



République Algérienne Démocratique Et Populaire
Ministère De L'enseignement Supérieur Et De La Recherche Scientifique
Université Saad Dahleb Blida 1
Institut D'architecture Et D'urbanisme I.A.U
Département Patrimoine Architectural et Urbain



Département Patrimoine Architectural et Urbain (DPAU)

Laboratoire Environnement et Technologie pour l'Architecture et le patrimoine

(Lab ETAP)

Mémoire De Master

ARCHITECTURE ET PATRIMOINE

**L'EVALUATION DE L'ECLAIRAGE NATUREL DES IMMEUBLES
DE XVIIIEME ET XIXEME SIECLE.**

CAS D'ETUDE LA CASBAH D'ALGER

**Présenté et soutenu par :
SOUILAH Fatma Zohra**

Sous la direction de :

Mme TIAR Manel Djazia

Devant le jury composé de :

Président : MENOUEUR Wassila.

Membre : DERDER Mustapha.

Soutenu le : 08 / 11 / 2018

Année Universitaire : 2017/2018

Avant tout, je remercie mon **DIEU, ALLAH**, lumière des cieux et de la terre, le tout puissant et le très miséricordieux, de m'avoir donné, la foi, la santé et la volonté pour accomplir ce modeste travail "الحمد لله".

La réalisation de ce mémoire a été possible grâce au concours de plusieurs personnes à qui je voudrais témoigner toute ma reconnaissance.

Je voudrais tout d'abord adresser toute ma gratitude à la directrice de ce mémoire, Mme **TIAR Djazia Manel**, pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter ma réflexion.

Je tiens également à exprimer mon immense gratitude