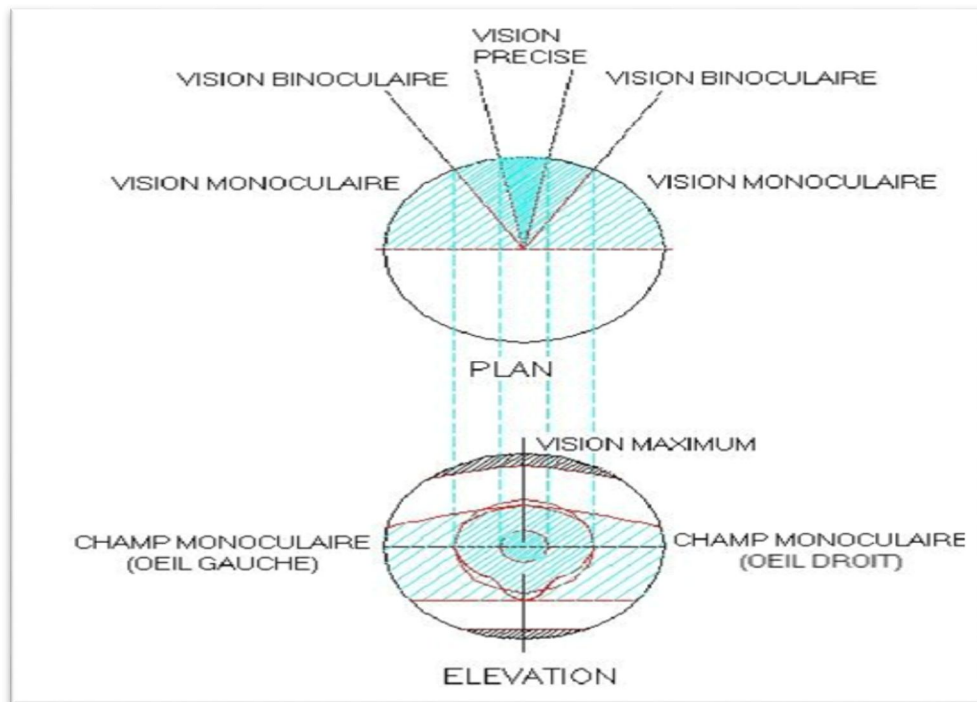


Figure II.04. Le champ visuel.

Source: <http://svt.ac-dijon.fr/>

Nos yeux sont animés d'un mouvement perpétuel faisant en sorte que la vision précise passe d'un objet à un autre, le champ visuel étant globalement contrôlé par la périphérie de la rétine. Les mouvements de la tête complètent les possibilités de perception visuelle de l'espace qui nous entoure, mais il reste toujours une zone postérieure imperceptible par la vue et qui nécessite l'aide de l'ouïe pour nous permettre de contrôler vraiment l'espace qui nous entoure. Pour cette raison, et tout particulièrement dans les locaux où l'acoustique n'est pas très bonne, la position relative des personnes par rapport à l'espace qu'elles occupent peut devenir importante. La position des objets qui nous entourent se définit par la vision en dirigeant la tête et les yeux vers ceux que nous observons. L'action des muscles informe le cerveau de la direction d'observation par rapport à notre corps à partir de l'expérience acquise et mémorisée.

L'appréciation de la distance est plus complexe et plusieurs mécanismes interviennent alors : d'une part la déformation du cristallin pour la mise au point de l'image, permet l'évaluation des distances très courtes, d'autre part la vision

binoculaire par l'interprétation des différences entre les images reçues par chaque œil permet, le positionnement relatif des objets dans le champ visuel alors que la convergence des yeux nous aide à apprécier les distances. Finalement, c'est par un processus d'apprentissage que nous pouvons apprécier les distances à partir des tailles relatives des objets et des expériences antérieures. Le seul inconvénient est que ce système est peu fiable, surtout dans des espaces nouveaux ou à échelle différente de la normale. Cet effet a été utilisé souvent en architecture pour produire des sensations particulières chez le spectateur ou l'utilisateur.

3. Les caractéristiques de base du confort visuel

3.1. Eclairage

La commodité d'interprétation visuelle dépend logiquement de la facilité de perception des détails de l'objet sous notre regard. Dans ce cas la quantité de la lumière éclairant une surface, exprimé en lux (lx) doit être supérieure à 20 lx pour que l'objet soit perçu. Donc la première condition est d'avoir un éclairage suffisant pour que notre acuité visuelle nous permette de percevoir sans effort les éléments intéressants. L'œil humain peut fonctionner correctement dans un intervalle d'éclairage qui varie de quelques lux à l'intérieur et 100 000 lux en plein air. Ainsi, le premier paramètre permettant de qualifier une ambiance lumineuse est le niveau d'éclairage, qui devra correspondre à la tâche visuelle à effectuer.

3.2. Le facteur de lumière du jour

Sous les conditions de ciel couvert les valeurs du facteur de lumière du jour sont indépendantes de l'orientation des baies vitrées, de la saison et même de l'heure. Elles donnent aussi une mesure objective et facilement comparable de la qualité de l'éclairage à l'intérieur d'un bâtiment. Tableau II.2 et II.3.

Tableau II.1. Impression visuelle ressentie en fonction de la valeur du facteur de lumière du jour mesurée

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

Tableau II.2. Valeurs recommandées de FLJ

Activité	FLJ moyen (%)	FLJ minimum (%)	Endroit de la mesure
Salon et pièce à plusieurs activités	1,5	0,5	Près du sol
Chambre à coucher	1	0,3	Près du sol
Cuisine	2	0,6	Plan de travail

3.3. Luminance :

La luminance est la quantité qui décrit la clarté d'une surface (murs, bureau, fenêtre translucide,...) mesuré par un luminance-mètre. Afin de caractériser l'homogénéité ou la non-homogénéité de l'environnement lumineux, il est intéressant parfois de mesurer la luminance de surface dans différentes directions du champ visuel de l'occupant.

Les luminances typiques pour les surfaces intérieures d'un bâtiment varient entre 1 et 100 cd/m² et entre 1.000 et 10.000 cd/m² pour les sources lumineuses qui sont éblouissantes généralement si elles se situent dans le champ visuel de l'observateur. A titre indicatif, le Soleil peut atteindre des luminances supérieures à 100.000 cd/m².

3.4. Autonomie de lumière du jour :

L'autonomie de lumière du jour est définie comme étant le pourcentage des heures de la journée pendant lesquelles l'éclairage naturel suffit à lui seul pour apporter l'éclairage nécessaire à la pièce considérée. Plus le facteur de lumière du jour et l'autonomie en lumière du jour sont élevés, plus le temps d'utilisation des locaux avec la lumière naturelle est élevé, limitant ainsi la consommation d'éclairage artificiel.

3.5. Répartition lumineuse uniforme :

La bonne répartition lumineuse est la règle pour tout projet d'éclairage. Si le niveau d'éclairage et la luminance varient dans le champ visuel, une adaptation de l'œil est nécessaire lorsque le regard se déplace. Durant ce moment, l'acuité visuelle diminue, entraînant des fatigues inutiles. La répartition lumineuse ou l'uniformité des niveaux d'éclairage caractérise les variations du niveau d'éclairage. Cette répartition lumineuse est définie comme étant le rapport entre l'éclairage minimum et l'éclairage moyen observé dans la zone de travail. L'uniformité d'éclairage des zones de travail et des zones environnantes immédiates est définie, dans la zone considérée, comme étant le rapport suivant (Reiter S. et De Herde, 2004) :

$$\text{L'uniformité d'éclairage} = \frac{\text{Eclairage}_{\text{minimum}}}{\text{Eclairage}_{\text{moyen}}} \dots \dots \dots 2$$

L'uniformité de la luminance dépend de la répartition des sources lumineuses et de la réflexion des parois. Elle est d'autant meilleure que les réflexions de chaque paroi sont élevées et uniformément réparties (couleurs uniformes). En plus, il faut qu'il y ait 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). Fig. II.05.

On note que pour un même niveau d'éclairage, la première situation est plus confortable que la deuxième qui provoque une fatigue ou stress et donc un état d'inconfort.

En générale l'éclairage des murs varie de 50% à 80%, celui du plafond de 30% à 90% si l'on considère que l'éclairage dans la zone où s'effectue la tâche est égale à 100%. On note que le facteur de réflexion est supérieur à 0,7 pour le plafond, et varie entre 0,3 et 0,7 pour les murs, et entre 0,2 et 0,4 pour le sol. **FLORU, 1996.**



Figure II.05. Répartition lumineuse uniforme.

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

3.6. Rendement des couleurs :

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 permet à l'œil d'apprécier avec la plus grande exactitude la couleur des objets et leurs nuances. Les différentes radiations colorées composant la lumière naturelle apparaissent aisément lors de leur réfraction et réflexion par des gouttes d'eau, comme dans l'arc-en-ciel. Fig.II.06.



Figure II.06. Réfraction et réflexion de la lumière par les gouttes d'eau.

Source : <http://www.tuxboard.com>

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 la vision des couleurs ne soit pas altérée. 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 donc intimement dépendante du spectre lumineux émis. A cet égard, les lampes à incandescence ou à fluorescence ne donnent pas entièrement satisfaction quoique de grands progrès ne cessent d'être accomplis dans ce sens. Par exemple, dans une cafétéria éclairée par des lampes fluorescentes, on constate un changement apparent de la couleur des vêtements, plus spécialement si ceux-ci sont dans les tons rouges ou oranges à la lumière du jour.

Il est connu que la couleur de l'environnement influe sur le comportement humain puisqu'elle est un élément important composant l'ambiance lumineuse. Médicalement la couleur affecte de nombreux paramètres physiologiques humains, tels que la tension artérielle, le rythme cardiaque, la respiration...etc. (DE HERDE et LIEBARD, 2005).

Les couleurs claires jouent un rôle important pour l'éclairage direct comme le cas de la peinture extérieure des bâtis. Fig. II.07. En effet, la peinture sert à protéger le bâti des rayons solaires et augmente la composante réfléchie dans le cas des plafonds qu'on peut éclairer au fond du local.



Figure II.07. Habitation individuelle peinte en clair dans la cité des 426 lgts à El Eulma.

Source : Auteur.

L'indice de rendu des couleurs (IRC ou Ra) 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.

La perception des couleurs est classée en quatre catégories (faible à élever) selon la valeur de l'IRC. Tableau II.4.

Tableau II.3. Classification de la perception des couleurs selon la plage d'IRC.

Classe d'IRC	Plage d'IRC	Perception des couleurs
1A	25>Ra	Faible
1B	65>Ra>25	Moyenne
2	90>Ra>65	Bonne
3	Ra > 90	Elevée

3.7. Température de couleur :

La couleur de la lumière artificielle a une action directe sur la sensation de confort de l'ambiance lumineuse d'un espace. Elle n'influence cependant pas les performances visuelles. Pour la qualifier, on définit la température de couleur, exprimée en Kelvins (K). On parlera généralement de teinte chaude (température de couleur < 3 000 K) ou froide (température de couleur > 3 000 K). Plus une couleur est chaude visuellement, plus sa température thermique est donc faible. Une lumière de couleur "chaude" est composée majoritairement des radiations rouge et orange. De plus, les couleurs chaudes des objets 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).

Les radiations colorées émises par les objets et l'environnement peuvent aussi produire certains effets psycho-physiologiques sur le système nerveux. Ainsi, les couleurs de grandes longueurs d'onde (rouge, orange) ont un effet stimulant tandis que celles de courtes longueurs d'onde (bleu, violet) ont un effet calmant. Les couleurs intermédiaires (jaune, vert) ont, un même effet que le blanc. Un effet tonique et favorable à la concentration. Les couleurs foncées et le gris ont par contre une action déprimante. Enfin les couleurs peuvent contribuer dans une large mesure à modifier la dimension apparente des surfaces et des volumes. Les couleurs chaudes seront de préférence utilisées dans des pièces de dimensions exagérées tandis que les couleurs froides seront choisies pour les pièces de dimensions réduites.

3.8. Eblouissement :

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. Fig. II.08.

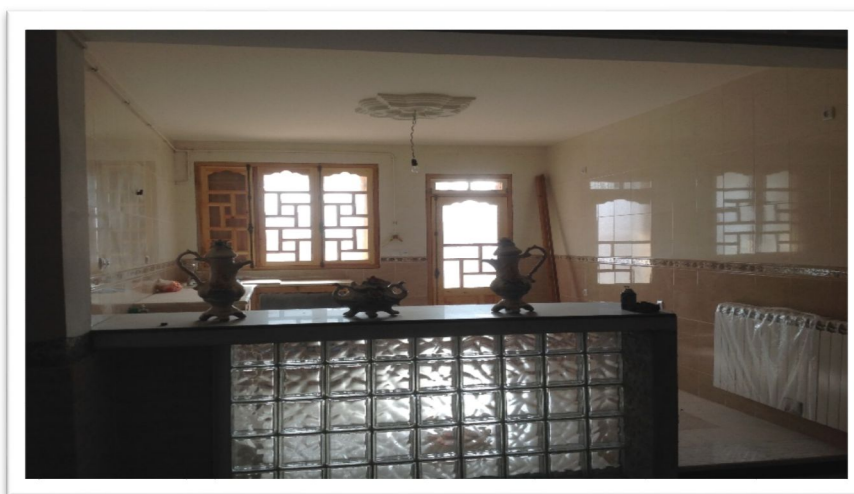


Figure II.08. Effet d'éblouissement.

Source : Auteur.

Suivant l'origine de l'éblouissement, on peut distinguer (Fig. II.09):

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

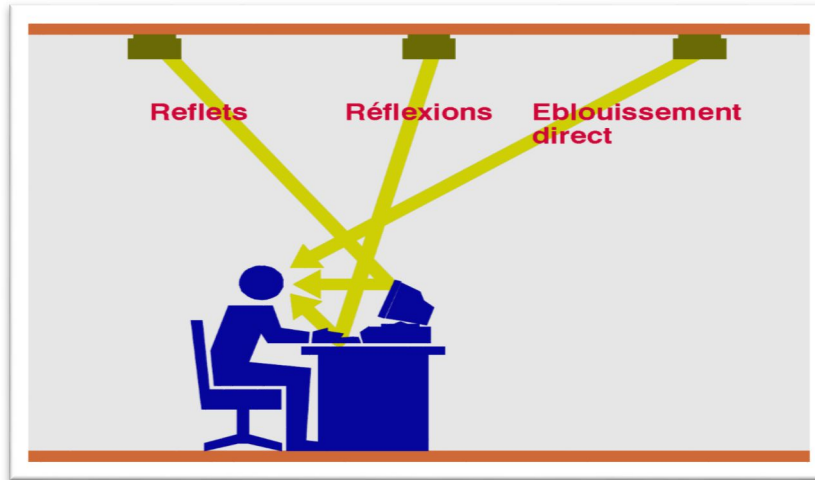


Figure II.09. Eblouissement direct et éblouissement par réflexion.

Source: energie2.arch.ucl.ac.be.

L'éblouissement direct se divise en deux (2) types d'éblouissement (Fig. II.10):

- **l'éblouissement d'inconfort** qui résulte de la vue en permanence de sources lumineuses de luminances relativement élevées. Cet éblouissement peut créer de l'inconfort sans pour autant empêcher la vue de certains objets ou détails si elle est située dans un angle compris entre 20° et 40° ;
- **l'éblouissement invalidant** qui est provoqué par la vue d'une luminance très élevée pendant un temps très court. Celui-ci peut, juste après l'éblouissement, empêcher la vision de certains objets sans pour autant créer de l'inconfort.

Le premier type d'éblouissement se rencontrera dans des locaux où l'axe du regard est toujours relativement proche de l'horizontale. C'est le cas des classes et des bureaux. Le deuxième cas se présente dans des endroits comme les salles de sport, par exemple, car l'axe de vision d'un sportif est constamment changeant et que celui-ci regarde vers le haut pour suivre les balles en hauteur.

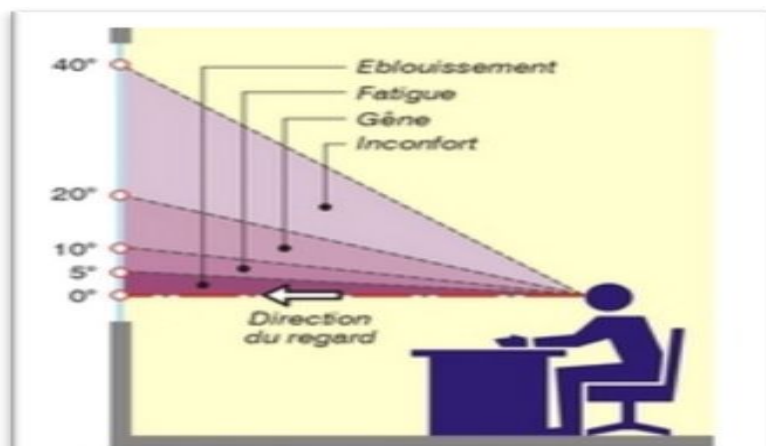


Figure II.10. Source lumineuse de haute luminance sous différents angles de regard.

Source: energie2.arch.ucl.ac.be

Pour quantifier cet éblouissement, un indice d'éblouissement a été élaboré par un groupe de chercheurs comme **MUDRI (1983)** pour qualifier l'éblouissement inconfortable(G) :

$$G = 10 \log_{10} 0,478 \sum g \dots\dots\dots 3$$

g : étant la constante d'éblouissement pour chaque source.

Cet indice d'inconfort, permet de classer l'inconfort en quatre classes, de l'imperceptible à l'intolérable.

Tableau II.4. Les réactions subjectives selon l'indice d'inconfort. MCHUGH, 1995.

Sensation d'inconfort	Indice d'inconfort
Imperceptible	10-13
Acceptable	16-19
Inconfortable	22-25
Intolérable	28 t plus

3.9. Ombre gênante:

En fonction de sa direction, la lumière peut provoquer l'apparition des ombres marquées qui risquent de perturber le travail effectué puisqu'elle diminue le contraste. Donc il est impératif d'éviter par exemple l'éclairage à droite de l'écrivain qui est droitier et à gauche pour celui qui écrit avec la main gauche. Une insertion d'une ouverture qui soit parallèle à celle déjà existante est une stratégie aussi efficace pour diminuer l'effet de l'ombre gênant pour les gauchers. Fig. II.11 et II.12.

Une pénétration latérale de la lumière naturelle satisfait généralement à la perception tridimensionnelle du relief des objets et de leur couleur, grâce à sa direction et à sa composition spectrale. Le cas est idéal mais le niveau d'éclairement diminue dès que l'on s'éloigne des fenêtres. Fig. II.13 à II.15.

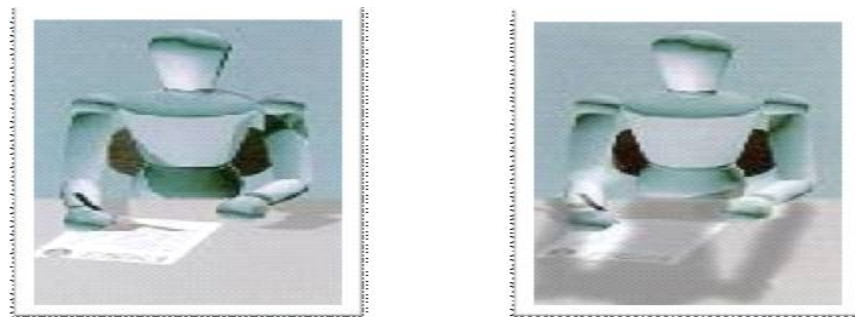


Figure II.11. Lumière de côté droit. Figure II.12. Lumière dirigé vers le dos.
Source : guidebatimentdurable.bruxellesenvironnement.be



Figure II.13. Eclairage diffus Figure II.14. Combinaison d'éclairage diffus et direct Figure II.15. Eclairage directionnel
Source : guidebatimentdurable.bruxellesenvironnement.be/

3.10. Transmission lumineuse :

Lorsque la lumière visible du soleil est interceptée par une paroi, une partie de la lumière est réfléchi (RL) vers l'extérieur, une partie est absorbée (AL) par les matériaux, une partie est transmise à l'intérieur. Le pourcentage de lumière transmis est appelé transmission lumineuse de la paroi, TL. L'éventuel air chaud emprisonné entre la protection solaire et le vitrage n'a pas d'impact sur la quantité de la lumière transmise à l'intérieur d'une pièce.

4. L'influence du type d'ouverture sur le confort visuel dans un bâtiment:

Le facteur de la lumière du jour (FLJ) décroît avec l'éloignement de l'ouverture comme le montre la figure II.16 où il a été représenté le FLJ sur un plan de travail d'une salle de classe. Le choix et la localisation précise des baies, leur équipement éventuel, claustras, brise soleil, améliorent l'homogénéité du FLJ et donc le bien être de l'utilisateur.

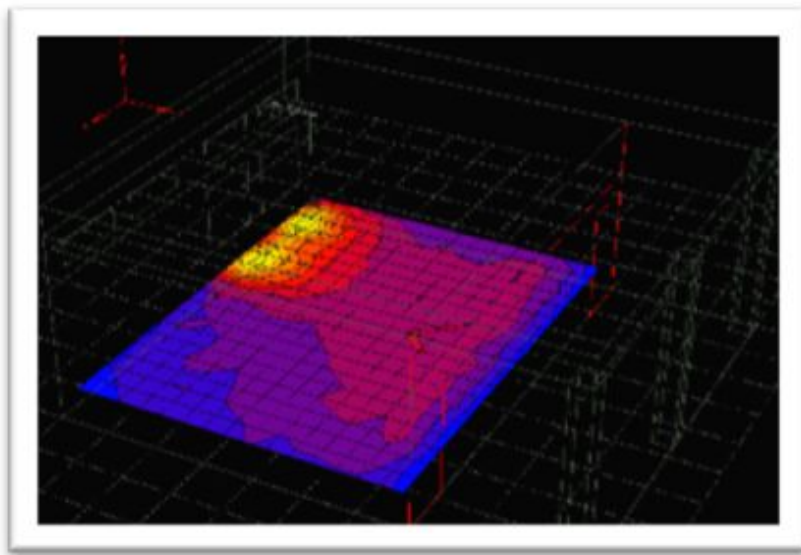


Figure II.16. Répartition du FLJ dans un plan de travail d'une salle de classe.

Source : Auteur.

Ainsi dans les grands espaces les bandes de toiture translucides peuvent être considérées comme gênants pour l'utilisateur lorsqu'ils se trouvent dans le champ visuel. Ceci crée un état de l'inconfort par leur forte luminance pendant la journée quand ils seront éclairés par le soleil. BOUVIERS ; (1981) montre que parmi les recours pour éviter ce genre de problème est l'appelle à l'utilisation des tabatières du type sky-dome qui éloigne la surface translucide du plan de toiture. Fig. II.17. Donc les claustras et les brises soleil augmentent la part du facteur de réflexion interne. Autrement dit, l'architecte a pour mission de multiplier les réflexions diffuses et de diminuer la directivité de la lumière, c'est-à-dire adoucir l'éclairage naturel.

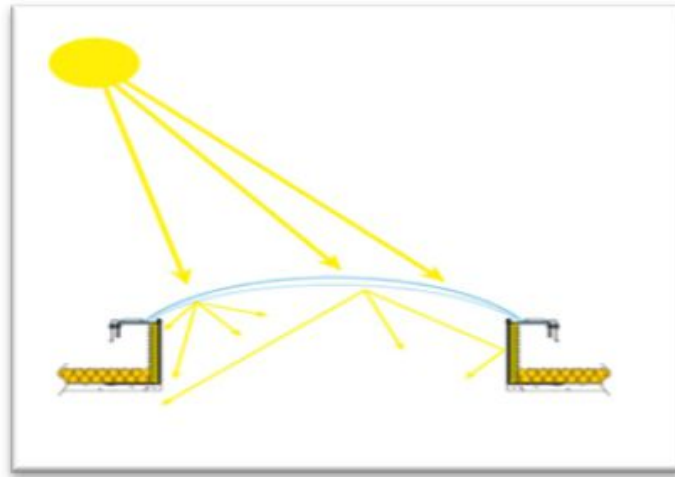


Figure II.17. Sky dome.
Source: <http://avito.ma>

5. Mesure du confort visuel des ambiances lumineuses

Une nouvelle méthode a été développée pour mesurer le confort visuel à partir l'indice de l'inconfort appelé « J », calculé selon la formule suivante :

$$J = (A_{\max} - A) / A_{\max} \dots \dots \dots 4 \quad \text{Source: BAKER N et STEEMERS. 2002}$$

Avec :

A_{\max} : l'acuité visuelle maximale qu'un utilisateur d'espace peut atteindre dans un état idéal d'éclairage naturelle.

A : l'acuité visuelle obtenu dans son lieu de travail.

Cet indice varie entre **0** et **1**. La valeur est nulle (**0**) quand les acuités sont égales et donc l'occupant est dans un état idéal d'éclairage, systématiquement la valeur est égale à un (**1**), pour un éclairage très dégradé causant l'éblouissement ou un niveau insuffisant de lumière naturelle.

6. Les ambiances lumineuses dans l'environnement résidentiel:

6.1. L'espace résidentiel :

« L'espace architectural naît de la relation entre les objets ou entre des bornes et des plans qui n'ont pas eux-mêmes le caractère d'objet, mais qui définissent des limites. Ces limites peuvent être plus ou moins explicites, constituer des surfaces continues formant une frontière sans interruption, ou, au contraire, constituer uniquement quelques repères (par exemple quatre colonnes) entre lesquels l'observateur établit des relations lui permettant d'interpréter une limite virtuelle. » (VON MEISS, 1993).

Les parois séparent et structurent les espaces de manière très importante, en plus de délimiter les espaces entre eux. Ils constituent également les frontières

entre l'intérieur et l'extérieur. L'espace interne, se différencie de l'espace externe par ses limites, mais il entretient également avec celui-ci des relations de continuité spatiales et visuelles grâce aux ouvertures.

L'espace résidentielle désigne une zone urbaine appartenant à un quartier où l'habitat est la fonction prépondérante.

6.2. Les différents types des quartiers résidentiels:

« *Le quartier est la portion de la ville dans laquelle on se déplace à pied, ou pour dire une partie de la ville dans laquelle on n'a pas besoin de se rendre puisqu'on y est* » (Georges Perec, 1974).

Ces limites peuvent être géographiques comme elles peuvent être différentes selon les personnes et selon leurs objectifs ou occupations (administratives, fonctionnelles, historiques, etc).

6.2.1. Le quartier résidentiel traditionnel :

C'est le type du quartier où les habitats sont construits pendant ou après la phase coloniale, il présente une structure urbaine basée sur un découpage régulier. Ils se caractérisent par une faible hauteur (RDC ou R+01), avec une toiture en bipente et un nombre minimale d'ouvertures donnants sur façade. Les matériaux de construire sont : la pierre dont la boue est utilisé comme mortier, la tuile pour la toiture, le bois et le verre pour les portes et les fenêtres. Fig.II.18.



Fig. II.18 : exemple d'un quartier résidentiel traditionnel.

Source : Google Earth.

6.2.2. Le quartier social collectif :

C'est un quartier généralement dense, composé de plusieurs bloc barre et angle en R+04, et des espaces vides dégagés et non aménagés. Le système constructif est portique (poteau, poutre) en béton armé coulé sur place, l'enveloppe est la séparation intérieure est en brique creuse. Les blocs sont séparés avec des joint de ruptures, et

implantés autour d'un espace semi-public ou on trouve des aires des jeux pour les enfants, des espace de détente et des parkings pour les véhicules. Fig.II.19.



Fig. II.19. Exemple d'un quartier social collectif.
Source : Google Earth.

6.2.3. Le quartier résidentiel et commercial:

Le quartier résidentiel commercial est le type où l'activité dominante est combinée entre la résidence et le commerce. Cela est dû à la présence des locaux du commerce au niveau du RDC des bâtiments que ce soit collectif ou individuel. Fig.II.20



Fig. II.20. Exemple d'un quartier résidentiel commercial.
Source : Google Earth.

6.2.4. Le quartier résidentiel individuel :

Ce type de quartier se caractérise par le type des maisons individuelles que lui constitue, dont la trame des ilots est régulière Fig.II.28. Ou irrégulière dans le cas des habitats salissants (la cité Boukhable El Eulma) Fig. II. L'équipement qu'on trouve souvent est la mosquée pour ce type de quartier, et parfois des jardins publics avec des terrains combinée. Fig.II.21.

Malgré la présence des locaux de commerce au niveau des RDC des habitats mais ces quartier sont morts pendant la journée.



Fig. II.21. Exemple d'un quartier résidentiel individuel.
Source : Google Earth.

6.3. Les différents types des habitats :

HEIDEGGER a écarté le terme logement et a préféré le terme Habitation, pour lui le terme logement est trop réducteur, il limite l'habiter à ses composantes fonctionnelles et matérielle, alors qu'il a insisté sur sa dimension culturelle « *entant qu'habitants nous somme bien plus que des usagers, l'usager n'est que l'utilisateur d'un service* » (**HEIDEGGER, 1996**).

6.3.1. L'habitat individuel :

L'habitat individuel est construit sur des lots de terrains avec des surfaces qui varient entre 100 et 250 m², par des individus privés, respectant le permis de construire qui répond aux exigences du cahier des charges du lotissement. Appelé individuel puisque chaque habitat a une entrée privée séparée des autres habitats qui se situe dans le même quartier.

Selon cet emplacement, les habitations individuelles peuvent avoir une seule ou deux façade (rarement jusqu'à trois), avec des orientations différentes les uns aux autres. Cette différence d'orientation doit être prise en considération lors la phase conceptuelle du projet afin d'optimiser les conditions de confort offertes par les

éléments naturels et de permettre le respect des orientations préférentielles des séjours et cuisines de l'habitat. Fig.II.21.



Fig. II.21. Habitat individuel.

Source : Auteur.

Afin d'assurer l'éclairage des espaces intérieurs, différents dispositifs d'apport de lumière naturelle sont utilisés dans l'habitat individuelle, on cite:

- **Le puits de lumière (la cour):** on le trouve dans la majorité des habitats, il joue un rôle d'espace de détente pendant les soirées d'été pour la famille et un moyen de captage de lumière naturelle pour les espaces adjacents de cette cour. Ces dimensions se varient selon chaque cas mais généralement en Algérie ne dépassent pas les 25% de la surface totale du lot de terrain. Fig.II.22.

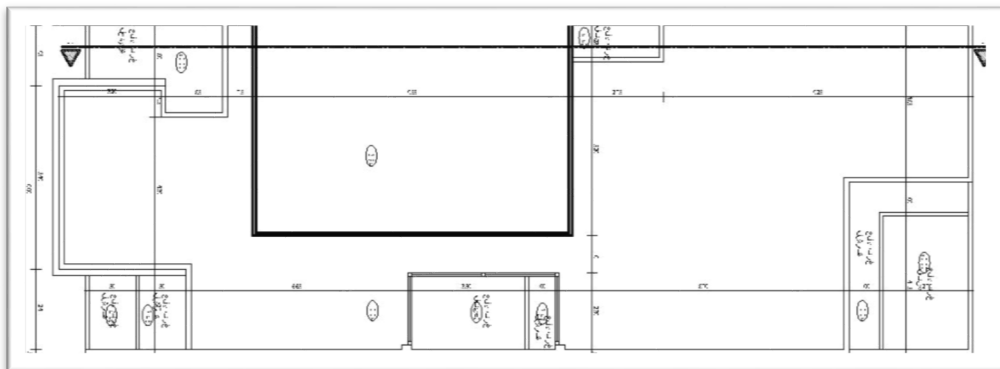


Fig. II.22. Les puits de lumière.

Source : Auteur.

- **La fenêtre** : construite en bois et verre translucide généralement pour bien préserver l'intimité de l'espace. Avec des petites dimensions (80X140cm jusqu'à 180X140cm). Les ouvertures sont munies d'un dispositif assurant une protection efficace contre le rayonnement solaire pendant des moments estivaux. La surface des fenêtres doit être déterminée sur la base d'un calcul pour obtenir un niveau clairément et une circulation d'air suffisant au bon fonctionnement de l'espace. Fig.II.23.



Fig. II.23. Les Fenêtres.
Source : Auteur.

6.3.2. L'appartement :

Doté de deux façades avec orientations Est-Ouest ou Nord-Sud, réalisé de deux à quatre par palier raccordés par des espaces en commun tels que les espaces de circulation horizontale (hall) et verticale (escalier et l'ascenseur). Les appartements sont superposés sur des niveaux pouvant atteindre 16 étages.

Ce type d'habitat est généralement bien éclairé ainsi que bien ensoleillé puisqu'il bénéficie de deux façades et d'un espace extérieure dégagé qui lui assure les rayons solaires directe.

A travers des fenêtres typiques, en bois et verre simple, et des dimensions standards (120X140cm) plantés sur l'axe des parois des pièces sur une hauteur de 1 m, la lumière naturelle pénètre à l'intérieure de l'espace.

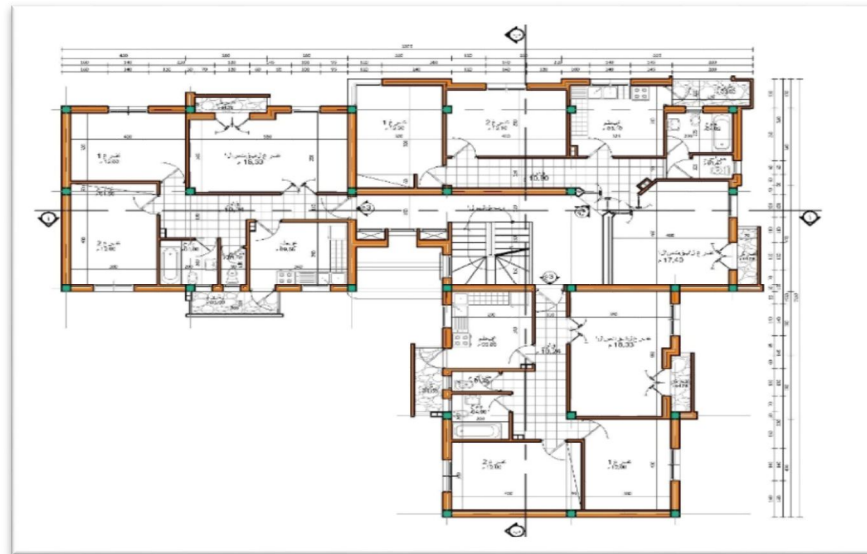


Fig. II.24. Exemple de 03 appartements par palier.

Source : Auteur.

7. Le confort lumineux dans l'espace résidentiel:

7.1. Le journal officiel :

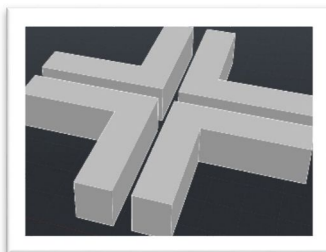
Selon le Journal Officiel, dans les immeubles d'habitation, la moitié au moins des façades percées de baies servant à l'éclairage des pièces principales, doit bénéficier d'un ensoleillement de deux heures par jour pendant au moins deux cents jours par année. Lorsque plus de la moitié des façades percées de baies est mal exposée, l'ensemble de l'immeuble doit être classé très mauvais.

7.2. Le prospect :

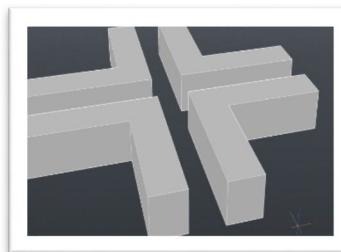
Un prospect est une règle d'urbanisme se fondant principalement sur des considérations telles que les ouvertures visuelles ou les apports de lumière et qui règlemente l'écart à respecter entre les bâtiments. Fig II.25.

En urbanisme le prospect veut dire le rapport entre la hauteur des bâtis et la largeur de la rue. Ce prospect influe sur la température des rues puisqu'il définit la durée d'ensoleillement des rues.

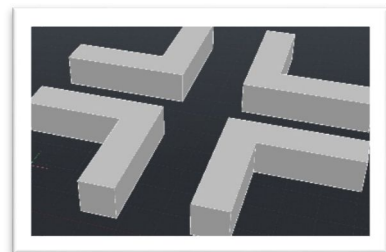
Encore, le prospect est la distance minimale calculée selon le gabarit des bâtis, qui les séparent, autorisée par les règlements d'urbanisme. Afin d'assurer un ensoleillement suffisant de ces bâtis.



$$2 \cdot h_{\text{Batis}} = L_{\text{rue}}$$



$$h_{\text{Batis}} = L_{\text{rue}}$$



$$h_{\text{Batis}} = 2 \cdot L_{\text{rue}}$$

Fig.II.25. Différents cas de prospect.

Source : Auteur.

En Algérie par exemple, le décret 91/175 du 28 mai 1991 stipule:

- Une distance d'au moins 4m doit être imposée entre les immeubles contigus.
- La distance horizontale approchée entre deux immeubles opposée doit être égale à la hauteur d'immeuble projeté avec une tolérance de 2m.
- Dans le cas des voies d'inégale largeurs ou de niveaux, inférieurs à 15m, la hauteur du bâtiment à édifier est réglée par la voie la plus large.
- Pour les façades qui n'ont pas d'ouverture d'éclairage. La distance qui sépare les deux immeubles doit être supérieure à 2m, et inférieur à $h_{bâtis}/3$.

7.3. Orientation des espaces :

Les espaces de vie s'organiseront en fonction de la course du soleil pour bénéficier du maximum de lumière naturelle. De ce qui suite quelque orientations favorable pour des espaces habitables. Fig.II.26.

- La meilleure orientation du salon ou bien le séjour est le Sud, puisqu'il est la pièce à vivre par excellence. Elle doit être claire, panoramique, chaude en hiver.
- Les chambres doivent de préférence être orientées à l'est pour profiter du lever du soleil mais rester fraîches en fin de journée. Toutefois, la chambre des parents, (qui contrairement aux enfants ne séjournent pas dans cette pièce hormis pour le sommeil) pourra être orientée ouest (à condition de laisser les volets fermés les journées d'été).
- Suivant le mode de vie, la cuisine est peut-être considérée comme une pièce de séjour dans laquelle on prend la plupart des repas. Dans ce cas, une orientation au sud est préférable. Une double orientation Sud-Est permettra de prendre les petits déjeuners en bénéficiant du soleil.
- Les sanitaires sont des pièces qui ne nécessitent pas de grandes ouvertures. C'est pourquoi, une orientation nord sera suffisante aux leurs usages.
- Si vous utilisez un ordinateur à la maison, Une pièce au nord pour l'utilisation d'un ordinateur, évitera d'avoir une trop forte luminosité qui gêne la visibilité des écrans. Une telle pièce peut par exemple servir de bureau pour laquelle l'orientation importe peu.

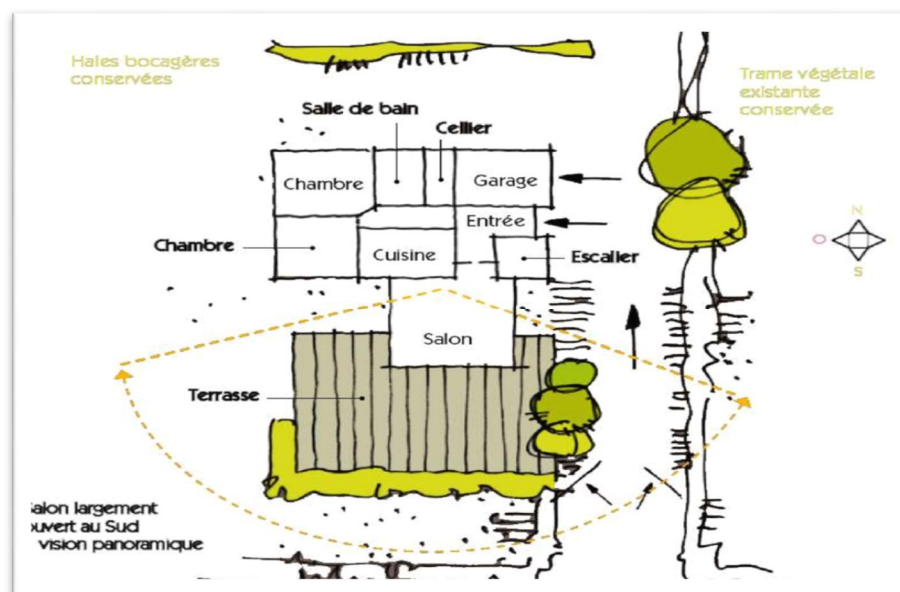


Fig. II.26. Schéma explicatif des orientations des espaces habitables.

Source : www.clg-lurcat-sarcelles.ac-versailles.fr

Donc ce qu'il faut tenir :

- Sud : espaces occupés en permanence dans la journée.
- Est : chambres et cuisine (pour profiter du levant).
- Ouest : chambre (pour profiter du couchant).
- Nord : espaces peu ou pas chauffés (entrée, atelier, garage).

«Une impression subjective de satisfaction du système visuel principalement procurée par l'absence de gêne induite par l'ensemble de l'environnement visuel.» Un individu devrait donc se sentir confortable à l'intérieur d'un espace dans lequel l'éclairage ne provoque pas d'éblouissement et éclaire correctement les plans et les espaces nécessaires au déroulement de ses activités. Cette définition du confort visuel est d'ailleurs la source de plusieurs normes internationales. Par exemple, le seuil minimal d'éclairage pour un vestibule d'entrée est de 100 lux, s'élève à 500 lux pour le travail effectué sur un poste informatique et à 1000 lux pour la lecture des cartes ou des plans qui exigent une plus grande acuité visuelle (Ministère de la Justice Canada, 2004). Des recommandations internationales de niveaux d'éclairage pour un certain nombre de tâches correspondant à des activités professionnelles ou personnelles ont été établies. Sur cette base, plusieurs pays ont établies leurs propres normes d'éclairage à respecter selon le type du local et de l'activité.

Tableau II.5. Les niveaux d'éclairage recommandés selon les pièces et le type d'activité.

DE HERDE et LIEBARD, 2005.

La pièce	Type d'activité	Eclairage moyen en lux
Hall d'entrée	-	100
Couloir	Circulation	50 - 100
Escaliers	Circulation	100
Sanitaires	Eclairage ambiant	200
	Eclairage miroir et lavabo	300 - 500
	Toilette	100
Cuisine	Eclairage ambiant	200 - 300
	Eclairage du plan de travail	300 - 500
Salle à manger	Eclairage ambiant	100
	Eclairage de la table	100 – 300
Séjour	Zone de repos	50 – 200
Chambre	Eclairage ambiant	100 -200
	Zone de lecture	250 – 300
Débarras, garage, ...	Eclairage ambiant	50 – 100
	Zone de travail (bricolage)	250- 350

Dans le cas d'un espace regroupant plusieurs fonctions, la pratique commune consiste à fournir l'éclairage nécessaire à l'activité requérant le seuil d'éclairage moyen minimal le plus élevé et de l'appliquer à tout l'espace, sans égard pour la fréquence ou la localisation probable de cette activité.

Lors de nos visites sur terrain à El Eulma et notre enquête sur les ambiances lumineuses vécues, il s'avère qu'une grande partie des habitants trouvent que la quantité de la lumière naturelle est suffisante et encore gênante dans certaines périodes. Pendant la journée, les pièces des habitations sont éclairées soit par des rayons directs soit par d'autres pièces d'une façon indirecte c'est-à-dire par la lumière diffuse. On trouve dans des cas rares qu'une pièce dans l'habitation n'est pas éclairée mise à part les sanitaires qui sont tout le temps éclairée artificiellement dû à l'absence de la baie puisqu'elle n'est pas adjacente à un puits de lumière ou à une façade.

8. Dispositifs d'amélioration du confort visuel des ambiances lumineuses pour la journée :

Dans la présente étude liée aux effets indésirables pour les habitants tels que l'éblouissement, la non-uniformité de la lumière, etc. Les dispositifs d'amélioration du confort visuel (ou de la lumière naturelle) sont mis à l'intérieur comme à l'extérieur des bâtiments. On peut citer les stores en tissu, les parois opaques à l'extérieurs, l'utilisation des vitrages sélectifs selon le besoin, l'utilisation des puits de lumière et parfois des dispositifs d'éclairage artificiel par électricité sans oublier les éléments naturels qui est la végétation.

9. Définition d'une ambiance lumineuse:

L'introduction de la notion d'ambiance lumineuse dans le discours scientifique a été faite il y a une trentaine d'année. Elle est apparue à l'instar des autres domaines de la recherche architecturale, liés à la qualité environnementale du cadre bâti.

Une des premières structures de la recherche en France dans ce domaine, est le CERMA de Nantes, fondé en 1971 par le Professeur Jean-Pierre Péneau. La théorisation du concept (construction du contenu), et l'élaboration de méthodes d'intégration des facteurs (ambient-aux) dans le processus de conception des projets architecturaux et urbains, figurent parmi les axes développés.

Au cours des années 80, d'autres équipes et laboratoires ont rejoint ce champ d'étude, comme le Centre de Recherche sur l'espace sonore et l'environnement urbain de l'école Nationale Supérieure d'architecture de Grenoble et le CRESSON. En 1992, le Centre National français de la Recherche Scientifique a créé une Unité Mixte de Recherche multi-sites sur les ambiances architecturales et urbaines.

Le terme (ambiance) est dérivé de l'adjectif (ambient) qui est issu à son tour du verbe latin (ambire) qui veut dire : (entourer, envelopper). Il indique ainsi le milieu qui nous entoure, un contexte dans lequel on se localise. Dans la langue arabe, le vocable qui nous semble être le plus proche est : (الجو) qui indique l'air qui est entre le ciel et la terre.

Aussi l'ambiance d'une maison (جو البيت) indique-t-elle (son intérieur) (داخله). Utilisé sous forme composée, comme adjectif, il désigne le caractère d'un lieu où les éléments ambient-aux (موارد جوية) qui le constituent.

Dans certains documents en langue arabe, l'ambiance d'un lieu est exprimée par le vocable (الوسط) qui est la traduction littérale du mot (milieu). L'autre terme qui s'y

rattache est (البيئة) qui procède de la racine (بوء) donnant le verbe (تبو) et qui signifie habiter. Le mot indique ainsi l'espace où l'homme élit domicile. Par extension, il se réfère au milieu où l'homme vit et interagit avec les phénomènes naturels et humains qui l'entourent, c'est-à-dire **l'environnement**, ce qui entoure et ce qui est autour de l'individu, incluant l'air, le ciel, le soleil, l'eau, le sol, le sous-sol, la flore, les autres organismes vivants, les êtres humains et leurs inters relations. Le passage sémantique de (جو) à (بيئة) apparaît ainsi assez subtil, puisque les deux termes indiquent l'ensemble des facteurs qui agissent sur le milieu vécu et investi par l'homme.

L'ambiance relève ainsi d'un domaine de connaissance fondamentalement interdisciplinaire où les aspects relatifs au vécu sensible de la personne, à l'esthétique et à la technique se croisent. Il est donc possible de définir l'ambiance comme une « *interaction complexe d'influences réciproques* » (Belakhel, 2007) entre la perception et la représentation des usagers, l'expérience émotionnelle qu'ils en font de l'espace architectural, et les phénomènes physiques (thermiques, lumineux, acoustiques, aérodynamiques). De ce fait, l'ambiance architecturale s'intéresse conjointement à la chose construite (tangible et matérielle) et à « ses effets sur ses destinataires » (Péneau, 2010).

L'ambiance est là où l'individu accède, marche, s'installe, écoute, se repose, admire, travaille, touche, discute, rit, ...etc. Comme le décrit Jean-Jacques « acteur d'une situation qu'il partage, qu'il savoure avec plaisir ou délectation, comme mangeur ou consommateur en empathie avec son milieu ». Jean-Jacques ainsi définit l'ambiance lumineuse comme un lieu qu'in s'appréhende sous l'angle des états de conscience d'un sujet immergé, à un moment donné dans un espace architecturale où la lumière s'immisce et circule tout autour ». La lumière par définition et ses caractéristiques parfois diffusée, bloquée, réfléchi par des surfaces sur un plan de travail ou endroit contribue à la perception des qualités de l'espace vécu correspondantes. A travers les choix des dispositifs et dispositions spatiales, des matériaux, des ouvertures, des couleurs et l'orientation des pièces le maître d'œuvre contribue à concevoir l'ambiance voulue. C'est le type qui dispose des connaissances techniques et esthétiques et même éthiques qui le qualifie pour la mise en ambiances lumineuses des espaces qui sont voulus et très bien réfléchit par rapport à des exigences dictées par le maître d'ouvrage pour chaque espace selon plusieurs critères tel que l'activité, l'intimité, etc. et même aux ambition du confort et le bien-être.

10. Types d'ambiances lumineuses dans les habitations et les espaces extérieurs:

La lumière est le facteur qui permet la sensation qui génère des impressions psychologiques qui nous permettent de qualifier l'ambiance vécu. De ce fait on peut distinguer trois (03) catégories fondamentales d'ambiances lumineuses selon la quantité de la lumière naturelle.

L'ambiance inondée : « *c'est une exaltation de la lumière qui embrasse 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 qualité de lumière* ».

La pénombre : par définition, la pénombre est la partie périphérique d'une tache solaire ou état d'une surface incomplètement éclairée par un corps lumineux dont un corps opaque intercepte une partie des rayons solaire. « *Dialogue entre l'ombre et une lumière solide qui la transperce par endroit* ». La pénombre est devenue dans l'architecture de ces dernières années une séduction des visiteurs plus qu'une prestation technologique, puisqu'elle produit parfois des paysages lumineux avec des gradients d'ombre et de lumière. Fig. II.27, II.28 et II.29.

L'ambiance lumineuse «est l'omniprésence de la lumière qui tend à disparaître parce qu'elle est partout. » **Reiter et De Herde, 2004.**



Figure II.27. Pénombre utilisant la végétation
Source : <http://37.media.tumblr.com/>

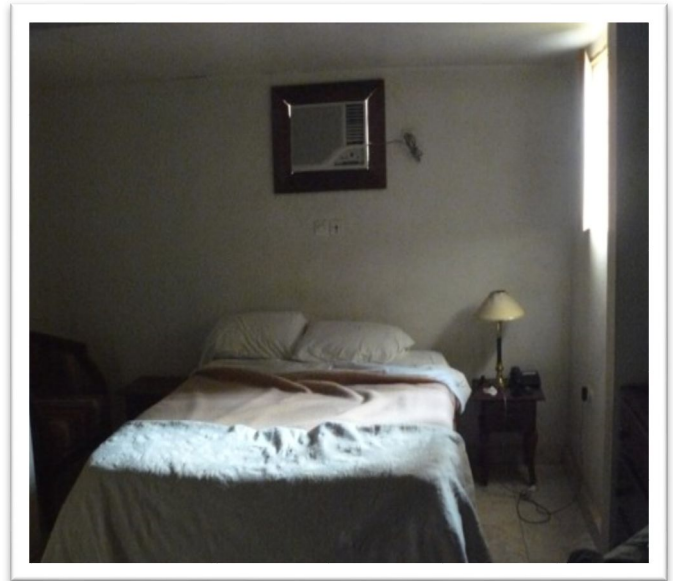


Figure II.28. Pénombre dans une chambre
Source: Auteur.

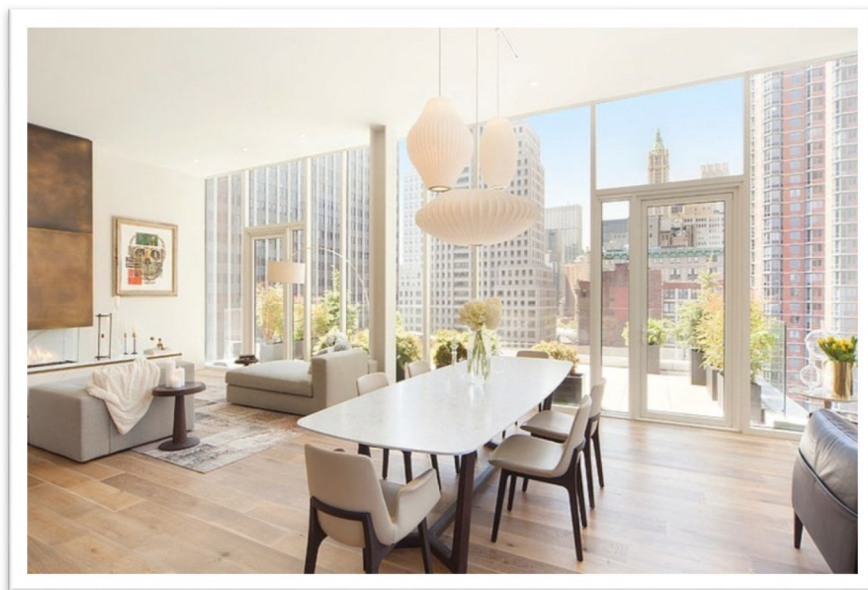


Figure II.29. Une ambiance lumineuse inondée dans une habitation individuelle pendant la journée.
Source : <http://vivons-maison.com/>

11. Les paramètres qui influent sur les ambiances lumineuses :

11.1. Les couleurs :

Comme nous avons déjà vu, la couleur émise par les objets et l'environnement a un effet sur l'état psychophysiologique et sur le système nerveux de l'occupant de la pièce, puisqu'elle influe directement sur l'ambiance vécu. Les couleurs qui ont des longueurs d'ondes grandes telles que le rouge et l'orange, ont un effet stimulant sur le métabolisme, par contre celles qui ont des longueurs d'onde assez courtes telles que le bleu et le violet ont un effet calmant. Alors que les couleurs intermédiaires comme le vert, le jaune, et même le blanc ont un effet tonique favorable pour les activités de concentration. Les couleurs foncées et spécialement le gris ont un aspect déprimant. Finalement on peut dire que la couleur contribue à la modification des dimensions apparentes des surfaces et des volumes.

La lumière chaude est composée des ondes des couleurs rouge et orange, et les objets qui ont la couleur chaude sont plus agréables lorsqu'on les éclaire avec une lumière pareille (chaude) et vice versa, en plus que la lumière chaude tend à noircir les objets qui ont des couleurs froides. Fig. II.30 et II.31.



Figure II.30. Pièce avec couleur chaude



Figure II.31. Pièce avec couleur froide.

Source : <http://alphand-design.com/>

Les travaux de Kruithof 1941 sont souvent pris comme référence dans le domaine d'éclairage et peuvent être résumés de la manière suivante (Fig. II.32):

- Une lumière chaude dont la température de la couleur est faible, est généralement agréable si et seulement si le niveau d'éclairage reste modéré.
- Une lumière froide dont la température de la couleur est élevée, est aussi agréable si le niveau d'éclairage est élevé.

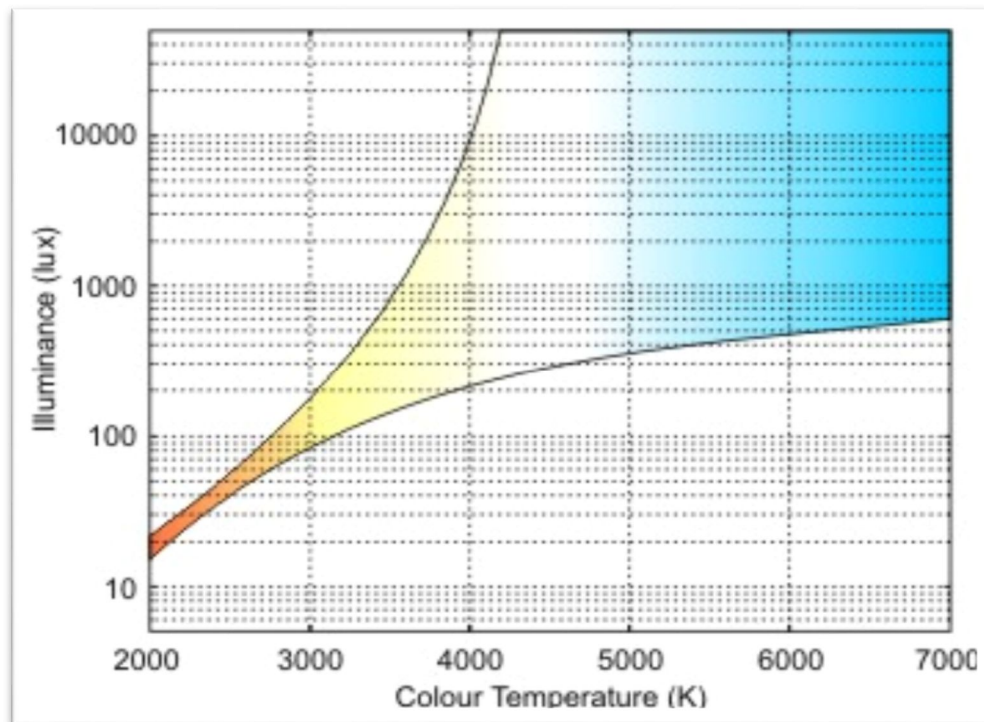


Figure II.32. Diagramme de Kruithof.

Source: www.grenoble.archi.fr.

11.2. Les matériaux :

Tout dépend de l'orientation de la lumière et de la position de l'observateur la perception des matériaux composants d'un objet est chaque fois différente. Malgré que la lumière est considéré comme un matériau de construction mais les matériaux solides sont les clés pour comprendre le comportement de la lumière parce qu'ils affectent directement les caractéristiques de la lumière : la quantité, la qualité, l'orientation, etc., et donc l'ambiance vécu.

Les matériaux ont deux caractéristiques fondamentales pour étudier la lumière : leurs finitions (mattes ou brillants) et leurs couleurs. La combinaison de ces paramètres aboutis chaque fois une variante d'ambiance qui satisfait le besoin du concepteur et/ou de l'occupant de l'espace. Ceci est dû au rôle capital que joue la lumière naturelle qui selon son intensité, son angle d'incidence, sa qualité, met en évidence la texture et la couleur de ce matériau.

11.3. La forme de la pièce :

La lumière naturel est nette et directe dans une pièce close, et diffuse dans une pièce ouverte. Si nous éclairons seulement et légèrement les murs d'une pièce, nous rendons la géométrie du local perceptible et l'ambiance devient plus limité par ces murs éclairés et plus qu'ils sont éclairés plus qu'ils semblent plus grands que les murs sombres. Par contre dans l'obscurité, les limites de la pièce disparaissent par absence de la réflexion de la lumière. Fig.II.33.



Fig.II.33. un éclairage déterminant la forme d'une chambre.

Source : <http://www.novatekelectric.com/>

11.4. La structure :

La structure influence le caractère d'une ambiance lumineuse, quand on prend le cas de l'église protestante qui a été conçu par l'architecte Tadao Ando, on découvre que l'espace d'entrée est défini par une lumière naturelle qui transperce un voile en béton incliné de 15°, Oui !!! On accède à cette église du côté où le mur en béton est découpé formant une croix lumineuse et qui donne son nom à cet édifice « l'église de la lumière ». Ces bandes lumineuses sont volontairement étroites pour augmenter le contraste. Fig. II.34.



Figure II.34. Eglise de la lumière conçue par Tadao Ando construite 1989

Photo prise en 2011.

Source : www.archdaily.com

12. Conclusion :

Au sens général du terme, le confort consiste en *«tout ce qui contribue au bien-être et à la commodité de la vie matérielle»*. Le bien-être étant *«la sensation agréable procurée par la satisfaction des besoins physiques et l'absence de tensions psychologiques»* (Mudri et Lenard). Le confort est donc le résultat d'un processus physique et psychologique. Pourtant, tel qu'exposé précédemment, la définition actuelle du confort visuel, tout comme celles du confort thermique, acoustique et olfactif, s'adressent exclusivement à la satisfaction des besoins physiques.

L'individu devrait donc se sentir confortable à l'intérieur d'un espace dans lequel l'éclairage ne provoque pas d'éblouissement et éclaire correctement les plans et les espaces nécessaires au déroulement de ses activités.

Par l'usage diversifié des différentes sortes de baies et de leurs accessoires, fenêtres, lanternes, voûtes diffusantes, canons à lumière, écrans, il est possible de moduler l'éclairage de façon immatérielle, de réaliser une architecture de lumière, et d'apporter une ambiance dont la sensation est subjective que ce soit d'ouverture, de grandeur, de tristesse, de chaleur, de froid, etc.

Comme vous avons déjà montré et selon **DE HERDE et LIEBARD** les niveaux d'éclairage recommandés pour les espaces intérieurs varient entre 500 et 250 lux pour les plans de travail et les espaces des tâches cognitives. Et entre 300 et 100 lux pour les autres ambiances, seulement qu'il peut se diminuer jusqu'à 100lux pour les espaces de circulation et à 50lux pour les zones de repos.

La lumière naturelle participe largement au sens donné à l'espace, au bâti, et à son symbole. Pour un environnement lumineux adéquat à l'apprentissage, la lumière doit être fournie en quantité suffisante (l'uniformité, la direction, la couleur, la quantité ; etc.) pour aider la perception et améliorer la performance visuelle. Sans oublier que la couleur émise par les objets et l'environnement a un effet sur l'état psychophysiologique et sur le système nerveux de l'occupant de l'espace.

Un dernier facteur très important qui influe la perception de l'ambiance lumineuse et sur le qu'elle se base les études de confort visuelle, thermique et même acoustique, c'est le facteur d'âge. Nous ne sommes pas égaux devant le confort visuel. Les couleurs ne sont pas perçues de la même manière d'un individu à l'autre. Aussi, les capacités visuelles sont fonction de l'âge des personnes.

Chapitre III :
Présentation du cas d'étude

1. Introduction :

Afin de mieux évaluer le confort visuel dans le secteur résidentiel, on a choisi d'étudier la cité des 426 lots à El Eulma, wilaya de Sétif. La partie pratique de ce travail appui sur des outils de recherches qui sont : le questionnaire, les mesures sur terrains, et la photographie.

Il s'agit de recueillir les informations sur la cité voulu étudier et sur l'état des ambiances lumineuses intérieures on passant par les ambiances lumineuses extérieures.

2. Présentation de la ville d'El Eulma dans son contexte régional:

2.1. Caractéristique démographique et situation géographique:

Créée par décret le 28 avril 1962 sur un site situé sur la route de Constantine au lieudit **Taftika** (nom d'un ruisseau qui existait auparavant près de l'Ex-école **Clémenceau**, actuellement école des **frères Dardar**), El Eulma comptait une population de 3952 habitants au lendemain de l'indépendance. Actuellement elle avoisine les 400 000 Habitants.

Située dans l'Est Algérien, dans les hauts plateaux Sétifiens, sur la route nationale N°5 Alger- Constantine, la ville se trouve à 27 km à l'Est de Sétif et à 100 km à l'Ouest de Constantine. Cette ville se trouve donc à la croisée de la RN5 et la route nationale 77 reliant Batna et Jijel. Cette position stratégique renforcée par la ligne de chemin de fer Est-Ouest passant au Sud de la ville et par l'Autoroute Est- Ouest passant au Nord de la ville. Fig. III.1.

Sa situation géographique est comprise entre la Latitude 36°9' Nord et la longitude 5°41' Est, son altitude moyenne est de 950 mètres. La mosquée El Amir Abdelkader se trouvant au centre-ville à une altitude 915 m.

La zone Sud d'El Eulma est le siège d'un lac salé (Sebkha Bazer) qui fait partie de ce que l'on appelle le « pays des lacs » de la grande zone des chotts de Constantine, qui s'étend sur près de 200 km, d'Est en Ouest entre Oued **Boussellem** et Oued **Mellègue**.

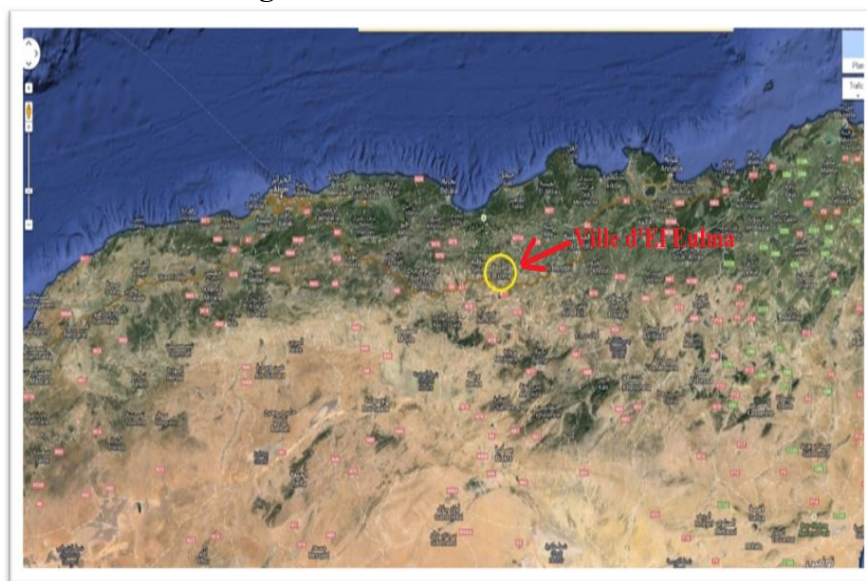


Figure III.1. Situation de la ville d'El Eulma
Source : Google Earth.

2.2. L'activité économique :

La ville d'El Eulma et plus précisément la cité des 426 lots dite (شارع دبي) possède une source économique considérée comme *majeure* pour la ville ainsi que pour la wilaya qui est le commerce. Par cette activité, elle est devenue un pôle d'attraction pour toutes les autres régions au niveau nationale.

3. Climatologie de la ville d'El Eulma :

Afin de mieux caractériser le climat de la ville d'El Eulma, il est utile d'analyser les différents paramètres qui le constituent, en interprétant les données météorologiques qui s'étalent sur une période de dix ans relative à la période (2002/2012). Seules les précipitations sont mesurées à la station d'El Eulma alors que le reste des données sont mesurées à la station de Sétif. Les caractéristiques de ces deux stations sont reportées dans le tableau III.1.

Tableau III.1. Caractéristiques des stations pluviométriques de Sétif et El Eulma.

Station	Coordonnées Lambert		Altitude Z (m)	Mise en service
	X (Km)	Y (Km)		
El Eulma	759.400	320.600	960	1920
Sétif	742.700	323.100	1040	1913

3.1. Température :

Les statistiques climatiques sont basées sur les données météorologiques de la dernière décennie à la station d'El Eulma et fournies par l'Office National de Météorologie-Sétif permettent d'avoir les caractéristiques suivantes (Fig. III.2):

- Une croissance modérée et régulière de janvier à Juillet.
- Une décroissance rapide de la température de septembre à Janvier.
- Les mois les plus froids sont Janvier, Février, Mars, Novembre et Décembre avec une température minimale de 0,6 C° en Janvier.
- Les mois les plus chauds sont : Juin, Juillet, Aout et Septembre avec une température maximale de 34,4c° en Juillet.

3.2. Précipitations :

La région d'El Eulma appartient au domaine semi-aride avec une précipitation annuelle de l'ordre de 420mm. La répartition des précipitations mensuelles montre que la période sèche correspond à l'été alors que la période la plus arrosée est l'hiver. La période sèche coïncide avec les mois de Mai, Juin et Juillet et elle

reçoit 15% des précipitations alors que l'hiver coïncide avec les mois de Décembre, Janvier et Février et elle reçoit 35%des précipitations totales. Fig. III.3.

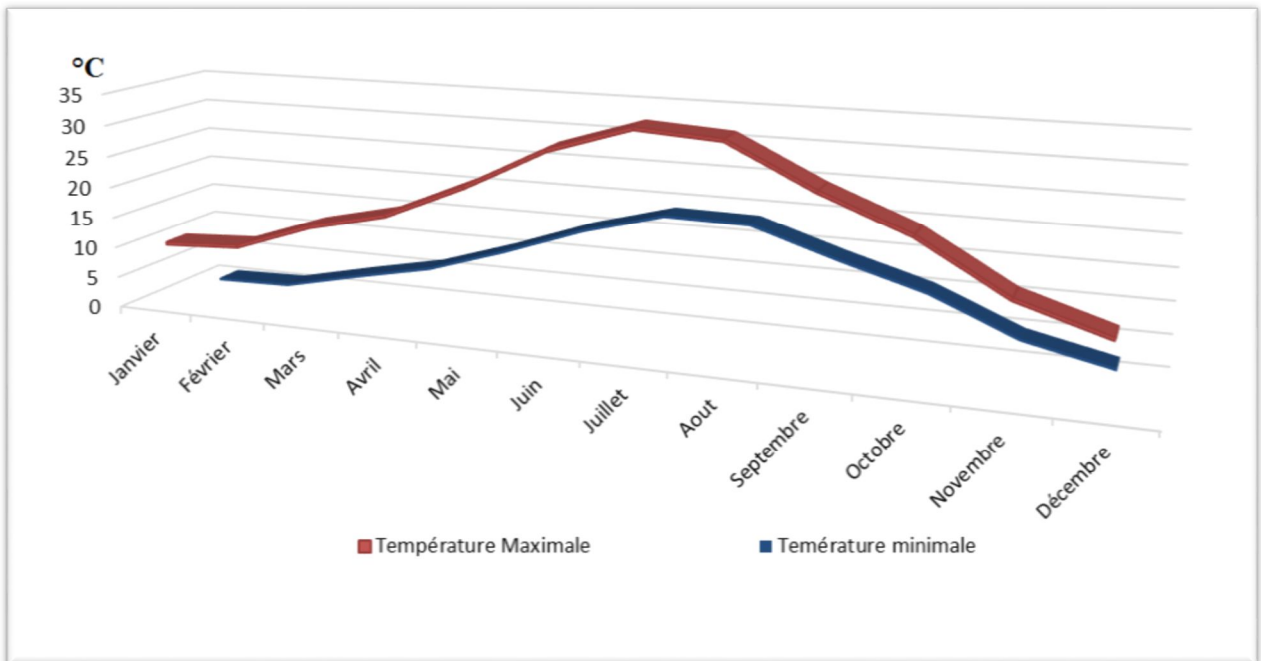


Figure III.2. Variation de la température moyenne mensuelle.
Source : Station El Eulma 2014.

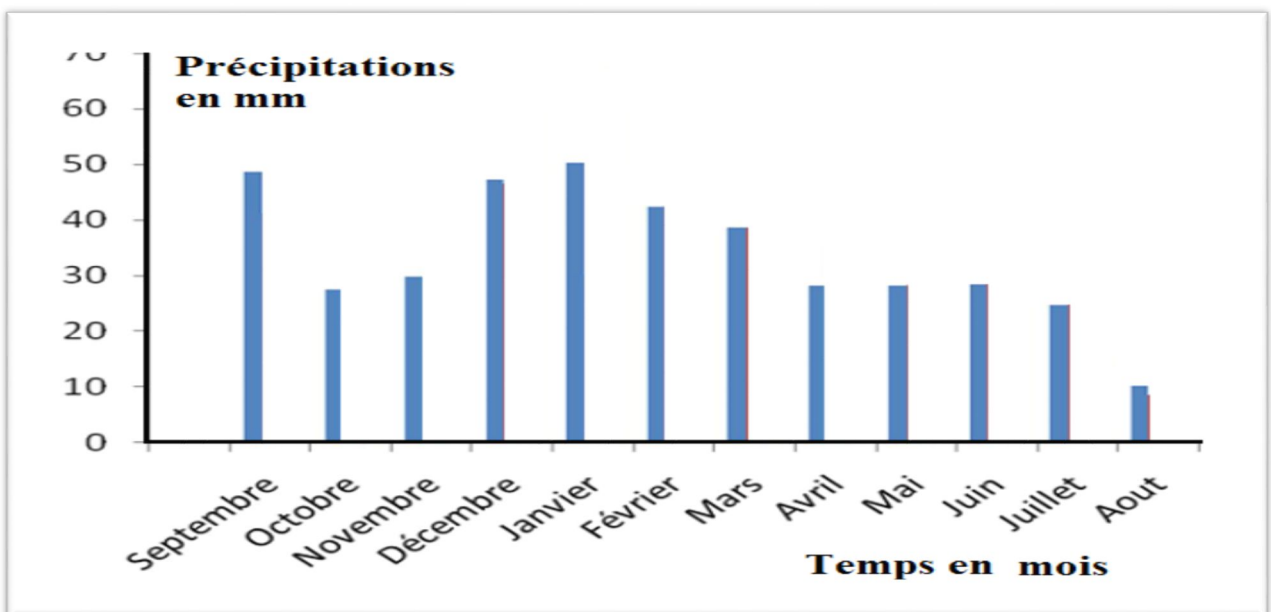


Figure III.3. Valeurs des précipitations moyennes mensuelles de 2002/2012.
Source : Station El Eulma 2014.

3.3. Le potentiel solaire :

Une évaluation satellitaire a été réalisée par l'Agence Spatiale Allemande (ASA) (www.algerie-dz.com), a montré que le potentiel solaire le plus important du tout le bassin méditerranéen se trouve au niveau de l'Algérie. La durée d'insolation est de 3 500 h/an, avec plus de 12h/J pour l'été et plus de 8h/J pour les autres journées. Cette dernière est considérée la plus grande au monde.

Le désert du Sahara qui occupe 86% de la surface global du territoire algérien occupe la première place à l'échelle nationale et reçoit une quantité d'énergie moyenne de 2650kwh/m²/an qui est l'équivalent de 3500h/an. En second lieu on a les hauts plateaux qui occupent une assiette de 10% de la surface de l'Algérie, reçoit 1900kwh/m²/an pour 3000h/an. Finalement le littoral occupe la troisième et la dernière place à l'échelle nationale et il reçoit que 2650 h/an reçoit 1700 kWh/m²/an qui est considérée la plus basse. **Harouadi et al, 2007.**

A partir des données climatiques recueillies au niveau de la station météorologique de l'aéroport de Sétif relative à la durée d'ensoleillement de la ville d'El Eulma pour la période (2002/2012) le mois du Janvier est le moins ensoleillé avec uniquement 155 heures par contre les mois de Mars, Juillets et Aout sont les plus ensoleillés de l'année avec une durée qui varie entre 270 et 279 heures. Fig. III.4. Nous constatons également que le nombre d'heures d'ensoleillement au cours de l'année est 2923 heures par an soit 122 jours par an ce qui représente plus d'un tiers de l'année ce qui est considéré comme assez important.

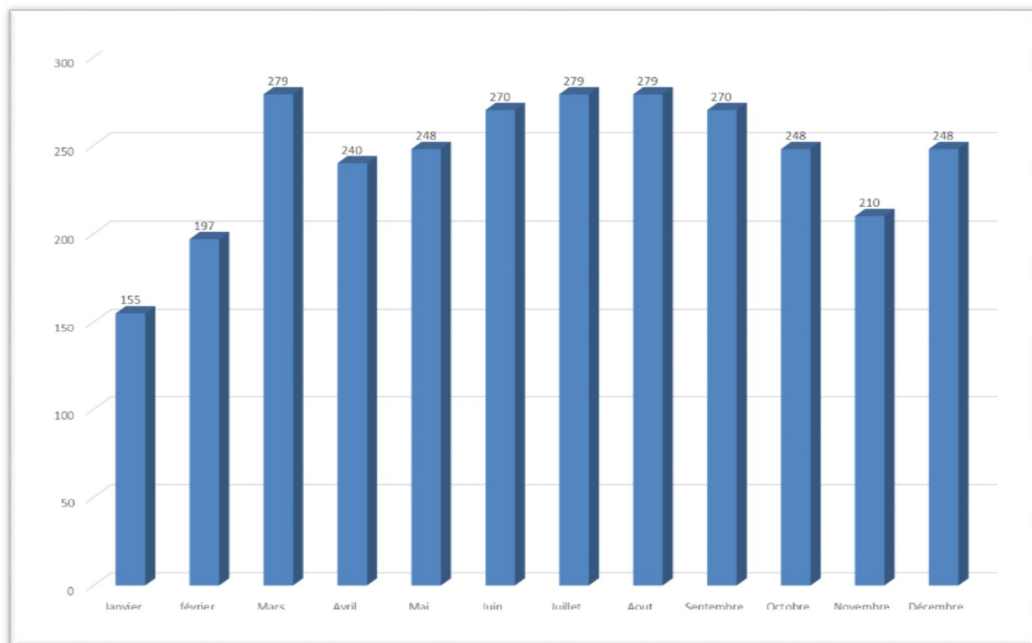


Figure III.4. Durée d'insolation à la station d'El Eulma, SETIF.

Source : Station El Eulma 2014.

3.4. La couverture nuageuse :

La détermination du type du ciel d'un site se fait à l'aide de la mesure du taux de la couverture nuageuse. Pour cela, deux types de stations sont utilisées, les stations météorologiques de surveillance au sol et les satellites géostationnaires de la NASA. Les données des stations météorologiques de surveillance au sol sont moins précises et peuvent être discontinues conduisant à des profils climatologiques incomplets. Par contre les données recueillies par les satellites géostationnaires de la NASA qui sont plus précises car ces données sont la moyenne de 10 ans de collecte à travers tout le globe terrestre sur une maille de 10X10 km. Fig. III.5. Mais il faut bien noter que ces dernières données ne sont pas destinées pour remplacer ou éliminer les données collectées par les stations au sol, mais pour les compléter là où ils sont incomplètes, elles sont donc complémentaires. La figure ci-dessous est une carte de base des données climatiques de RETScreen (logiciel de calcul des données climatiques) sur laquelle les stations sont indiquées sur tous le globe terrestre, les points rouges représentent l'endroit où se trouve les stations météorologiques au sol, et celles en bleu sont l'emplacement des données satellite de la NASA, ces derniers se trouvent dans les endroits peuplés au moins une dizaine de personnes.

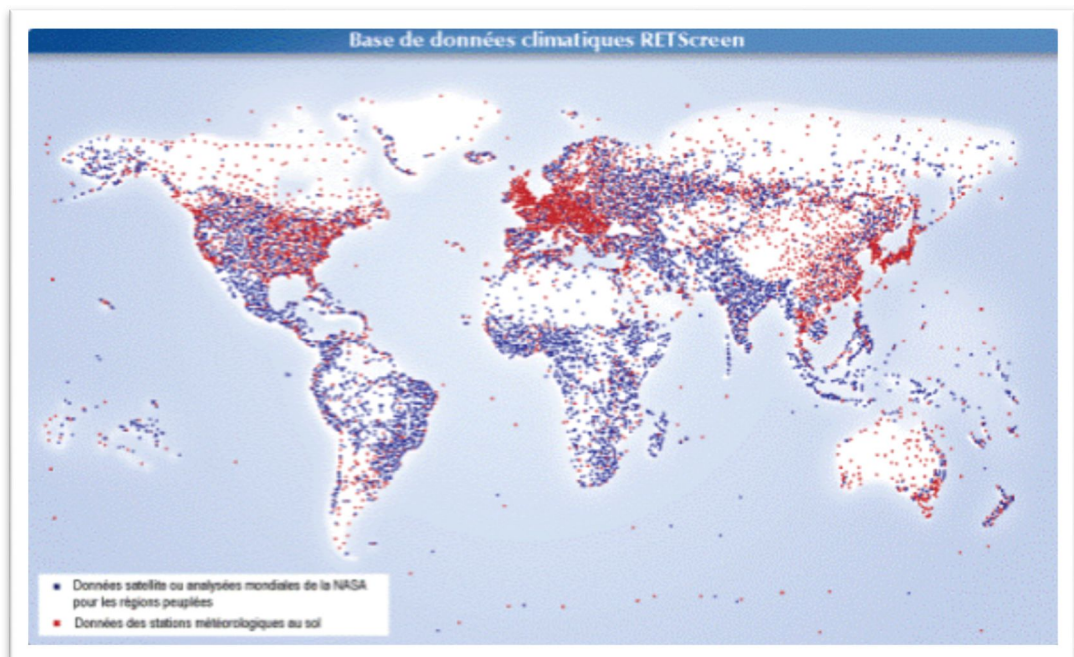


Figure III.5. Carte de situation des stations météorologiques.

Source : www.RETScreen.net/fr

La répartition, le type, l'épaisseur et l'altitude des nuages sont des facteurs modifiants la couverture nuageuse globale, qui influence à son tour le climat. Les satellites météorologiques sont les seuls capables de cartographier la configuration de la nébulosité et contribuer au programme de recherche sur le climat planétaire (WCRP). Ce programme de recherche a pour mission de collecter et d'analyser les

mesures de radiance à fin d'obtenir la distribution générale des nuages et leurs variations journalières, saisonnières et même annuelles. Fig. III.6.

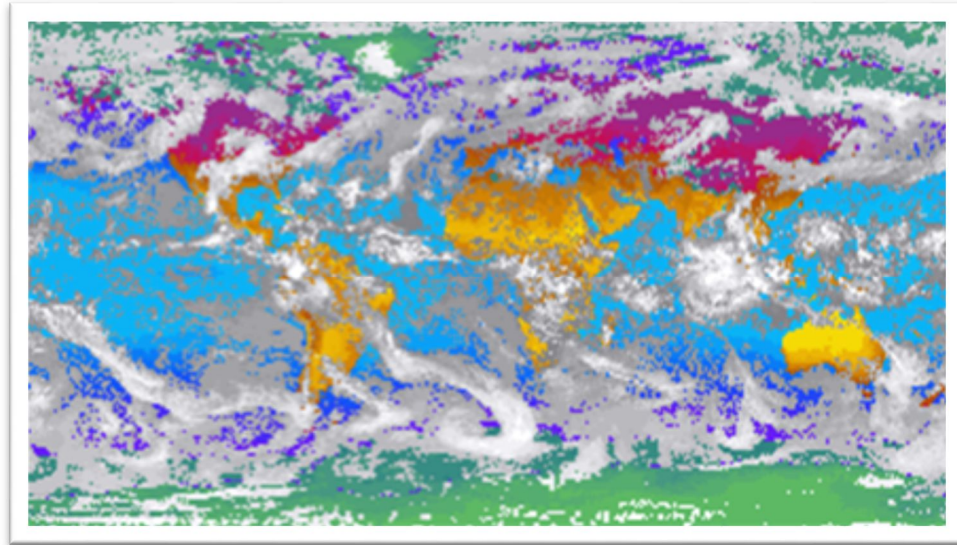


Figure III.6. Exemple d'une configuration des nuages produite par ISCCP
Source : ZEMMOURI, 2005.

3.5. Le type du ciel dominant à El Eulma

Pour caractériser le climat de la ville d'El Eulma (Latitude 36,15 N, Longitude 5,68 E), le gisement solaire et l'éclairement d'une manière générale, il faut tout d'abord déterminer le type du ciel à l'aide du calcul de la couverture nuageuse qui sera exprimée en (%). Ce taux de couverture varie entre 0 et 100%. 0% indique un ciel parfaitement clair et 100%, un ciel couvert, pour les valeurs comprises entre 10 et 70%, le ciel est considéré comme intermédiaire.

Les données fournies par la NASA relatives au taux de la couverture nuageuse de la ville d'El Eulma, montrent qu'elles sont comprises entre 37,7% et 65,2%. Tableau III.2. On remarque que le ciel est partiellement couvert (>60%) entre les mois d'Octobre et Mai. Pour le reste de l'année, le taux diminue jusqu'à 37,7%. Fig. III.7. Les données montrent que pendant la période hivernale la couverture nuageuse est pratiquement identique pendant toute cette période et légèrement différente pendant l'été. Donc le ciel de la ville d'El Eulma est de type intermédiaire (partiellement couvert).

L'examen des données horaires (Tableau III. 3) montre que les taux de la couverture nuageuse sont différents les uns par rapport aux autres et ils atteignent leurs valeurs maximales entre 12h et 15h. Globalement, ces taux sont presque égaux à des moments précis comme à 09h et 18h, 12h et 15h, etc. Mais le ciel a toujours une couverture intermédiaire.

Tableau III.2. Taux de couverture nuageuse à la station d'El Eulma pour la période 2002/2012.

Source: NASA Surface meteorology and Solar Energy Data Set

Mois	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Taux (%)	62,3	64,1	64,1	63,1	61,4	51,6	37,7	39,7	48,0	59,9	65,2	62,2

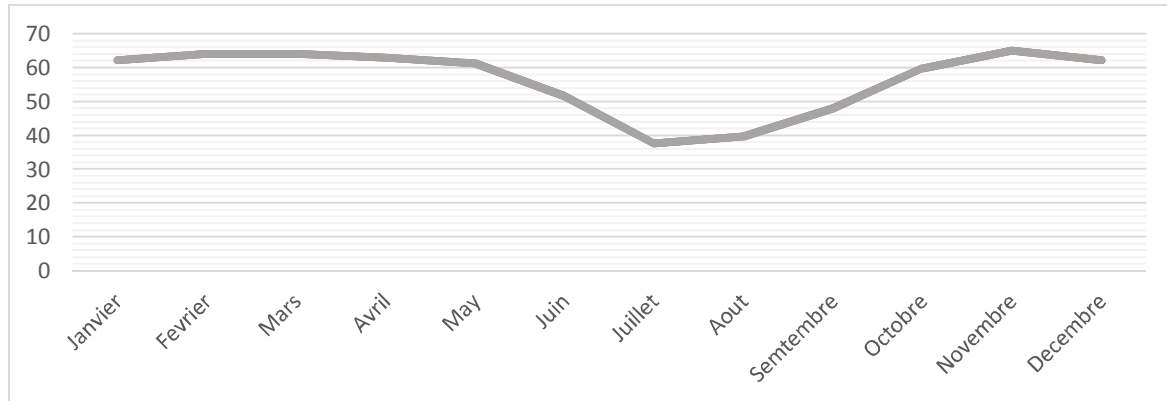


Figure III.7. Le taux de la couverture nuageuse durant l'année à la ville d'El Eulma.
Source : NASA.

Tableau III. 3. Taux de couverture nuageuse annuelle pendant 24 heures.

Source: NASA Surface meteorology and Solar Energy Data Set.

Latitude 36,15 Longitude 5,683	Jan.	Fév.	Mar	Avr.	May	Juin	Juil.	Aout	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.
Moyenne à 00h	54,0	52,0	53,4	52,7	54,9	45,7	28,5	29,9	41,0	53,8	55,5	53,7
Moyenne à 03h	54,3	52,9	54,4	55,1	54,2	44,4	26,6	27,6	39,6	53,9	55,8	53,8
Moyenne à 06h	55,6	55,0	54,7	53,6	51,9	41,6	24,3	25,4	38,4	53,4	56,7	55,0
Moyenne à 09h	58,4	58,1	60,7	60,3	60,0	50,5	37,3	37,8	45,2	54,3	60,3	57,6
Moyenne à 12h	64,9	68,0	71,3	69,7	67,1	57,5	43,3	46,4	55,7	68,3	69,3	66,0
Moyenne à 15h	63,5	66,3	69,8	71,3	68,4	59,3	47,9	50,7	56,7	63,6	65,8	62,9
Moyenne à 18h	55,9	56,6	59,5	60,8	59,6	49,1	35,8	38,1	44,1	56,2	59,3	56,5
Moyenne à 21h	54,0	53,1	54,6	54,1	55,3	46,1	29,5	32,0	40,9	52,7	57,2	54,3

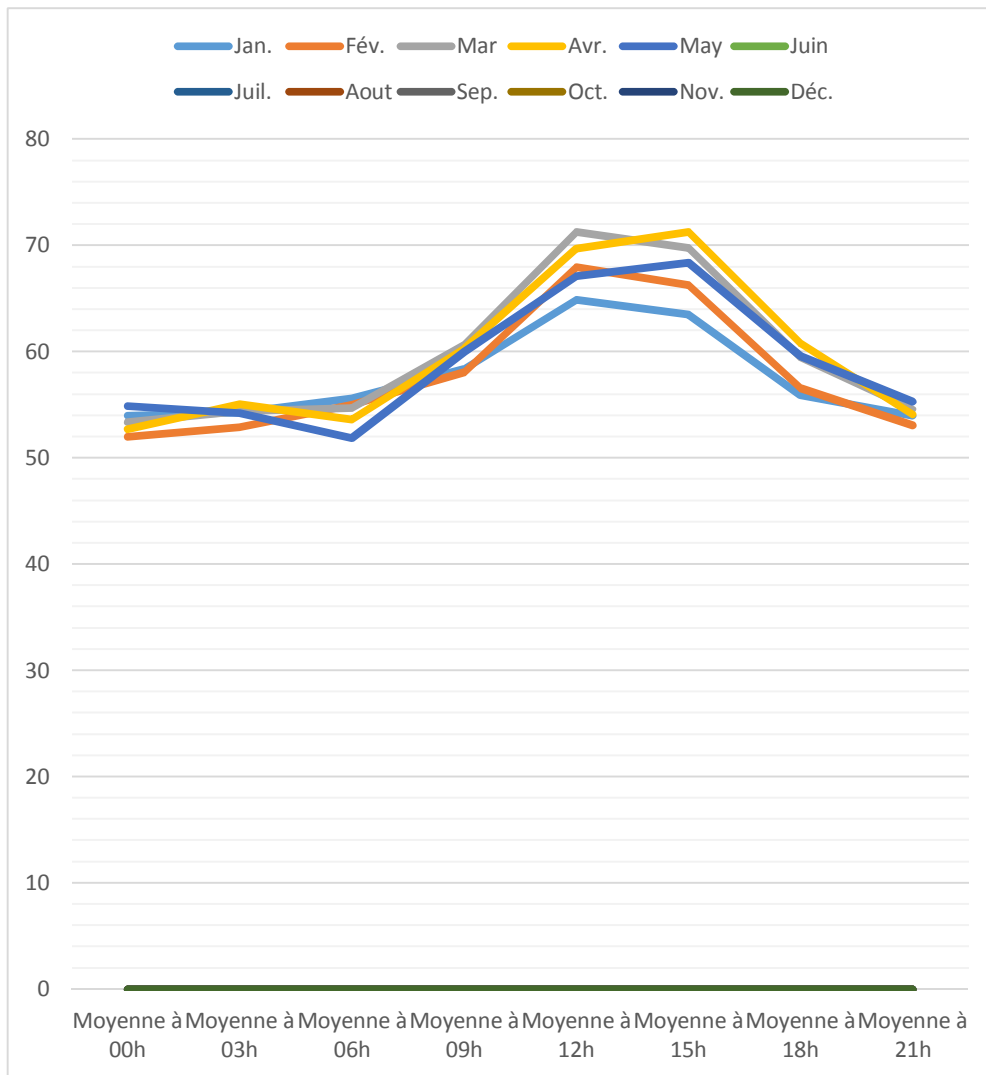


Figure III.8. Taux de couverture nuageuse annuelle pendant 24 heures.

Source : NASA.

3.6. Gisement lumineux

La détermination du type du ciel dominant à El Eulma, permet de calculer le gisement solaire et lumineux. Comme nous avons dit déjà dans le chapitre précédent, le rayonnement solaire se divise en deux composantes majeures, celle qui est directe venante du soleil surtout lorsque le ciel est claire (taux de couverture nuageuse égale à 0%), et celle qui est diffuse par la voute céleste pendant que le ciel est couvert.

L'énergie solaire est inépuisable, propre et pas nocive pour l'environnement. Ce gisement solaire est l'ensemble de données décrivant l'évolution du rayonnement solaire disponible pour une période bien précise à partir des données de l'irradiation solaire globale.

En basant se sur les résultats fournis par ZEMMOURI, N. (Référence Thèse Doctorat 2005) sur la lumière du jour (Fig. III.8) nous estimons que la moyenne de l'éclairement dans la ville d'El Eulma est de 35000 lux.

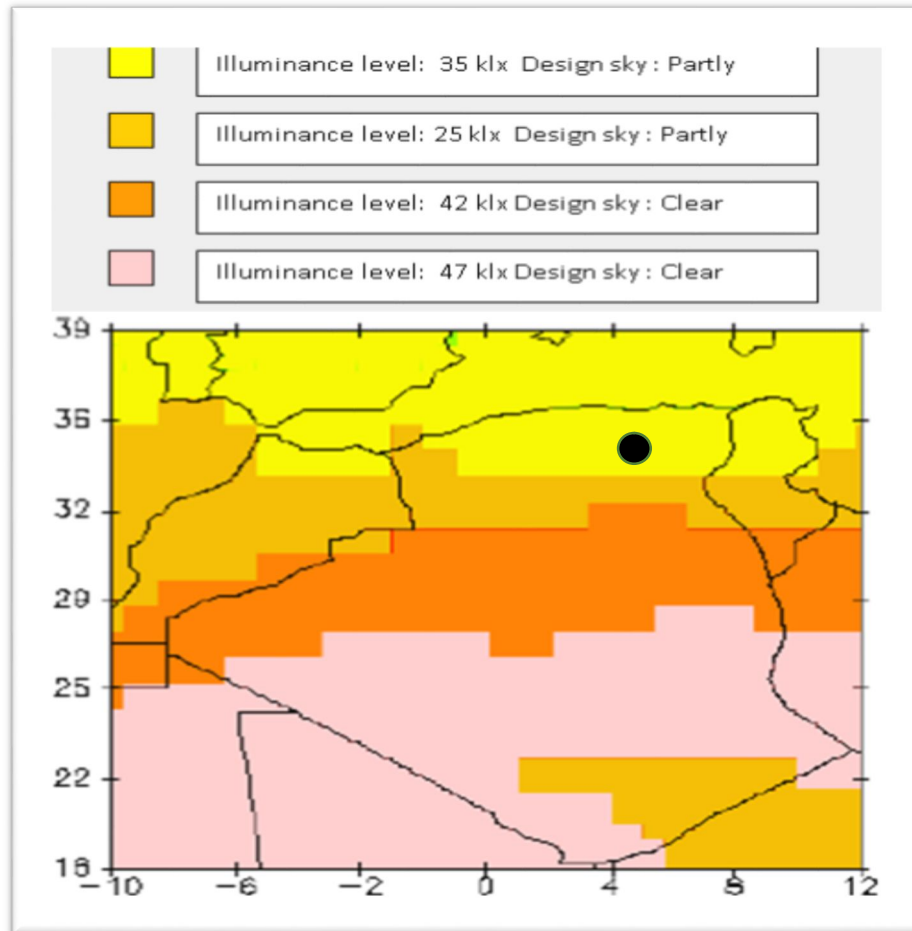


Figure III.8. Résultat de la disponibilité de la lumière du jour en Algérie.
Source : ZEMMOURI 2005.

4. Conclusion sur l'analyse climatique :

A partir de l'analyse climatique, il s'avère essentiel de prendre le climat en considération lors du processus de conception. Cela veut dire que la variation du climat au niveau du globe terrestre implique obligatoirement une diversité architecturale. Cette dernière doit répondre en premier lieu à des besoins spécifiques pour chaque zone climatique.

Ainsi, la région d'El Eulma est caractérisée par un climat méditerranéen semi-aride avec une saison hivernale froide relativement humide et une saison estivale chaude et sèche. Les radiations solaires reçues par cette région sont intenses et la température de l'air est extrêmement élevée pendant l'été (40°C). Sa situation géographique lui permet de bénéficier d'un potentiel solaire très important qui atteint 1900kwh/m²/an pour 3000 h/an et qui répond à la demande du bâtiment vis-à-vis l'éclairage.

Le type de ciel dominant de la ville d'El Eulma est intermédiaire avec un taux de couverture qui se varie entre 37,7% et 65,2%. Toutes ces caractéristiques climatiques montrent que la ville d'El Eulma a un gisement lumineux très important qui atteint les 35.000,00 lux. Ce fort niveau d'éclairement doit être utilisé

intelligemment pour répondre aux besoins quantitatifs et qualitatifs des utilisateurs des espaces des habitations.

L'étude du corpus existant des habitations individuelles, aide à étudier l'éclairage naturel dans ces habitations et ressortir avec des recommandations qui correspondent aux niveaux du gisement lumineux de cette ville.

5. Présentation du cas d'étude

Nous avons choisi pour cette étude les habitations de la cité des 426 lots d'El Eulma, construites il y a une vingtaine d'années et situées au Nord-Ouest de la ville sur une superficie de 14 hectares. Fig. III.9. La cité est composée des habitats individuels qui donnent une configuration urbaine avec une forme régulière généralement rectangulaire fig. III.10. Ces habitations ont une forme générale de rectangle avec une seule ou deux façades et des hauteurs variables allant de RDC+1 jusqu'au RDC+4. L'image urbaine actuelle de cette cité, est le résultat de processus et d'étapes multiples et continues de développement à travers plus d'une dizaine d'année.



Figure III.9. Situation de la cité des 426 lots dans la ville d'El Eulma.

Source : Google Earth.



FigIII.10. Vue aérienne sur la cité des 426 lots.
Source : Google Earth.

6. Enquête sur les bâtis

Afin de définir la typologie des bâtiments de la cité des 426 lots à El Eulma, nous avons réalisé une première enquête sur le terrain dans les différents corps d'état tel que la DUC, l'APC, les BET qui ont élaboré le POS. Cette enquête nous a permis d'avoir des informations sur le style architectural ainsi que sur les caractéristiques constructives.

7. Méthodologie

L'enquête s'est déroulée durant le mois de février 2014 et elle a concerné l'analyse du POS élaboré depuis plus de 20 ans. Nous avons ensuite complété cette analyse par des entretiens avec des fonctionnaires de la SUCH et les habitants de la cité.

8. Analyse des résultats

Cette analyse a montré que :

- La majorité des habitations sont construites en utilisant le même système constructif (portique poteau, poutres) en béton armé coulé sur place.
- La brique est utilisée comme matériau de construction pour les parois intérieures et extérieures (10cm, 15cm).
- Les ouvertures ont des tailles standards (Fenêtres 1,2 X 1,2 ; portes balcons 1,2X 2,2, châssis 0,6X 0,4...etc.) et avec un simple vitrage.

- L'absence de protection solaire extérieure au niveau des baies vitrées pour la majorité de ces habitations et la présence des persiennes.
- L'insertion d'un ou de plusieurs puits de lumières dans les habitations ce qui mène à la non-conformité des bâtis par rapport aux permis de construire fournis par le service d'urbanisme. Et donc le non-respect du POS (coefficient d'emprise au sol CES, la hauteur des bâtis sont très grandes).

9. Caractéristiques constructives des bâtiments :

- La structure du bâtiment est réalisée avec des poteaux poutres en béton armée coulé sur place.
- Les murs extérieurs ont une épaisseur de 30 cm.
- Les planchés sont réalisées en corps creux en plus des poutrelles coulées sur place en béton armé.
- Les murs intérieurs ont une épaisseur de 10 cm avec enduit en ciment non-transport.
- Les ouvertures sont cadrées en bois ayant un simple vitrage de 4mm.
- L'utilisation des cours intérieures comme des puits de lumières.
- Les ouvertures sont des cotés latérales et l'absence total de l'éclairage zénithale.

10. Analyse typologique du corpus:

La typologie est la classification raisonnée des types, qui implique simultanément, à travers l'analyse d'un corpus, c'est une technique statique qui permet d'identifier des regroupements d'objets qui partagent des attributs communs. L'analyse typologique vise à constituer des groupes d'objets qui soient les plus similaires possibles au sein d'un groupe. Ces groupes sont dissemblables, et que la ressemblance ou la dissemblance est mesurée sur l'ensemble des caractéristiques (variables) décrivant l'objet (individu).

Notre analyse typologique visera les cours, le nombre des façades, ainsi que la largeur de la rue où se situe la maison. Donc cette analyse va classer les maisons du corpus choisie selon la typologie des cours, du nombre de façade et de la largeur de la rue. Cette technique permet de réduire le nombre d'objets à observer afin de les regrouper dans des groupes partiellement homogènes.

Le corpus est constitué de 13 habitats situé dans la cité des 426 lots lieu-dit (شارع دبي). Fig. III.10. La hauteur de ces habitations varie entre R+01 et R+04 avec une ou deux façades selon les cas. La largeur de la rue varie entre 6 et 24m. Le coefficient d'emprise au sol (CES) est important pour tous les cas (plus de 90%).

De ce fait on peut distinguer trois critères essentiels pour la classification de notre corpus : le nombre des façades, la largeur de la rue par rapport à la hauteur de la bâtis (H/L) et finalement les dimensions et l'emplacement de la cour.

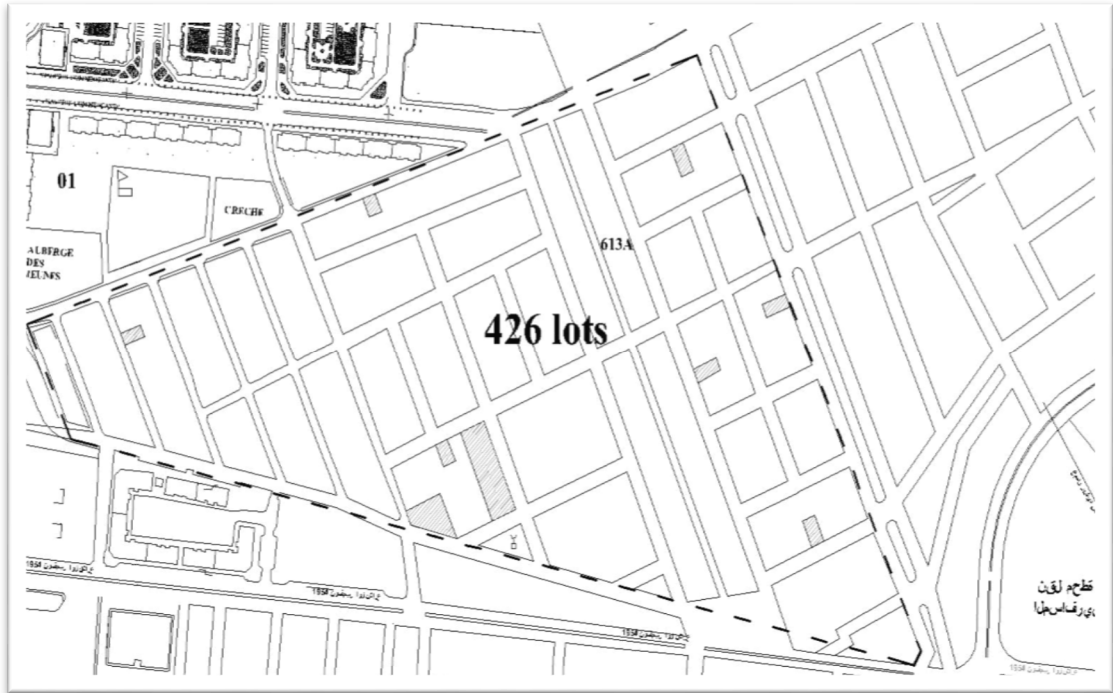


Figure III.10. Situation des habitats dans la cité des 426 lots.
Source : Auteur.

10.1. Le nombre des façades

Selon ce critère, on peut distinguer deux catégories d'habitations, celles qui ont une seule façade et celles qui ont deux façades. Fig.III.11 et Fig.III.12.

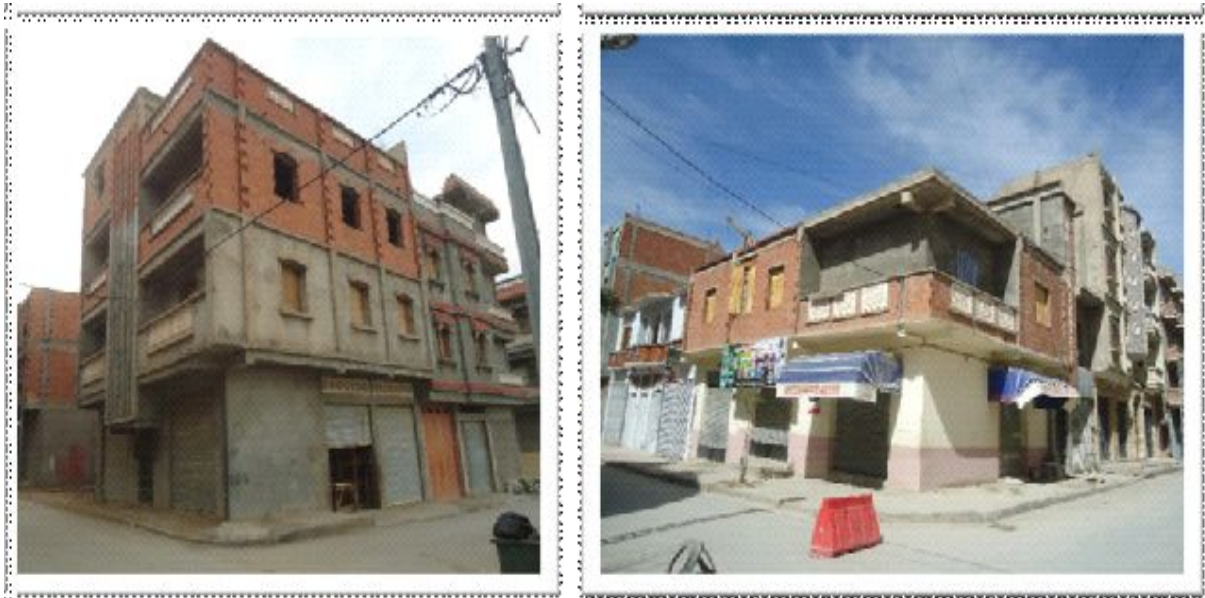


Figure III.11. Habitat à 2 façades.
Source : Auteur



Figure III.12. Habitat a une seule façade.
Source : Auteur

10.2. Le rapport H/L :

Pour ce critère, on cite deux types d'habitats, ceux qui sont plus haut que la rue et ceux qui sont plus bas que la rue. Fig. III.13 et III.14. Parfois on trouve des habitations qui sont construites selon le POS dont la hauteur du bâti ne doit pas être supérieure à la largeur de la rue. Fig. III.15.

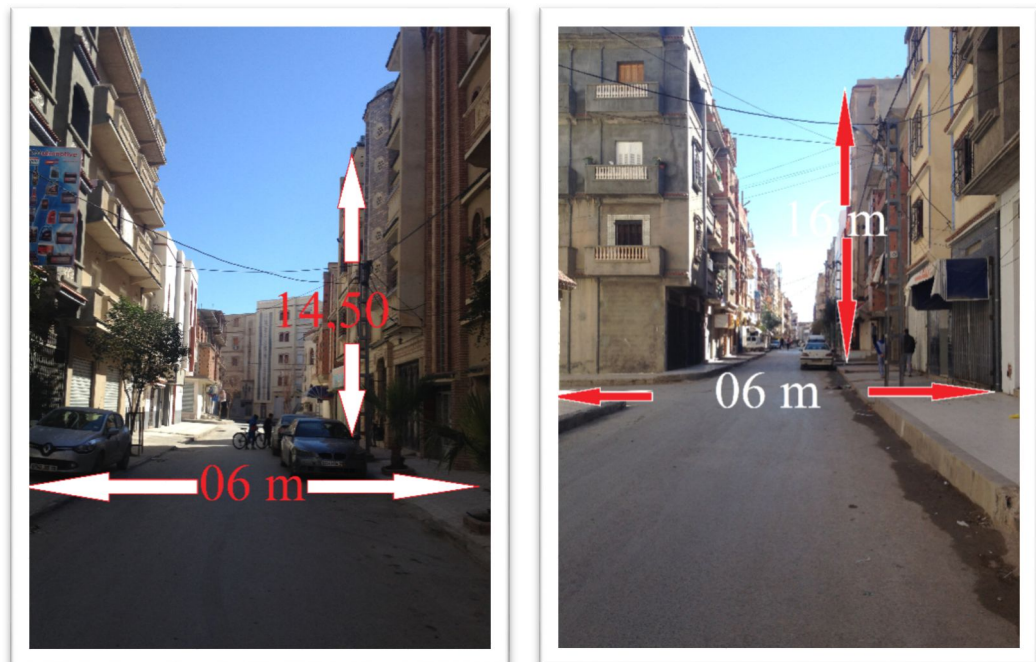


Figure III.13. Cas où $H > L$.
Source : Auteur.



Figure III.14. Cas où $H < L$.
Source : Auteur.



Figure III.15. Cas où $H = L$.
Source : Auteur.

10.3. Rapport bâtis/non bâtis :

Le corpus comporte deux types essentiels d'habitats selon la surface bâties. Le premier type a une surface bâtie largement supérieure à celle qui est non bâtie (cour). Ce type de cas représente la majorité des habitations dont la surface globale du terrain varie atteinte les 300 m². Fig.III.16.

Le deuxième type est caractérisé par une superficie bâtie égale à la superficie non bâtie. Cette dernière se trouve généralement concentrée dans la partie postérieure de l'habitat utilisée généralement comme des jardins au niveau du RDC. Fig.III.17.

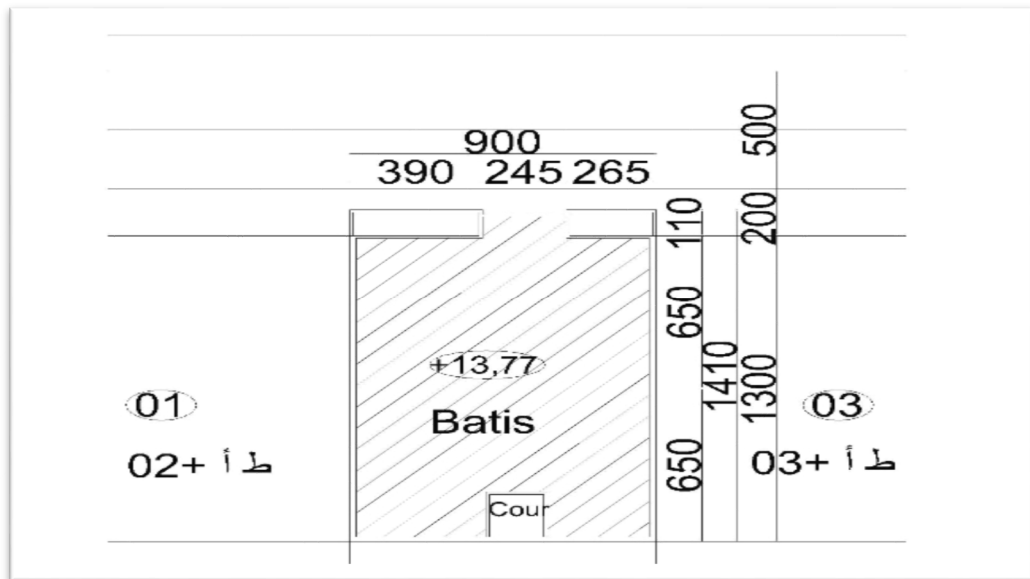


Figure III.16. Cas où la surface bâtie > surface non bâtie.

Source : Auteur

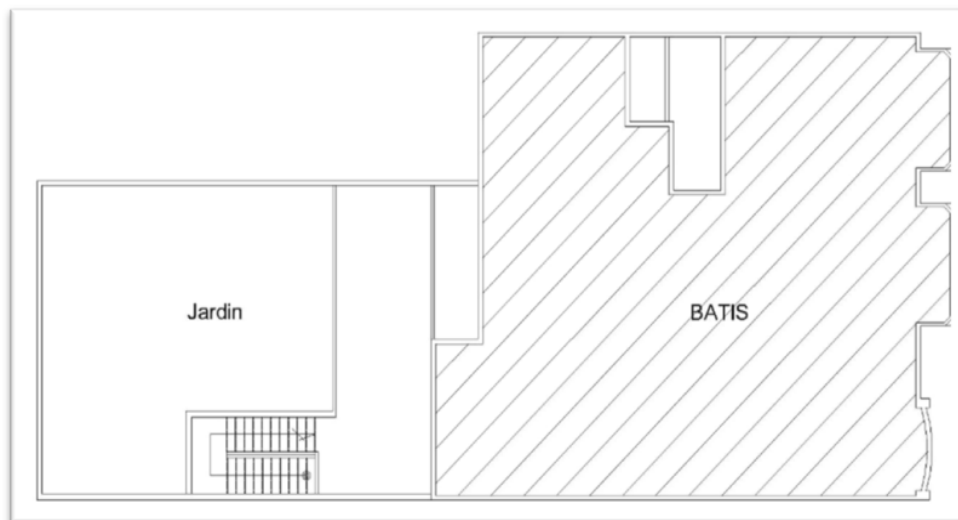


Figure III.17. Cas où la surface bâtie = surface non bâtie.

Source : Auteur

11. Composition des façades (ouvertures) :

Les ouvertures des façades de ces maisons individuelles sont similaires dans leurs morphologies. Les ouvertures ont une dimension de 120X140cm pour les fenêtres et 120X210cm pour les portes. Ces ouvertures correspondent à des volets externes opaques et en bois, sans protection solaire et avec un simple vitrage translucide de 2mm à 5mm. Fig.III.18.



Figure III.18. Composition des façades.

Source : Auteur.

12. Méthodologie utilisée :

Au cours de ce travail, nous comptons montrer que la configuration urbaine à travers la lumière naturelle contribue au confort visuel des habitants. Pour y parvenir, une série d'outils et de méthodes complémentaires sont utilisés telles que: le questionnaire, la photographie, la prise des mesures sur terrain et la simulation numérique d'images.

12.1. Enquête :

Notre enquête sur terrain et notre entretien avec les occupants des habitations, a porté sur le confort visuel et sur la qualité et la quantité de l'éclairage naturelle. Une évaluation subjective est effectuée à travers l'observation des ambiances lumineuses extérieures à l'aide d'un appareil de photographie, pendant différents moments de la journée et sur des points bien précis, mentionnés, sur un plan de situation de la cité. En plus du questionnaire qui comporte des échelles de jugements subjectifs (voir annexe). En plus, On a pris les mesures sur les mêmes points pendant les mêmes moments, afin d'évaluer de manière objective les ambiances lumineuses extérieures. Néanmoins que pour les ambiances lumineuses intérieures est dû à l'intimité des espaces, on a opté pour la simulation numérique de ces ambiances.

12.2. Le Questionnaire :

Le questionnaire est un élément important dans l'étude sur terrain. Il est distribué aux habitants ainsi que sur les utilisateurs de la rue. Ce questionnaire comprend : des informations personnelles, qualité des ambiances lumineuses et les manières et moyens du contrôle.

Le questionnaire a été distribué sur 150 habitants et utilisateurs des rues.

12.3. Campagne de mesure :

Au cours de cette étude nous avons pu effectuer une série de mesures d'éclairage dans différents points de la cité des 426 lots. Pour la mesure extérieure du niveau d'éclairage sur un plan horizontal, on a pris l'axe de la rue comme repaire pour une hauteur de 1,70m. Néanmoins pour des raisons d'intimités on n'a pas pu avoir des mesures au sein des habitations et pour remédier à ce problème, on a choisi de les simuler par outil informatisé.

Les mesures d'éclairage extérieur sont effectuées à l'aide d'un luxmètre. Fig.III.21. Il est important de signaler qu'on ne dispose que d'un seul appareil et donc les mesures n'ont pas été prises d'une façon simultanée comme il est recommandé de le faire mais avec un minimum d'écart grâce à l'utilisation d'un moyen de déplacement rapide.

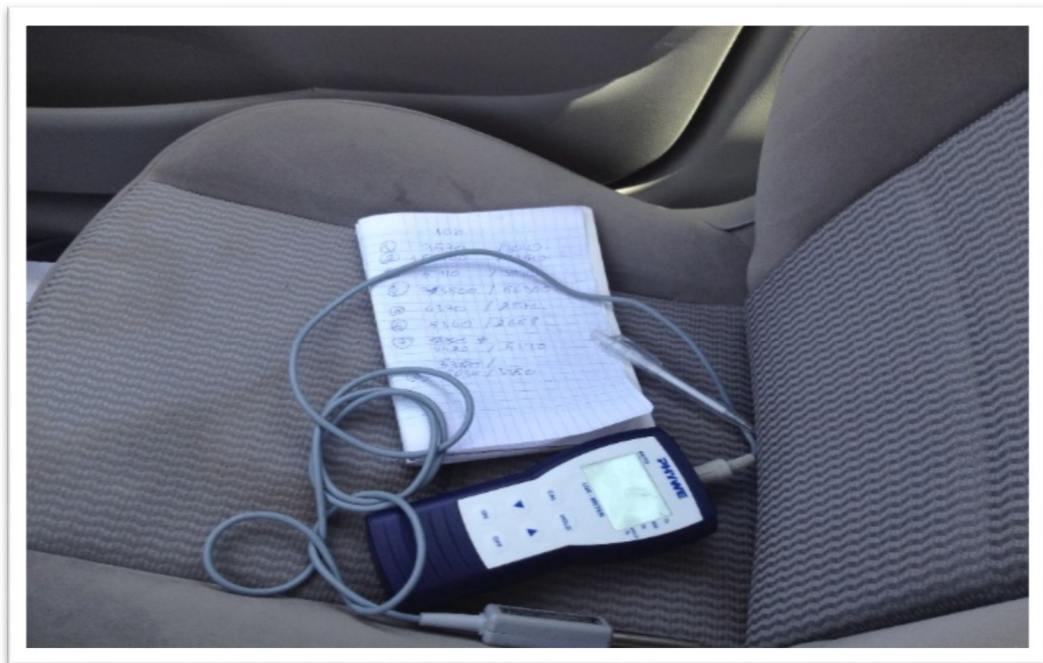


Figure III.21. Luxmètre utilisé pour la prise des mesures.
Source : Auteur

Les mesures ont été effectuées le 21 juin 2014, à cinq temps différents : 08h, 10h, 12h, 14h et à 16h. Nous avons opté pour cette cadence, afin d'étudier le changement journalier de

l'éclairage naturel qui dépend de plusieurs paramètres en liaison avec l'urbanisme tel que la largeur de la rue et la hauteur des bâtis.

Pour les données d'éclairage intérieur des habitations, on a utilisé l'application radiance par laquelle on a pu ressortir ces valeurs à cause des plusieurs contraintes tel que l'intimité, ...etc.

Après la prise des mesures nous les avons transmis sous formes de graphe à l'aide du logiciel informatique Excel.

12.4. La simulation numérique :

Du à l'intimité des espaces intérieurs des habitations et la prise des mesures répétitif pendant plusieurs moments de la journée, il été presque impossible d'effectués ces mesures à l'intérieurs de ces espaces. Donc on a opté pour la simulation numérique fiable des ambiances lumineuses intérieures pour qu'on puisse établir une évaluation objective de ces ambiances.

13. Conclusion

La qualité des ambiances lumineuses dans les habitations individuelles et le confort visuel des occupants et du microclimat à l'intérieur des différentes pièces et des espaces dépendent de plusieurs facteurs. L'intégration des concepts environnementaux du développement durable dans le processus de conception et de réalisation de ces œuvres deviennent de plus en plus primordiaux.

L'analyse climatique a révélé que la région d'El Eulma bénéficie d'un climat méditerranéen semi-aride, dont la saison hivernale est froide relativement humide et une saison estivale chaude et sèche.

La situation géographique de la ville d'El Eulma lui permet de bénéficier d'un potentiel solaire très important qui atteint 1900kwh/m²/an pour 3000 h/an, et qui répond à la demande du bâtiment vis-à-vis l'éclairage. Le type de ciel dominant de cette ville est intermédiaire. Toutes ces caractéristiques climatiques montrent que la ville d'El Eulma a un gisement lumineux très important qui atteint les 35.000,00 lux. Ce fort niveau d'éclairage doit être utilisé intelligemment pour répondre aux besoins quantitatifs et qualitatifs des utilisateurs des espaces des habitations.

Le corpus que nous allons étudier est un ensemble des habitations individuels qui ont:

- La configuration urbaine est très dense.
- Les hauteurs des habitations varient entre RDC+01 jusqu'à RDC +03.
- Les maisons individuelles ont une ou deux façades maximum avec différentes orientations.
- Le système con
- Le coefficient d'emprise au sol est élevé et non conforme au cahier des charges du POS.
- Les puits de lumière (cours) existent presque dans tous les cas avec différentes dimensions.

- Les baies sont construites avec des vitrages simples et des dimensions très similaires les uns aux autres (fenêtre 120X140, portes 120X220).

Afin d'évaluer le confort visuel des ambiances lumineuses intérieures et extérieures de la cité des 426 lots à El Eulma. Il convient d'utiliser des méthodes d'évaluations subjectives telles que le questionnaire et l'observation, suite par les mesures sur terrain et la simulation numérique des ambiances lumineuses intérieures.

Chapitre IV :
Etude expérimentale et interprétation
des résultats

1. Introduction :

Au cours de notre travail sur le problème du confort ou de l'inconfort visuel, nous avons pu voir qu'il existe un lien étroit entre le rayonnement solaire et le contrôle de l'éblouissement et que la réduction du contraste est fortement recommandée pour l'amélioration du confort des occupants des maisons individuelles. L'approche utilisée pour qualifier le confort visuel du secteur résidentiel, consiste à faire des observations directes, prendre des photographies des lieux et faire une simulation numérique des ambiances lumineuses intérieures des habitations. Le but de cette analyse est de voir l'effet de la lumière naturelle sur ces ambiances.

2. Choix des habitations :

Les habitations que nous avons pu étudier, se trouvent dans la cité des 426 lots mais pour des raisons d'accès, seules treize (13) maisons on a pu les étudier d'une manière plus ou moins correcte. Toutes fois on juge que ces habitations ont des caractéristiques morphologiques, géométriques et d'utilisation similaires aux autres habitations de la cité et qui qu'elles s'identifient par les points suivants (Fig. IV.1 et fig.IV.2) :

- Les habitations sont occupées généralement par une ou deux familles (chaque famille occupe un étage indépendant).
- La superficie totale du lot varie entre 120m² et 250m² avec un éclairage naturel peu contrôlé.
- Ces maisons sont généralement occupées pendant toute la journée.
- Les habitations sont éclairées par un ou deux façades en plus des puits de lumière au sein de ses habitations (cour).

Les matériaux utilisés pour la finition dans les habitations sont typiques tel que au niveau :

- Des murs, la peinture est parfois mate ou parfois réfléchissante.
- Des sols, les carreaux sont soit en ciment (carrelage) soit en porcelaine (dalle de sol).
- Du plafond, l'enduit de plâtre est peint avec la couleur planche.

Toutes ces informations seront utilisées pour la simulation numérique des ambiances lumineuses intérieures des habitations.



Figure IV.1. Vues extérieures d'une habitation.
Source : Auteur



Figure IV.2. Vues à l'intérieure d'une habitation.
Source : Auteur

3. Méthodes d'évaluation :

3.1. Méthodes simplifiées :

Avant le développement de l'outil informatique, seules les méthodes simplifiées étaient utilisées pour prédéterminer l'éclairage naturel. Ces méthodes ne permettent d'estimer l'éclairement intérieur que sous un seul type de ciel bien précis. Pour des raisons évidentes de simplification, ce sont

généralement des valeurs ponctuelles ou des valeurs moyennes de facteur de lumière du jour qui sont calculés. Des coefficients de correction sont parfois utilisés pour tenir compte de certains paramètres tels que la transparence et l'encrassement du vitrage ou l'influence des obstructions extérieures.

3.2. Modèles réduits :

Cette méthode permet de visualiser directement la distribution de la lumière dans un espace bien déterminé. Ceci est très utile dans une approche qualitative de la conception et de l'évaluation comparative de différentes options et modifications des modèles réduits qui nécessite des infrastructures spécifiques (ciels et soleils artificiels).

3.3. Modèles numériques :

Ces outils de modélisation numérique permettent de réaliser une géométrie en 3D des espaces et des objets. Ceci est possible à l'aide de différentes sources de lumière ce qui permet de calculer sa distribution dans l'espace. Les logiciels les plus performants offrent également la possibilité d'obtenir des images équivalentes de l'état d'éclairage des bâtiments. Grâce à l'intégration du calcul de l'éclairage artificiel et naturel, il est possible de réaliser, dès la phase de conception d'un projet, une estimation assez précise du potentiel d'économie d'énergie pour différents systèmes de gestion de l'éclairage artificiel.

4. Propriétés des principaux logiciels informatiques étudiés et leurs applications :

Les principaux logiciels utilisés dans ce domaine ont été résumés dans le tableau IV.1. Pour estimer le confort visuel, il est important de prédéterminer correctement la pénétration de l'éclairage naturel à l'intérieur d'un bâtiment. Les simulations informatiques offrent cette possibilité d'évaluation dès la phase conception. Dans le but d'assurer la qualité des résultats, il est avant tout nécessaire de choisir l'outil le plus adapté, ce qui est surtout en fonction du type et de la complexité de la configuration urbaine à étudier. La précision des résultats dépendra de la maîtrise, de l'expérience et du degré d'application de l'utilisateur. Une simulation performante de l'éclairage naturel se traduit notamment par une bonne connaissance de la modélisation du ciel, par la maîtrise de la modélisation photométrique des matériaux ainsi que par le choix de l'algorithme de calcul et des paramétrages. Pour cela on a choisi RADIANCE comme outil de simulation informatique.

Tableau IV.1. Principaux logiciels utilisés dans le domaine de la modélisation des ambiances lumineuses intérieures des habitations.

Logiciel	Editeur	Méthode	Modélisation	Types de ciel	Résultats
Ecotect	Autodesk	Split flux formula	Géométries simples Surfaces diffuses Maillage paramétrable	Ciel couvert CIE Ciel uniforme CIE Soleil direct	Eclairages [lux] Facteurs de lumière du jour (%) Visualisation des ombrages
Dial-Europe	Estia	Split flux formula	Géométries simples Surfaces diffuses Maillage fixe	Ciel couvert CIE	Facteurs de lumière du jour (%) Visualisation des ombrages
Dialux	Dial GmbH	Radiosity	Géométries complexes Surfaces diffuses Maillage paramétrable	Ciel couvert CIE Ciel intermédiaire Ciel clair CIE	Eclairages [lux] Facteurs de lumière du jour (%) Luminances (cd/m ²) Visualisation des scènes
Relux Pro	Relux informatik	Radiosity	Géométries complexes Surfaces diffuses Maillage paramétrable	Ciel couvert CIE Ciel clair CIE	Eclairages [lux] Facteurs de lumière du jour (%) Luminances (cd/m ²) Visualisation des scènes
3DS max	Autodesk	Radiosity	Toutes géométries Surfaces diffuses, spéculaires ou mixtes Maillage paramétrable	Tout Type de ciel	Eclairages [lux] Facteurs de lumière du jour (%) Luminances (cd/m ²) Visualisation des scènes
Velux daylight Visualiser	Velux	Raytracing + photon mapping	Géométries complexes Surfaces diffuses, spéculaires ou mixtes Maillage non paramétrable	15 types de ciels	Eclairages [lux] Facteurs de lumière du jour (%) Luminances (cd/m ²) Visualisation des scènes
Radiance	LBNL	Raytracing	Toutes géométries Tout type de surface Maillage paramétrable	Tout type de ciel	Eclairages horizontaux, verticaux, cylindriques, ... [lux] Facteurs de lumière du jour (%) Luminances (cd/m ²) Visualisation des scènes

5. RADIANCE :

D'après Geoffrey G. Roy (Murdoch University, October 2000) RADIANCE est un ensemble de programmes permettant l'analyse et la visualisation de l'éclairage durant la conception. Ce code a été développé par **Greg Ward** et **Rob A. Shakespeare** au **Lawrence Berkeley National Laboratory**, laboratoire spécialisé dans l'analyse et l'évaluation de l'éclairage naturel en architecture. **Fig. IV.3.** Ce logiciel est considéré par les spécialistes comme «*le plus abouti et le plus utilisé*» dans le traitement et la représentation de la lumière naturelle dans les bâtiments. Il est

reconnu pour la qualité scientifique et la fiabilité de ses résultats. Aussi, plusieurs outils spécialisés dans l'évaluation de l'éclairage naturel, comme ECOTECH, DAYSIM et SUPERLITE, ont été développés sur la même plate-forme afin d'avoir des extensions permettant le couplage et la combinaison des résultats. Il est utilisé depuis plus de 10 ans. Par les concepteurs et les chercheurs des universités et des entreprises privées aux États-Unis et dans d'autres pays.



Figure IV.3. Logo du code RADIANCE.

Source : <http://radsite.lbl.gov/>

RADIANCE est utilisée par les concepteurs d'éclairage et les architectes afin de prédire les niveaux de lumière et l'apparence d'un espace avant la construction. Le forfait comprend des programmes pour la modélisation et la traduction de la géométrie de la scène. Les INPUT de ce code sont, les luminaires et les propriétés des matériaux. La simulation de l'éclairage lui-même utilise des techniques de ray-tracing pour calculer les valeurs de radiance qui sont généralement disposées pour former une image de qualité photographique. L'image résultante peut être analysée, affichée et manipulée dans le paquet, et converti en d'autres formats de fichiers images destinés à l'exportation vers d'autres paquets, ce qui facilite la production de la version papier. RADIANCE permet une modélisation illimitée des formes géométriques avec des matériaux ayant des caractéristiques adaptable selon les besoins.

Ce code calcule les niveaux de luminance L en (cd/m^2) sur les différentes surfaces de la scène, les niveaux de l'éclairement lumineux E en (lux) et la valeur du facteur de lumière du jour FLJ en (%), en tout point P de l'espace. Les résultats fournis sont représentés sous forme de cartes d'éclairement et de contours d'iso-luminance, ou comme tableau de valeurs numériques ponctuelles selon le choix de l'utilisateur, superposés à un rendu en image de synthèse, pour une restitution réaliste du cas étudié. Fig. IV.4 et IV.5.

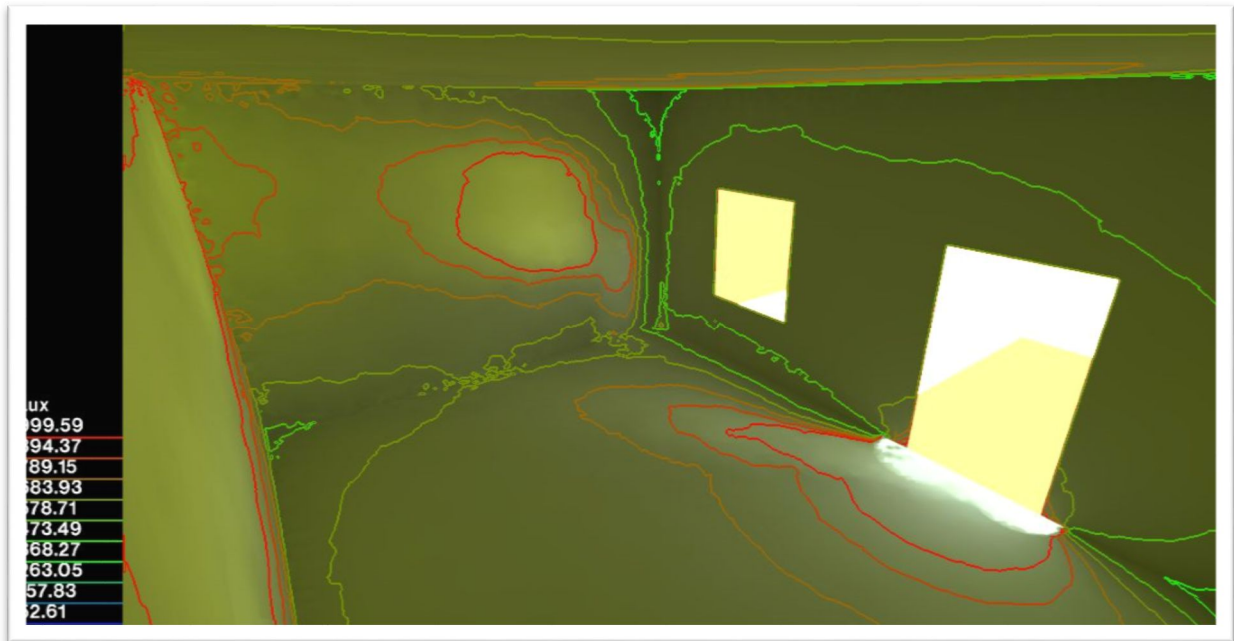


Figure IV.4. Exemple des niveaux d'éclairage lumineux en contour sur un rendu par RADIANCE.
Source : Auteur

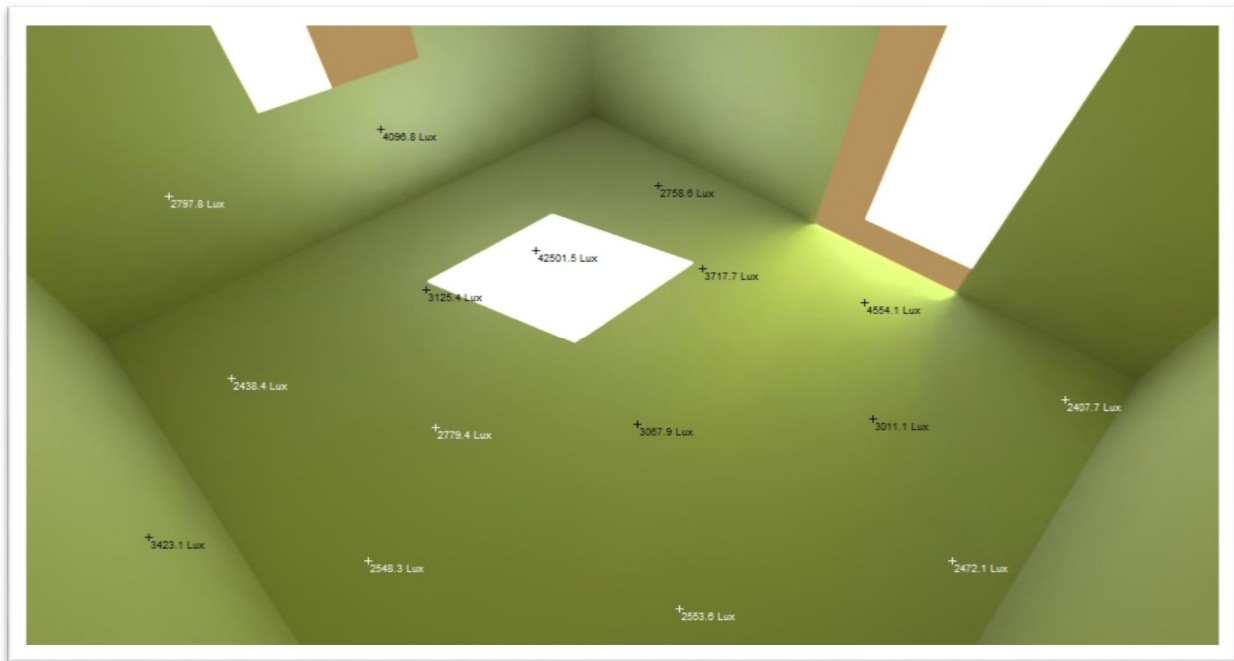


Figure IV.5. Exemple des niveaux d'éclairage lumineux en valeurs ponctuelles sur un rendu par RADIANCE.
Source : Auteur.

Pour la validité de ce programme, une série de tests a été appliquée sur plusieurs logiciels dans le cadre scientifique et commercial par le laboratoire des Sciences de l'Habitat (LASH), en collaboration avec l'Agence Internationale de l'Energie (AIE). Le but de ces tests, n'est pas de sélectionner le meilleurs logiciel mais pour explorer les caractéristiques et les puissances de chacun, afin que l'utilisateur puisse choisir l'outil qu'il juge le mieux adapté à ses besoins et à son domaine d'activité. **Fontoynt et al. 1999.**

Le test a inclus quatre (04) logiciels, SUPERLITE, RADIANCE, DIAL et GENELUX. Ce dernier n'est plus opérationnel à cause de la «bonne correspondance de ses résultats, avec ceux de RADIANCE. Les écarts entre les résultats de ces deux codes étant inférieurs à 5%. Nous remarquons que RADIANCE a fourni des valeurs plus précises, coïncidant le plus souvent avec celles obtenues via les mesures. Le pourcentage d'erreur n'est que de 10% par rapport au 20% de GENELUX. »Geoffrey, 2006.

Les travaux de Nyuk Hien Wong, (2004) de l'université de Singapour sur le degré de performance des dispositifs de contrôle utilisés dans les maisons construites dans un climat tropical, ont permis de montrer les difficultés de la méthode de simulation numérique. L'évaluation a été effectuée à l'aide du logiciel LIGHTSCAPE développé par AUTODESK Inc. Californie, et qui a dégagé une série d'écarts entre les mesures prises *in situ* et les valeurs calculées par la simulation. Ces écarts sont dus au modèle de ciel choisi dans le logiciel qui est différent du ciel réel durant lequel ont été prises les mesures. Donc la simulation ne doit être faite qu'à l'aide d'une base de données précise et adaptée à un logiciel adéquat.

6. Description de la méthode utilisée lors de l'expérimentation :

Dans un premier temps, nous avons récupéré le plan de situation de la cité des 426 lots sur lequel on a positionné notre corpus. Fig. IV.6. Les points P1 à P10 représentent l'emplacement des photos des ambiances lumineuses extérieures prises pendant la Journée du 10 mai 2014. Fig. IV.7.

La prise des mesures de l'éclairement à l'aide du luxmètre devant chaque unité d'habitations du corpus a été effectuée après les avoir photographié. La hauteur du plan horizontal d'éclairement mesuré est égale à la hauteur moyenne de la vue d'une personne adulte. L'axe de la rue est choisi comme repère de prise des mesures car c'est l'élément le plus important puisqu'il reçoit la plus grande quantité de lumière qu'elle soit directe, diffuse ou réfléchi. Fig. IV.8, Tableau IV.2 et Fig. IV.9.



Légende :

P : Points de situation du photographe dans la rue.

Figure IV.6. Plan de situation du corpus et emplacement des prises des photos

Source : Auteur





Figure IV.7. Récapitulatif des photos des ambiances lumineuses extérieures.

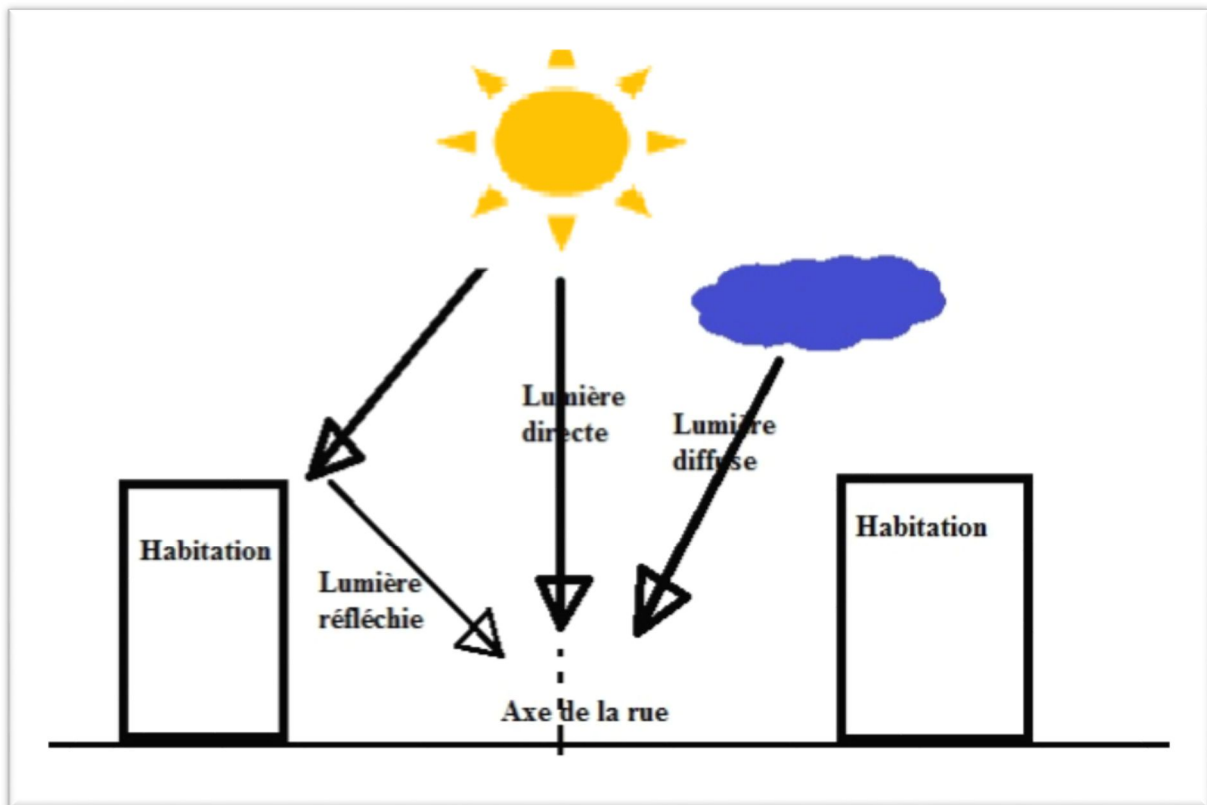


Figure IV.8. Eclairage total sur l'axe de la rue.
Source : Auteur

Tableau IV.2. Eclairage mesuré pendant une journée aux différents points en lux.

	08 h	10 h	12 h	14 h	16 h
P01	5830	7350	80600	14280	10850
P02	10650	14950	84500	65500	18400
P03	5750	9500	78900	9130	11850
P04	44200	64200	87300	71500	47500
P05	6570	8290	73900	78800	17240
P06	6530	6970	79800	7720	16380
P07	11800	12080	82400	14330	12490
P08	52400	7540	83500	15850	8370
P09	10950	70100	90100	65800	23800
P10	20200	65300	89200	71500	21350

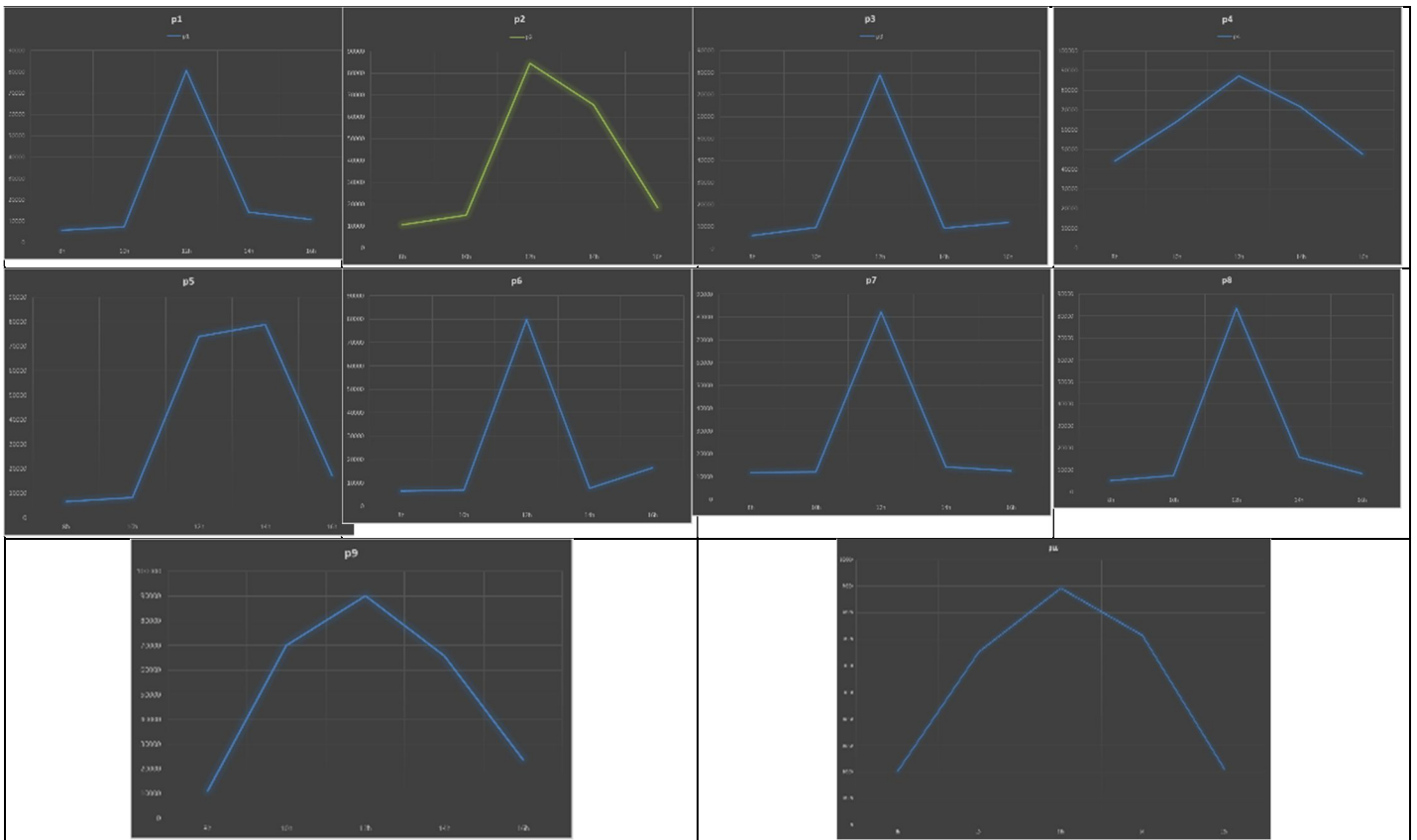


Figure IV.9. Variation de l'éclairage mesuré aux différents points.
Source : Auteur.

L'étape suivante a consisté à faire un relevé architectural des habitations du corpus et les reproduire dans des modèles numériques du logiciel ECOTECTE à fin de simuler les ambiances avec l'outil informatique, RADIANCE. Fig. IV. 10 et IV.11.

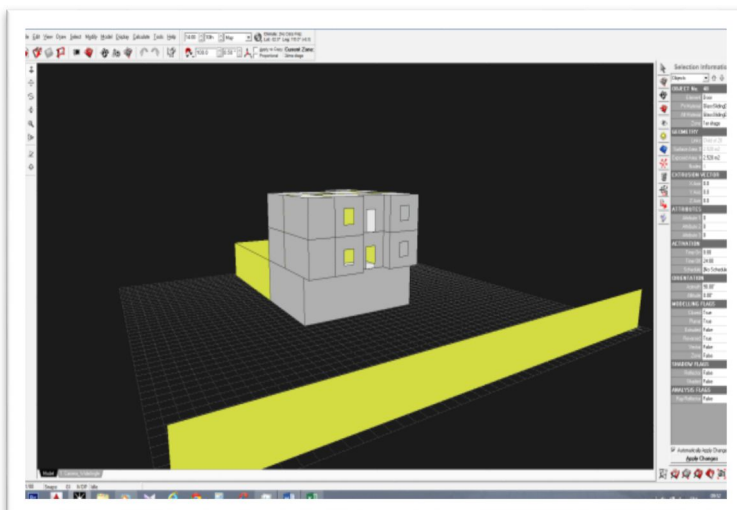


Figure IV.10. Exemple d'une habitation (P09) reproduite par Ecotect.

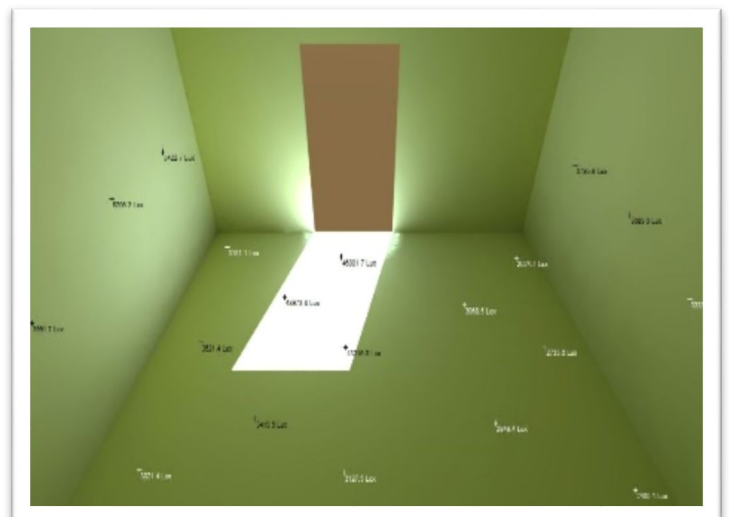


Figure IV.11. Résultats d'une ambiance lumineuse intérieur de l'habitation (P09) simulé par RADIANCE adjacente de la façade.

Chapitre IV : Etude expérimentale et interprétation des résultats

Simultanément avec les relevés de la lumière, on a distribué un questionnaire sur les occupants de chaque habitation. Le questionnaire constitue un élément important de l'étude in situ, et qui permet d'évaluer la qualité de l'ambiance lumineuse au sein de l'habitation sur des échelles prédéfinies (voir annexe). Les réponses recueillis par ce questionnaire servent à qualifier l'environnement lumineux des espaces intérieurs du bâtiment du point de vu des occupants de ces habitations.

Les différentes étapes de ce travail de terrain, ont été résumées dans les diagrammes de la figure IV.12.

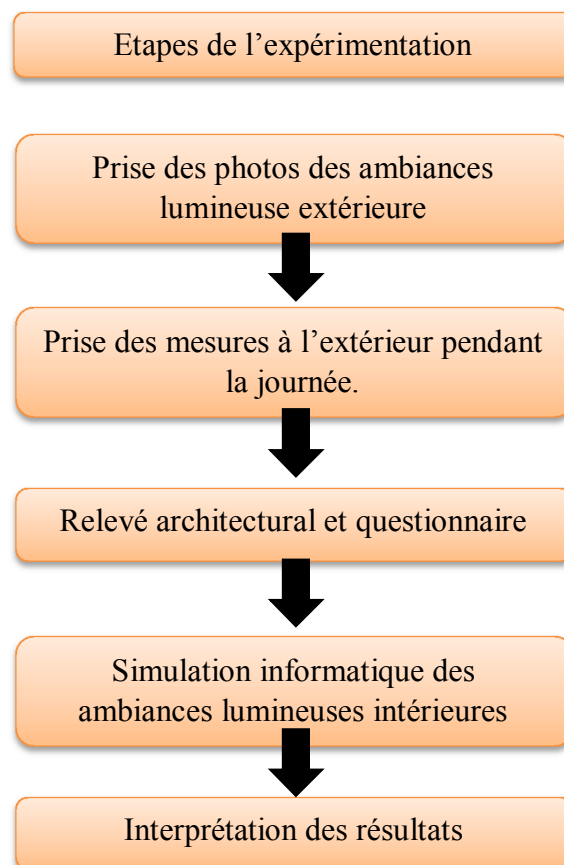


Figure IV.12. Les différentes étapes de l'expérimentation.
Source : Auteur.

7. Interprétation des résultats :

7.1. Observation et questionnaire :

Il s'avère que nombreuses sont les personnes qui trouvent que la plupart des pièces des maisons sont bien éclairées en terme de quantité mais souvent d'une façon gênante. Ces espaces sont généralement occupés pendant la journée et même la nuit, éclairés par des ouvertures qui se situent généralement sur un coté de la pièce donnant sur la rue ou sur la cour.

La mauvaise orientations de quelque ouvertures des pièces tel que vers l'Ouest permettant la pénétration des rayons solaires horizontaux, a obligé un

ajout d'un ou de plusieurs éléments à la baie tel que les rideaux en tissu, les stores extérieures en bois ou en aluminium. Ces ajouts permettent d'empêcher le sur-éclairage des espaces pendant des moments critiques de la période estivale.

La présence d'obstacles environnants comme la végétation près des ouvertures, provoque l'obstruction d'une quantité importante de la lumière naturelle ce qui a induit l'élimination de ces obstacles par le propriétaire. Fig.IV.19 et IV.20.



Fig.IV.13. Présence d'un obstacle végétale. Fig.IV.14. Elimination de l'obstacle par le propriétaire.

Source : Auteur.

7.2. Ambiances lumineuses extérieures (mesures) :

Dans un premier temps nous allons essayer d'analyser les photos prises in situ ainsi que les mesures de l'éclairage et de dépouiller les résultats du questionnaire à fin de décrire les ambiances lumineuses extérieures de la cité des 426 lots.

Pour P01, P02, P03 qui ont une hauteur des bâtis plus grande que la largeur de la rue ($H > L$) et orientés selon une direction Nord-Sud, on remarque qu'à 08h, on a une absence totale des rayons solaires directs (totalement ombragé) avec une distribution lumineuse uniforme et un très faible contraste. L'intensité lumineuse mesurée est de l'ordre de 5700 lux. De 10h à 16 h, on observe une présence de la lumière solaire directe avec des angles d'incidences différents ce qui provoque une distribution de la lumière naturelle non uniforme. Ceci est dû à la présence des masques solaires (voisins) qui sont considérés très importants avec un contraste très élevé qui évolue pendant cette période. La quantité de la lumière passe de 8000 lux à 08h à un maximum de 85000 lux à 12h pour arriver à 7000 lux à 18h. Fig. IV.13 à IV.15. Une exception est faite à 12h lorsque l'angle d'incidence des rayons solaires équivaut presque à 90° . Ceci donne un éclairage plus ou moins uniforme avec un contraste très faible. Il est à signaler que les zones les plus proches des

Chapitre IV : Etude expérimentale et interprétation des résultats

habitations sont très ombragées à cause des porte-à-faux dont les longueurs pouvant atteindre les 130cm.



Figure IV.15. Ambiance lumineuse à 08h au P02.



Figure IV.16. Ambiance lumineuse à 12h au P02.

Source : Auteur



Figure IV.17. Ambiance lumineuse à 16h au P02.

Source : Auteur.

Pour P04 dont la largeur de la rue est supérieure à celle du bâtiment et qui est orienté selon une direction Est-Ouest, on remarque un effet très gênant par éblouissement pendant le levé et le coucher du soleil. La largeur de la rue a fourni un éclairage naturel uniforme pendant toute la journée avec une quantité qui varie de 45000 lux à 08h, à 87000 lux à 12h. Puis le niveau d'éclairément décroît jusqu'à 34000 lux à 18h ce qui est considéré très suffisant et avec un très faible contraste d'après les réponses au questionnaire qu'on a fait circuler. Fig. IV.16 à IV.18.



Figure IV.18. Ambiance lumineuse à 08h
au P04.



Figure IV.19. Ambiance lumineuse à 12h
au P04.

Source : Auteur



Figure IV.20. Ambiance lumineuse à 18h au P04.

Source : Auteur.

Pour P05 où la largeur de la rue est inférieure par rapport à la hauteur des bâtis et malgré par une orientation Est-Ouest, on ne remarque pas l'effet d'éblouissement. Ceci est dû à la présence des masques des deux côtés Est et Ouest et au fait que la rue n'est ensoleillée que pendant 02heures pendant la journée. L'uniformité de l'éclairage naturelle est assurée involontairement car la rue est si étroite donc elle est ombragée pendant la majorité de la journée. Pendant la mi-journée, on remarque que la rue est entièrement éclairée sauf les zones les plus proches aux habitations où il existe des taches noirs (ombre) du aux balcons qui ont une largeur qui dépassent parfois les 120cm. Fig. IV.19 à IV.21.



Figure IV.21. Ambiance lumineuse urbaine à 08h au P05.



Figure IV.22. Ambiance lumineuse urbaine à 12h au P05.

Source : Auteur



Figure IV.23. Ambiance lumineuse urbaine à 14h au P05.

Source : Auteur.

Pour les deux points P09 et P10 sont caractérisés par un respect des lois de l'urbanisme et par une orientation Nord-Sud des habitations. A 08h du matin, la rue est partiellement ombragée et l'effet d'éblouissement est pratiquement existant à cause des habitations se trouvant en face qui les protège des rayons solaires gênants. D'après notre questionnaire, le niveau d'éclairage est suffisant pour les utilisateurs de la rue. Les mesures de la lumière qu'on a effectué, montre que l'éclairage augmente de 10000lux à 08h jusqu'à 90000 lux à 12h et puis il diminue progressivement jusqu'à 10000 à 18h. L'éclairage de ces rues n'est pas uniforme due à la variation de l'angle d'incidence pendant la journée. Fig. IV.22 à IV.25.



Figure IV.24. Ambiance lumineuse urbaine à 08h au P09.



Figure IV.25. Ambiance lumineuse urbaine à 12h au P09.

Source : Auteur.



Figure IV.16. Ambiance lumineuse urbaine à 14h au P09.



Figure IV.27. Ambiance lumineuse urbaine à 18h au P10.

Source : Auteur.

Du point de vue quantitatif, on a pu regrouper les résultats des mesures de l'éclairément en quatre (04) catégories. Cette classification permettra la détermination des facteurs qui influencent l'éclairément, ainsi que d'affirmer ou d'infirmer les hypothèses émises au départ.

Chapitre IV : Etude expérimentale et interprétation des résultats

Catégorie 1 : elle comporte P01, P03, P06, P07, P08. Dont la largeur de la rue est inférieure à la hauteur des bâtis avec des orientations différentes.

Catégorie 2 : composé uniquement de P04 ou la largeur de la rue est largement supérieur par rapport à la hauteur des bâtis et une orientation Est-Ouest.

Catégorie 3 : P02 et P05 ou la largeur est toujours inférieur à la hauteur des bâtis et une orientation Est-Ouest.

Catégorie 04 : comporte P09 et P10 dont la largeur de la rue est égale à la hauteur des bâtis avec des orientations différentes.

Pour les rues P02, P05, l'éclairement à 8h est très inférieur à 10000 lux, de mêmes que pour les autres rues comme P01, P03, P06, P07, P08 et P09. Ceci est dû à la faible valeur de l'angle d'incidence durant cette période et à l'existence des masques solaires malgré que l'orientation des rues soit différente. Fig.IV.26 à IV.28.

Pour la rue P10 où les lois de l'urbanisme sont respectées ($L=H$), on remarque qu'à 08h l'éclairement est de 20000lux malgré la présence des masques. L'inexistence de ces derniers dans P04 dont l'orientation est Est-Ouest, a engendré une augmentation très importante de l'éclairement dans cette rue durant les premières heures de la matinée. Fig. IV.29.

A 10h avec l'augmentation de l'angle d'incidence, on remarque que l'éclairement reste presque identique dans les rues P01, P02, P03, P05, P06, P07 et P08. Ceci est principalement dû à l'existence des masques solaires qui ont des hauteurs très importantes. Pour P04 où la rue à une orientation Est-Ouest et non protégé, et les rues P09 et P10 dont la hauteur est égale ou supérieure à la largeur de la rue, on remarque que l'éclairement augmente avec le temps.

Quand on se rapproche de mi-journée où l'ongle d'incidence prend des valeurs maximales, et malgré la présence des masques solaires très importants, la quantité d'éclairage naturel directe atteint son maximum dans tous les quartiers. Pendant cette période, on a une uniformité presque parfaite, sauf pour les zones qui se trouvent directement sous les balcons, on a un contraste très agréable. Fig. IV.30 et IV.31.

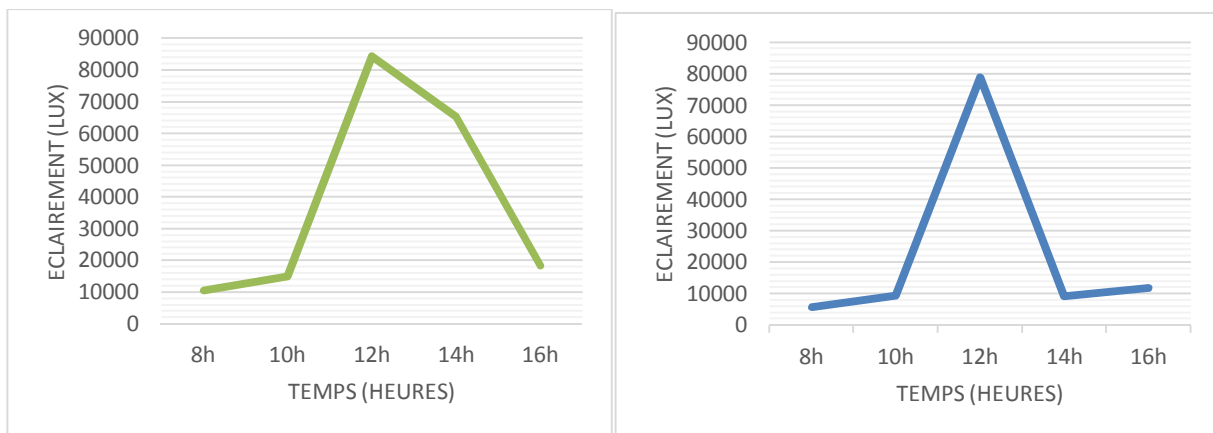


Figure IV.28. Variations de l'éclairement en fonction du temps au point P02. Figure IV.29. Variations de l'éclairement en fonction du temps au point P08

Chapitre IV : Etude expérimentale et interprétation des résultats

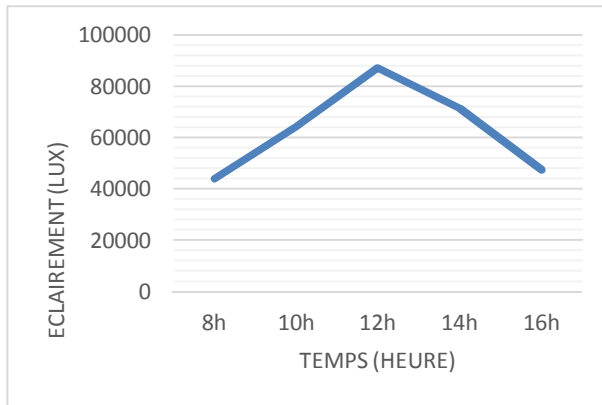


Figure IV.30. Variations de l'éclairage en fonction du temps au point P04.

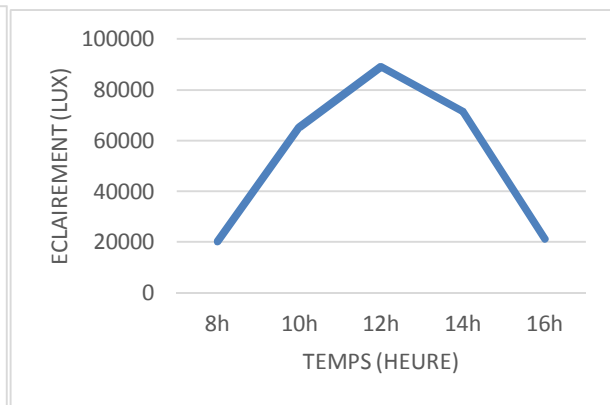


Figure IV.31. Variations de l'éclairage en fonction du temps au point P10.

Source : Auteur



Figure IV.32. Ambiance lumineuse au P07 à 12h.



Figure IV.33. Ambiance lumineuse au P05 à 12h

Source : Auteur

Néanmoins au point P05 et à 14h, on remarque une légère augmentation de l'éclairage, cela est fortement lié aux facteurs environnementaux tels que les façades vitrées et les couleurs des bâtis qui augmentent la composante réfléchie. Par contre aux autres rues, l'éclairage baisse soit subitement comme aux points P01, P03, P06, P07 et P08, soit d'une façon lente comme aux points P02, P04, P09 et P10.

Chapitre IV : Etude expérimentale et interprétation des résultats

Finally at 18h, the lighting takes minimal values similar to those of 08h for all the streets. In the absence of protection for the street P04 the lighting values are very interesting compared to the other streets.

Tableau IV.3. Tableau récapitulatif.

catégories	Les points de mesure	Désignation	Analyse des résultats
Catégorie 1	P01, P03, P06, P07, P08.	$L_{Rue} < H_{Batis}$, Orientations différentes.	*Très faible éclairage à 08h (- de 10.000lux) *A 10h pas d'augmentation d'éclairage *Pendant la mi-journée on obtient un maximum d'éclairage (enivrent 90.000lux). *une chute de l'éclairage dans l'après-midi. *à 18h des valeurs minimales de l'éclairage, similaires aux celles à 08h.
Catégorie 2	P04	$L_{Rue} > H_{Batis}$. Orientation EST-OUEST	*Eclairage important à 08h (40.000lux). *A 10h augmentation importante de l'éclairage. *Pendant la mi-journée on obtient un maximum d'éclairage (enivrent 90.000lux) *une baisse lente de l'éclairage dans l'après midi *à 18h des valeurs d'éclairage très intéressantes dû à l'orientation OUEST.
Catégorie 3	P02, P05.	$L_{Rue} < H_{Batis}$. Orientation EST-OUEST	*Très faible éclairage à 08h (- de 10.000lux) *A 10h pas d'augmentation d'éclairage *Pendant la mi-journée on obtient un maximum d'éclairage (enivrent 90.000lux). *à 18h des valeurs minimales de l'éclairage, similaires aux celles à 08h à cause des masques.
Catégorie 4	P09, P10.	$L_{Rue} = H_{Batis}$, Orientations différentes.	*Eclairage important à 08h (20.000lux). *A 10h augmentation importante de l'éclairage *Pendant la mi-journée on obtient un maximum d'éclairage (enivrent 90.000lux). *à 18h des valeurs minimales de l'éclairage, similaires aux celles à 08h.

7.3. Ambiances lumineuses intérieures (simulations) :

The different steps of the modeling allowed us to proceed with a simulation of the lighting of the rooms in the dwellings during the day of May 10, 2014. Two types of rooms in these dwellings were retained, those that are adjacent to the facades and those that are adjacent to the courtyards of the houses.

7.3.1. Cas des pièces adjacentes à la cour.

- Cas des habitations dont la surface bâties est égale à la surface non bâties : Rues P01, P09.

Chapitre IV : Etude expérimentale et interprétation des résultats

A travers le questionnaire et la simulation de la luminance d'une pièce adjacente à la cour dans l'habitation P01, qui est le séjour, on remarque que la grandeur de la baie et son orientation Ouest permettent d'avoir une quantité de lumière à 08h qui varie entre 720 lux pour les zones les plus proches de la fenêtre et de 250 lux pour les endroits les plus éloignés (presque 05m). A 10h, ces pièces reçoivent entre 930 lux et 280 lux aux mêmes endroits. Ce qui est considéré comme une mauvaise répartition quoi qu'elle soit suffisante en termes de quantité. Les taches solaires sont absentes pendant ces moments ainsi que la lumière directe, et par conséquent les occupants ne remarquent pas d'éblouissement.

A midi où l'éclairement extérieur atteint son maximum, la quantité de lumière dans ce local est comprise entre 1600 lux et 450 lux. Encore une fois l'éclairage est non uniforme, suffisant mais ne provoque aucun effet d'éblouissement.

A partir de midi, où les rayons solaires tentent de devenir de plus en plus horizontaux, la source lumineuse (le soleil) commence à être un facteur gênant. La quantité de lumière augmente jusqu'à 43000 lux à 14h, elle est non uniforme, et elle devient éblouissante. Pendant cette période, les utilisateurs commencent à utiliser les stores en tissu intérieur comme élément de contrôle de la lumière naturelle. Les taches solaires sont présentes dans les dernières heures de la journée, à partir de 16h.

Pour la rue P09, l'espace choisi est une cuisine orientée vers l'Est. Les taches solaires sont présentes avant midi, avec un éclairage non uniforme, suffisant mais non éblouissant pendant toute la journée. La quantité de lumière arrive jusqu'à 18000 lux à 10h. A midi où l'éclairement extérieur atteint son maximum, l'éclairement intérieur diminue et varie dans la cuisine entre 4400 lux et 850 lux. Pour l'après-midi, la quantité d'éclairage continue à diminuer jusqu'à 16h.

- **Cas des habitations dont la surface bâties est supérieure à la surface non bâties : Rues P02, P03, P04, P05, P06, P07 et P08.**

On remarque que les taches solaires n'apparaissent pas pendant la journée et ceci pour la majorité des cas sauf pour P04 où les baies sont situées sur les deux côtés de la pièce, et la cour est légèrement plus grande par rapport aux autres pièces. L'éclairement est toujours mal réparti (les zones les plus proches des baies sont les plus éclairées) mais les rayons solaires ne provoquent aucun effet d'éblouissement. L'éclairement intérieur atteint son maximum à midi dans tous les cas. La réflexion des parois extérieures participe d'une façon importante à cette augmentation. Par contre, pour les premières et les dernières heures de la journée, les rayons solaires directs sont bloqués par la cour : c'est l'effet de masque. On constate une forte insuffisance allant jusqu'à 40 lux cas de la rue P03 à 16h.

Finalement, pour le cas P10 où le POS est respecté, l'éclairement pendant la journée de 08h à 16h, est suffisant et il varie entre 500lux et 3000lux pour les zones ombragées les plus proches à la fenêtre, et entre 300lux et 2500lux pour les zones éloignées. Les taches solaires apparaissent à partir du midi et s'agrandissent quand l'angle d'incidence diminue. L'éclairement arrive jusqu'à 45000lux pendant cette période. Notre enquête a révélé que l'éclairement n'est pas uniforme pendant la journée et les rayons solaires ne sont pas éblouissants puisque la baie se situe sur la

Chapitre IV : Etude expérimentale et interprétation des résultats

façade Ouest, et le masque (mur de clôture) la protège des rayons éblouissants pendant le coucher du soleil. L'effet de réflexion des parois ici n'est pas nuisible puisque ces panneaux sont opaques avec un très faible indice de vitrage.

Chapitre IV : Etude expérimentale et interprétation des résultats

	08h	10h	12h	14h	16h
P01					
P03					
P04					
P05					
P06					



Figure IV.34. Ambiances lumineuses simulé des espaces adjacentes des cours.

Source : Auteur

7.2.2. Cas des pièces qui ont une vue sur la façade principale de l'habitat.

- **Cas des rues ayant une largeur inférieure à la hauteur des bâtis comme les points P01, P02, P03, P05, P06, P07 et P08.**

L'éclairage dans ces pièces est suffisant pendant toute la journée et il est supérieur à 500lux même pour les pièces qui sont orientées vers le Nord. A 16h, l'éclairage n'est pas uniforme, puisque l'éclairage unilatéral est systématiquement utilisé et les zones ombragées les plus proches des baies sont les plus éclairées. L'éclairage diminue progressivement lorsque l'on s'éloigne de la baie.

Les taches solaires sont présentes entre 10h et midi et seulement pour les façades orientées vers l'Est, malgré l'importance des masques solaires.

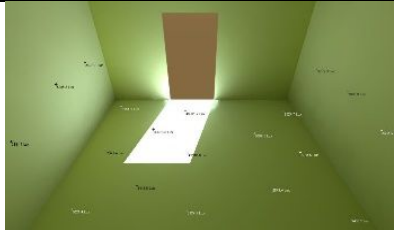
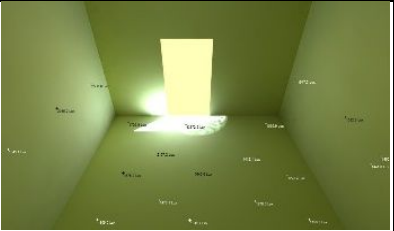




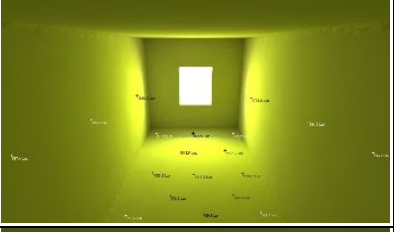


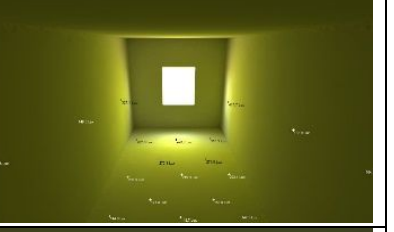






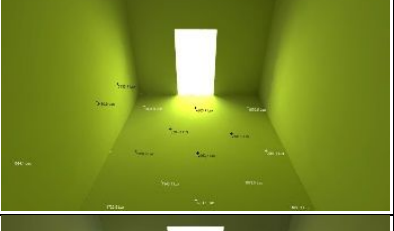
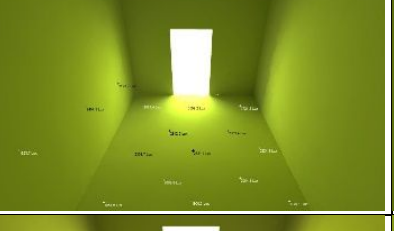
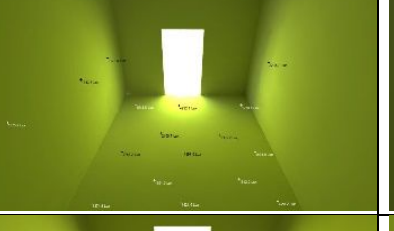



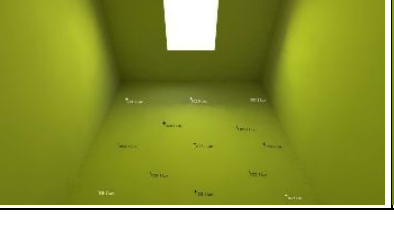
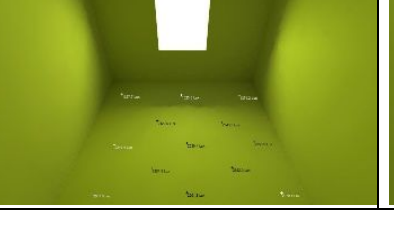
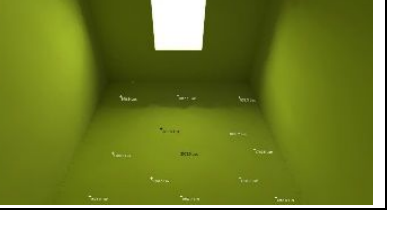
- **Cas des rues ayant une largeur égale à la hauteur des bâtis comme pour le point P10.**

On remarque que vu l'orientation Est du bâtis, les taches solaires sont présentes à partir de 08h et persistent jusqu'après 10h mais elles ne provoquent pas l'éblouissement des occupants selon notre enquête. L'uniformité de l'éclairage n'est pas assurée à 100% mais elle est meilleure par rapport aux autres habitations pendant toute la journée sauf pour les zones des taches solaires où on peut avoir un éclairage de plus de 20% durant quelques moments de la journée. La quantité d'éclairage est suffisante de 08h à 16h, elle est maximale à 08h (environ de 5000lux) et diminue jusqu'à 16h où elle atteint une valeur minimale de près de 700 lux.

- **Cas des rues dont la largeur est inférieure à la hauteur des bâtis comme pour les P04 et P09.**

La simulation a révélé que pour une orientation Nord comme celle de P04, l'éclairage est assuré pendant toute la journée. La valeur minimale est enregistrée dans la soirée avec des valeurs qui atteignent les 500 lux. L'éclairage est réparti d'une manière hétérogène pendant toute la journée étant donné que l'espace est éclairé unilatéralement par deux types des baies (fenêtre et porte). Les taches solaires n'apparaissent pas pendant toute la journée, étant donné que les baies sont orientées vers le Nord. Contrairement à P09 où la façade est orientée vers le Sud, les taches solaires sont présentes à partir du 14h avec un éclairage qui atteint les 35000 lux près des baies et entre 6000 lux et 2000 lux pour les zones ombragées. Ces valeurs sont considérées comme maximales malgré que l'éclairage extérieur commence à diminuer à partir de midi. Donc l'éclairage n'est pas uniforme pendant la journée mais suffisant.

Chapitre IV : Etude expérimentale et interprétation des résultats

	08h	10h	12h	14h	16h
P01					
P03					
P04					
P05					
P06 EST					

Chapitre IV : Etude expérimentale et interprétation des résultats

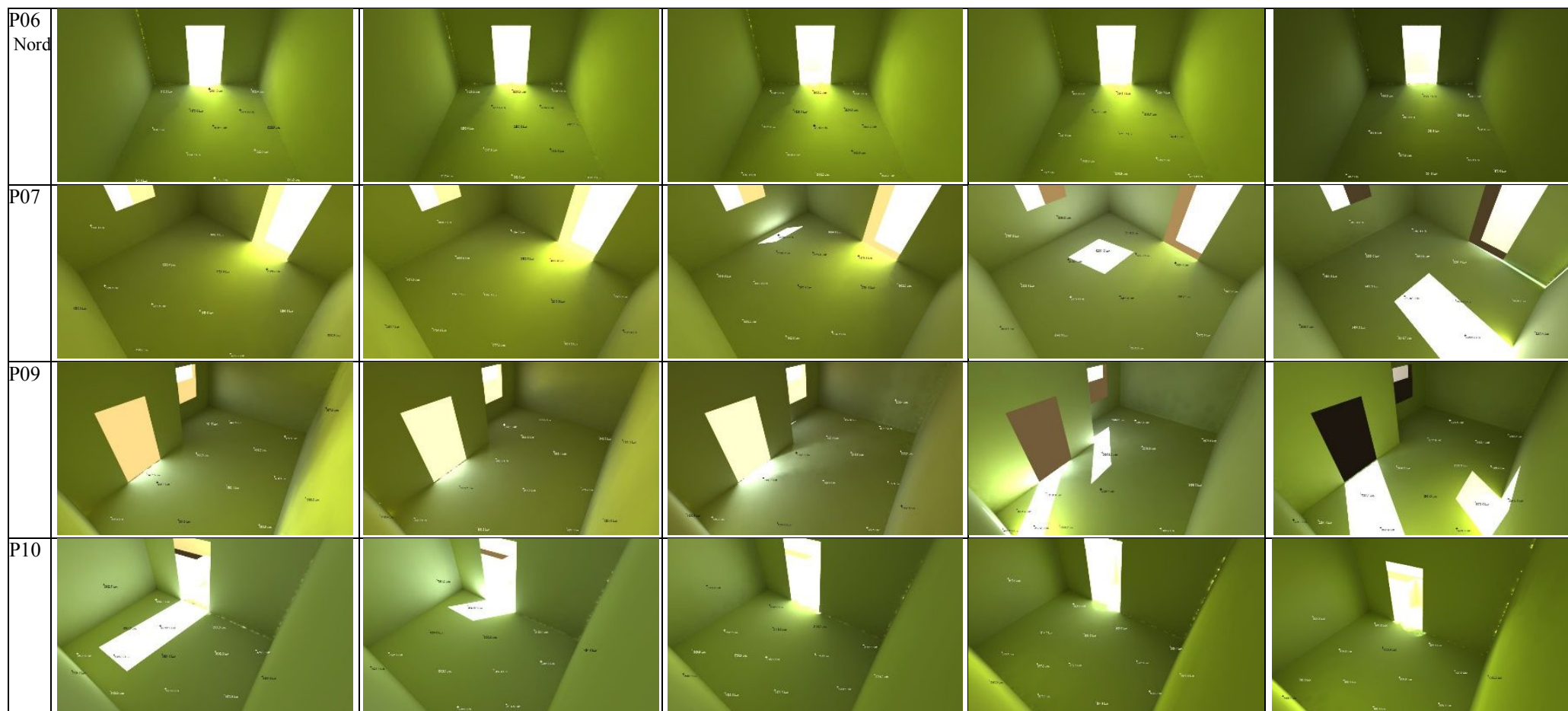


Figure IV.35. Ambiances lumineuses simulé des espaces donnant sur l'extérieur.

Source : Auteur.

8. Conclusion :

Au cours de l'expérimentation et l'évaluation du confort visuelle dans le secteur résidentiel d'El Eulma, on a pu mettre en évidence l'importance de deux critères essentiels qui caractérisent la qualité d'un environnement visuel : la présence ou l'absence de l'éblouissement et l'uniformité ou le non uniformité de l'éclairage que ce soit à l'intérieur ou à l'extérieur de l'habitat.

Au cours de cette analyse, on a pu montrer que la configuration urbaine a une importance primordiale pour définir la quantité de lumière nécessaire au confort de l'habitant. Cependant, la pénétration directe de la lumière naturelle peut causer un état d'inconfort pour les habitants à travers les taches solaires.

Nous avons constaté à travers cet aperçu sur les habitats individuels qui se situent dans la cité des 426 lots (شارع دبي) à El Eulma, qu'une très grande part de ces habitats individuels se trouve dans un état qui ne répond plus aux exigences des activités exercés au sein de ces bâtis. Ceci a nécessité l'utilisation des dispositifs supplémentaires qui aident à l'amélioration du confort et qui sont souvent très coûteux.

Pour les ambiances lumineuse extérieures on a vu que la largeur de la rue par rapport à la hauteur des bâtis environnantes, est un facteur très important déterminant la quantité de lumière pénétrante et l'uniformité de l'éclairage. L'orientation Est-Ouest des rues oblige une présence d'un masque protégeant les occupants de la rue pendant des moments où les rayons solaires sont presque horizontaux.

Les rues qui ont une largeur inférieure par rapport à la hauteur des bâtis qui constituent des masques solaires importants, sont ombrées pendant une très longue période de la journée. Ces ombres ne sont pas gênantes pendant l'été mais seulement pendant la période hivernale.

Pour les ambiances lumineuses intérieures et vu qu'El Eulma possède un potentiel lumineux important, l'éclairage est suffisant pendant toute la journée pour les pièces adjacentes aux façades quel que soit leurs orientations. Et même pour les pièces adjacentes aux cours (puits de lumières) sauf lorsque ces dernières sont étroites.

Les pièces dont les baies orientées vers l'Ouest, sont exposées aux rayons solaires horizontaux qui gênent les habitants pendant le coucher du soleil. Ce qui nécessite une protection solaire calculée pour chaque cas.

La majorité des concepteurs ne prend pas en considération l'importance des brises soleil pendant la phase conceptuelle, ce qui résulte des taches solaires pendant des moments de la journée. Malgré que ces taches ne gênent pas d'une façon directe les habitants, il faut bien protéger les espaces de ces taches, puisqu'ils participent aux surchauffes des ambiances pendant l'été. Néanmoins ils sont recommandés pour une période de (02) deux heures par jour du point de vue médical.

Parmi les causes principales de cette situation, c'est que la majorité de ces habitations ont été conçu pendant une époque où nombreux des conditions du confort notamment visuel n'étaient pas prises en charge, car elles n'étaient pas considérées comme une exigence fondamentale.

Chapitre IV : Etude expérimentale et interprétation des résultats

En dernier lieu, l'évaluation du confort visuel dans les bâtiments en général et habitats individuels en particulier, est une démarche qui permet non seulement la rénovation des anciens édifices mais l'amélioration de la conception des futures constructions également.

Conclusion générale
Recommandations
Critiques et perspectives de recherche

1. Conclusion générale

Au cours de notre travail, On s'est penché sur la qualité environnementale urbaine et spécifiquement des quartiers résidentiels. L'environnement lumineux constitue une variable importante de la qualité des espaces urbains, comme facteur déterminant influençant le confort visuel. Cette étude a concerné le corpus des habitations individuelles de la cité des 426 lots El Eulma. Nous avons utilisé à cet effet les divers guides de construction, les cahiers des charges, les documents graphiques recueillis auprès des différents établissements que ce soit étatique ou privé, ainsi que les différentes mesures prises sur le terrain. Ces outils nous ont permis de conclure que la qualité de l'environnement lumineux envisagé est déterminée en grande partie par une normalisation du caractère dimensionnel dépourvu de tout confort. On s'est rendu compte également 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, perçu.
- n'est pas seulement un stimulant de l'organe mais aussi un matériau de construction qui influence le look des bâtiments de l'extérieur comme à l'intérieur ;
- elle met en relief les volumes, les formes, les textures et les couleurs ;
- peut être un élément de symbolique par excellence ;
- Un élément indissociable au confort doit répondre aux besoins des occupants des espaces que ce soit à l'intérieur ou à l'extérieur afin qu'ils soient confortables.

Plusieurs travaux de recherche ont montré l'importance de la lumière naturelle et ses effets sur le confort et le bien-être. L'espace architectural conçu et très différent du vécu. Différentes ambiances lumineuses engendrent différents sentiments et différentes impressions : Joie, tristesse, ouverture, fermeture, clarté ambiguïté.

Le traitement des ambiances architecturales dépend des intentions architecturales. 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. Le gisement solaire, la couverture nuageuse, la course du soleil et les masques environnants, sont des facteurs qui influencent la quantité et la qualité de la lumière à l'intérieur du bâtiment comme à l'extérieur dans les configurations urbaines multiples.

Les hauts plateaux algériens auxquels appartient la ville d'El Eulma, bénéficient d'un potentiel solaire très important avec une moyenne de 1900kWh/m²/an pour 3000 h/an ce qui répond à la demande des besoins en éclairage extérieur. Le type de ciel dominant à la ville est "intermédiaire" avec un taux de couverture se varie entre 37,7% et 65,2%. La région possède un gisement lumineux qui atteint les 35000 lux selon les travaux antérieurs établis par ZEMMOURI (2005). La maîtrise de l'impact du type d'ouvertures, tel que leurs formes, leurs dimensions et leurs orientations, sur la quantité et la qualité de la lumière pénétrant à l'intérieur d'un espace, permet aux concepteurs de disposer d'un champ d'action plus large et plus

varié pour répondre aux besoins en lumière naturelle liés aux différentes tâches et au confort visuel des usagers. Donc la bonne conception architecturale peut couvrir une très grande partie des besoins d'éclairage à l'intérieur comme à l'extérieur des bâtiments sans faire appel à l'électricité pendant la journée, ce qui est le but recherché depuis longtemps par les chercheurs et les concepteurs.

Durant la phase de conception, les outils de prédétermination de la lumière naturelle jouent un rôle très important pour vérifier les résultats des changements des différents éléments de contrôle de la lumière naturelle. Les outils de prédéterminations peuvent être subdivisés en quatre (04) principaux groupes qui sont les mesures in situ, les méthodes simplifiées, les modèles réduits et les simulations à l'aide des logiciels. Avec le développement informatique en hardware et software, plusieurs logiciels sont mis à la disposition des concepteurs. Après une investigation exhaustive sur la nature et le mode de fonctionnement de plusieurs logiciels, nous avons opté pour le moteur de rendu "RADIANCE".

Ce code a été utilisé pour modéliser les ambiances lumineuses intérieures pour des raisons d'accès aux espaces intérieurs du cas d'étude. Les ambiances lumineuses extérieures ont été évaluées sur la base de photos.

Les résultats ont montré que pour les ambiances lumineuses extérieures dans les configurations urbaines hautes et denses, les niveaux d'éclairement sont bas et non uniformes par rapport aux autres configurations. Les masques bloquent parfois les rayons solaires directs sauf pendant les mi-journées. Néanmoins, les configurations urbaines dont la largeur de la rue est supérieure ou égale aux hauteurs des bâtis, fournissent un éclairage naturel adéquat en termes de quantité. Pour avoir une meilleure qualité d'éclairement au niveau des rues ayant une orientation Est-Ouest, il est impératif de prévoir des masques solaires, comme moyen de contrôle des rayons solaires horizontaux que ce soit pour le lever ou le coucher du soleil.

En ce qui concerne les stratégies d'éclairage naturel, de confort visuel et leur intégration dans la conception architecturale, nous pouvons dire que :

- Les maîtres d'œuvres doivent intégrer les paramètres environnementaux, notamment la qualité de la lumière naturelle, dans le processus de conception architecturale des habitations et les configurations urbaines. Ceci permet la réduction des impacts négatifs sur les espaces internes et externes tout en offrant aux habitants et aux utilisateurs des espaces avec des ambiances lumineuses confortables et satisfaisantes.
- En réponse à nos nombreux questionnements, un grand nombre d'occupants trouvent que la lumière à l'intérieur de leurs habitations est suffisante pour la plupart des temps pour les espaces qui se trouvent sur la façade durant la période hivernale, mais souvent gênante pendant l'été.
- Pour les espaces ayant une ouverture sur la cour, l'éclairement est insuffisant pendant les journées hivernales et surtout quand la cour a un faible volume et/ou surface, mais suffisant, pour des journées de la période estivales.

Il est important de rajouter ici que cette présente analyse fait avant tout un état de lieux de la qualité dans l'environnement lumineux d'une configuration urbaine

spécifique et sous des conditions climatiques distinctives. L'amélioration des conditions du confort lumineux peut être entrevue par l'introduction d'un certain nombre de technologies et de systèmes tel que : le Lightshelf, le puit de lumière, etc.

2. Recommandations :

Parmi les objectifs majeurs de la présente étude est la proposition d'une stratégie d'approche visant essentiellement à améliorer la qualité environnementale de la conception des espaces intérieurs extérieurs, existants ou en perspective. Ceci concerne particulièrement l'éclairage naturel des cités résidentielles, en accord avec le contexte climatique de la zone concernée.

C'est à partir de ces divers constats que nous formulons les recommandations suivantes :

- Établir un diagnostic circonstancié des lieux des bâtiments résidentiels existants dans les différentes régions de l'Algérie, afin de déterminer leurs états actuels et de prendre les mesures appropriées pour l'amélioration de leur qualité environnementale.
- Concevoir et mettre en place un système d'évaluation qualitative environnementale des bâtiments résidentiels, basé sur des paramètres de confort visuel. Ceci servira d'outil de référence pour les architectes que ce soit, bureaux d'études ou établissements étatiques lors d'éventuelles évaluations des ambiances lumineuses.
- La configuration urbaine des zones résidentielles doit avoir des caractéristiques définies selon les zones climatiques des villes. Pour la ville d'El Eulma, on peut dire que la largeur de la rue ne doit pas être inférieure à la hauteur des bâtiments pour que les rayons solaires puissent couvrir la rue pendant une bonne période de la journée. Néanmoins, il faut bien prévoir des masques, pour les rues ayant une orientation Est-Ouest pour éviter l'effet d'éblouissement pendant le lever et le coucher du soleil.
- Pour les espaces intérieurs, la cour doit être spacieuse pour faciliter l'éclairage des pièces adjacentes, et bien étudier les hauteurs des murs de clôture pour les utiliser comme masques solaires. Les espaces adjacents aux façades ont besoin d'utilisation des baies qui doivent assurer non seulement un bon éclairage, uniforme.

3. Perspective de recherche :

Les conclusions auxquelles nous sommes arrivés, montrent qu'au cours des travaux effectués dans le cadre de ce mémoire, de nombreux axes de recherche sont apparus, chacun représentant un potentiel pour plusieurs travaux de recherche future.

Il serait donc judicieux, dans le future de compléter et enrichir la recherche actuelle, afin de perfectionner la qualité architecturale et urbaine Ceci est possible en proposant l'incorporation des éléments de contrôle de la lumière du jour, dans les stratégies d'éclairage naturel. Cela permettra de perfectionner la méthode utilisée pour l'étude de la pénétration de la lumière du jour dans les bâtiments résidentiels.

Nous pouvons également entamer une étude qui permettrait de définir les stratégies d'éclairage naturel dans les différents bâtiments. Dans la démarche de notre recherche, les différentes stratégies d'éclairage naturel et de confort visuel incorporées ont fait appel aux variables d'orientation, de type de ciel et de période de l'année, laissant les couleurs et les matériaux comme des paramètres fixes dans tous les espaces. Dans de prochains travaux, nous pouvons proposer l'intégration de la couleur et de la texture en tant que variable dans l'étude des stratégies afin d'évaluer les conditions d'éclairage naturel découlant de cette variable avec les paramètres du confort visuel utilisés dans le présent travail.

Références bibliographiques

-
- 1- ADEME, Bâtiment et démarche HQE, Brochure en ligne, www.ademe.fr/martinique/images/124.pdf 2007.
 - 2- (AFE) Association Française de l'Eclairage, Vocabulaire de l'éclairage, Lux, Paris, 1991.
 - 3- BAKER, N. and STEEMERS, K. The daylight design of spaces in Daylight Design of Buildings, James and James, London, H & Y Printing Ltd, 2002.
 - 4- BELAKHEL, A. Etude des aspects qualitatifs de l'éclairage naturel dans les espaces architecturaux – cas des milieux arides à climat chaud et sec, Thèse de Doctorat en Sciences de l'architecture, Université Khider Mohamed, Département d'architecture, Biskra, 2007.
 - 5- BODART M., CHAUDEBIE J., LIEBARD A. et DE HERDE A., Guide de l'architecture bioclimatique. Tome 5 : éclairage naturel et artificiel en Europe. Commission européenne, programme Alterner, 2003.
 - 6- BOUBEKRI M., Daylighting, architecture, and health: building design strategies, Amsterdam; Boston: Elsevier Architectural Press, 2008.
 - 7- BOUVIERS F., Éclairage naturel, Technique de l'ingénieur, Vol. C6, Paris, p 6, 1981.
 - 8- BROWN G.Z. and Dekay M., Sun, wind & light: architectural design strategies, 2nd edition, États-Unis: John Wiley & Sons Inc, 2001.
 - 9- CHAABOUNI, Salma, « voir, savoir, concevoir une méthode d'assistance à la conception d'ambiances lumineuses par l'utilisation d'images référencés », École Nationale Supérieure d'Architecture de Nancy, 2011.
 - 10- CHAUVEL P. & DERIBERE M., L'éclairage naturel et artificiel dans le bâtiment .Paris Eyrolles, p61, 1968.
 - 11- COMPAGNON R., Simulations numériques de systèmes d'éclairage naturel à pénétration latérale, thèse de doctorat, Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, Lausanne, 1994.
 - 12- DANNY H.W. LI, GARY H.W. CHEUNG, CHRIS C.S. LAU., A simplified procedure for determining indoor daylight luminance using daylight coefficient concept, Building and Environment, p 400, 2006.
 - 13- DE HERDE A. et LIE BARD A., Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques, Observer, Paris, 2005.
 - 14- DE SINGLY F., L'enquête et ses méthodes : Le questionnaire. Nathan, Paris, 1992.
-

- 15- DELETRE J.J., Mémento de prises de jour et protections solaires. Grenoble: École d'Architecture de Grenoble, p 2, 2003.
- 16- DEMERS, C. M., Daylighting Availability in Quebec City, Canada. Internai Report, 2000.
- 17- FFLORU R., Éclairage et vision, INRS, Institut National de Recherche et Sécurité, p43, décembre 1996.
- 18- FONTOYNONT M. et al., « Validation of daylighting computer programs », 1999.
- 19- GEOFFREY G. Roy: Designing and explaining programs with a literate pseudo code. ACM Journal of Educational Resources in Computing, 2006.
- 20- GIVONI B. L'homme, l'architecture et le climat, Traduction de JL. IZARD, Le Moniteur, Paris, 1978.
- 21- GREGORY WARD LARSON, ROBERT A. Rendering with Radiance: Edit. Morgan Kaufmann Publishers, p664, 1998.
- 22- GORDON G., Interior Lighting for Designers 4th Edition, États-Unis: John Wiley & Sons, p292, 2003.
- 23- GUENADEZ ZINEDDINE., L'apport de la kunstwissenschaft à la problématique des ambiances urbaines, p35, 2008.
- 24- GUGLIERMETTI F. BISEGNA F. Daylighting with external shading devices: design and simulation algorithms, Building and Environment, 41, 136-149, 2006.
- 25- HAROUADI F., MAHMAH B., BELHAMEL M., CHADER S., M'RAOUI A. Les potentiels d'exploitation d'hydrogène saiaire en Algérie dans un cadre euro-maghrébin. Partie I : Phase d'étude d'opportunité et de faisabilité. Revuedes Energies Renouvelables. 10, 181-190, 2007
- 26- IZARD J.L., Maîtrise des ambiances : contrôle de l'ensoleillement et de la lumière en architecture. Marseille: Ecole d'Architecture de Marseille-Luminy, 1994.
- 27- LABORATOIRE CERMA, Lanterneau vertical : Jeux de taches solaires, Ecole d'Architecture de Nantes. URL : www.audience.cerma.archi.fr
- 28- LITTLEFAIR P.J., The luminance distributions of clear and quasi-clear skies, Actes de la CIBSE Natural Lighting Conference, Cambridge, p 267-283., 1994.
- 29- MUDRI, L., De l'hygiène au bien-être, du développement sans frein au développement durable : ambiances lumineuses. Paris. Ecole d'architecture de Paris- Belleville, p3, Novembre 2002.

- 30- MUDRI, L., PERNY, P. CHAUVEL, P. An approach to design. "Evaluation de l'éblouissement dû aux fenêtres, Lux", p 121-122, Paris, 1983.
- 31- MCHUGH J.R., Daylighting Design via Monte Carlo. Tese de mestrado, Colorado State University, Fort Collins, USA, 1995.
- 32- NYUK HIEN WONG, AGUSTINUS DJOKO ISTIADJI, "Effect of external shading devices on daylighting penetration in residential buildings", Lighting Research and Technology, p317–333, 2004.
- 33- PASINI I. et AL. Day lighting guide for Canadian commercial buildings, Ontario: Travaux Publics ET Services Gouvernementaux. Canada, p 34, Août 2002.
- 34- PEB ECHANGES, Evolution de l'architecture scolaire au Chili, OCDE, Paris, no. 45, février, 2002.
- 35- PEB ECHANGES, La Norvège améliore son architecture scolaire, OCDE, Paris, no. 51, février, 2004.
- 36- PENEAU, J.P. Dessine-moi une ville... en couple avec son climat, Interview par Hédia Baraket, Le Renouveau, N° du 29 janvier 2010.
- 37- REITER S. et DE HERDE A., L'éclairage naturel des bâtiments, Louvain, UCL, 265p, 2004.
- 38- ROULET C-A. Qualités d'usage des bâtiments et contraintes énergétiques : Synergie ou antagonisme, Revue économique et sociale 65, 181-195, 2007.
- 39- SALON NATIONAL DE LA CONSTRUCTION ECOLOGIQUE ET DE L'HABITAT SAIN, URL: www.batirecologique.com
- 40- SCHILER M., Simplified design of building lighting, New-York – Chichester – Weinheim – Brisbane – Toronto – Singapore: John Wiley & Sons, p 89, 1992.
- 41- SUZEL BALEZ., Éclairage artificiel, 2009.
- 42- TERRIER C. et Vandevyver B., L'éclairage naturel, fiche pratique de sécurité, Paris : ED 82, Travail et Sécurité, Mai 1999.
- 43- THIERRY SALOMON., Architecture solaire et conception climatique des bâtiments, 2000.
- 44- TROUVE A., La mesure de la couleur, Afnor, Paris, 1991.

- 45- WIENOLD J., CHRISTOFFERSEN J., Evaluation methods and development of a new glare prediction model for daylight environments with the use of CCD cameras. *Energy and Buildings*, 743-757, 2006.
- 46- ZEIGLER M., KURZ D., *Évolution de l'architecture scolaire à Zurich*, 2008.
- 47- ZEMMOURI, N. *Daylight Availability Integrated Modelling and Evaluation: A Fuzzy Logic Based Approach*, 2005.

Annexe 01

L'éclairage naturel dans les bâtiments

Les composants de la lumière naturelle :

La lumière directe :

La lumière directe provient directement de la source tel que le soleil et la voute céleste et ne rencontre aucun obstacle jusqu'à sa pénétration dans la pièce. Sa quantité dépend du climat, de la taille de l'ouverture ou de la baie ainsi que de la taille et de la nature les obstacles qui se trouvent autour de la pièce. Plus ces derniers seront massifs et proches et plus la quantité de la lumière naturelle directe sera faible.

La lumière indirecte externe :

Contrairement à la lumière directe celle-ci ne vient pas directement de la source lumineuse, elle est déviée par des obstacles extérieurs qui les dirigent vers la pièce. Il est évident que la quantité de la lumière réfléchi par les surfaces extérieures dépend des caractéristiques physiques des surfaces des bâtiments de l'environnement. La quantité de lumière ainsi reçu dépend d'un indice qu'on appelle facteur de réflexion des surfaces. Exemple : pour un bâti dont le revêtement est en vitrage, peut devenir une source d'éclairage qui mène à l'inconfort par l'éblouissement.

La lumière indirecte interne :

La lumière indirecte interne dépend des surfaces intérieures de l'espace et donc du coefficient de réflexion des parois et du sol. La perception visuelle d'un espace évidemment est différente selon le degré de clarté de ces surfaces. Un local sombre par exemple donne une sensation de fermeture et le volume paraîtra plus petit qu'un local aux parois claires.

Le facteur de lumière du jour :

DE HERDE et LIEBARD, (200) ont défini « *Le facteur de lumière du jour comme étant le rapport de l'éclairement naturel intérieur reçu en un point d'un plan de référence à l'éclairement extérieur simultané sur une surface horizontale en site parfaitement dégagé par ciel couvert CIE* ». Fig. II.14. Ce facteur est estimé selon la formule suivante :

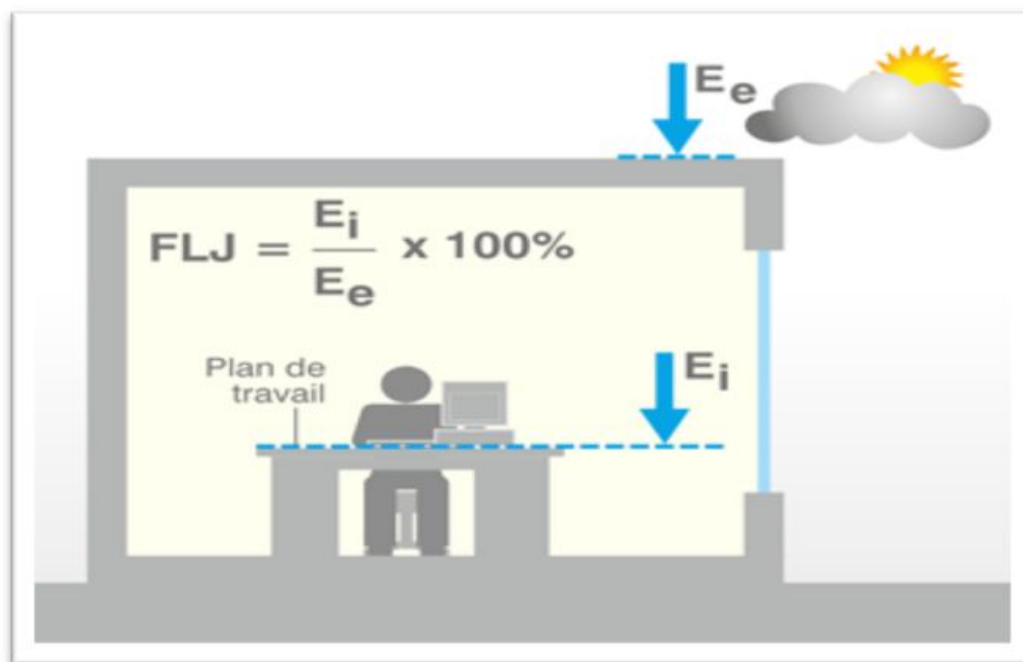
$$FLJ = E_i * 100 / E_e \dots\dots\dots 1$$

Avec :

FLJ : le facteur de lumière du jour exprimé en pourcent;

E_i : l'éclairement naturel intérieur :

E_e : l'éclairement extérieur.



FigureII.14. Le facteur de lumière du jour.
Source : DE HERDE A. et LIEBARD A. 2005.

Annexe 02
Le questionnaire

Le questionnaire

- Information personnels : Sexe Age
- Comment trouvez-vous l'éclairage pendant la journée en termes de quantité:
 - Les chambres : Bon Moyen Mauvais
 - La cuisine : Bon Moyen Mauvais
 - Le hall : Bon Moyen Mauvais
 - Le salon : Bon Moyen Mauvais
- Comment trouvez-vous l'éclairage pendant la journée en termes de Qualité:
 - Les chambres : Bon Moyen Mauvais
 - La cuisine : Bon Moyen Mauvais
 - Le hall : Bon Moyen Mauvais
 - Le salon : Bon Moyen Mauvais
- A votre avis, quelle est la raison la plus importante pour laquelle on doit avoir un éclairage suffisant :
 - Pour mieux se concentrer
 - Pour mieux travailler
 - Pour être moins fatigué
 - Pour des raisons de santé

- A partir de quelle heure de la journée, allumez-vous les lampes pendant l'été?

- Quel est le facteur le plus gênant pour votre confort visuel dans votre habitation?

Eblouissement

Insuffisance de lumière

Les taches solaires

Autre

- Comment décrivez-vous la qualité de l'ambiance lumineuse pour chaque pièce de votre habitat ?

Les chambres :

Très lumineux	lumineux	adéquat	sombre	très sombre
Très ensoleillé	ensoleillé	adéquat	faiblement ensoleillé	pas du soleil

La cuisine :

Très lumineux	lumineux	adéquat	sombre	très sombre
Très ensoleillé	ensoleillé	adéquat	faiblement ensoleillé	pas du soleil

Le hall :

Très lumineux	lumineux	adéquat	sombre	très sombre
Très ensoleillé	ensoleillé	adéquat	faiblement ensoleillé	pas du soleil

Le salon :

Très lumineux	lumineux	adéquat	sombre	très sombre
Très ensoleillé	ensoleillé	adéquat	faiblement ensoleillé	pas du soleil

- Comment décrivez-vous la qualité de l'ambiance lumineuse extérieure pendant la journée ?

- Quel est le facteur le plus gênant pour votre confort visuel à l'extérieur?
Eblouissement
Insuffisance de la lumière
Le rayonnement direct
Autres

- De quelle manière vous intervenez pour contrôler la qualité de l'ambiance visuelle ?
Fermer ou ouvrir la fenêtre ou la porte
Fermer ou ouvrir une porte intérieure
Fermer ou ouvrir les stores (intérieurs ou extérieurs)
Allumez des dispositifs électriques pour réguler la quantité de lumière.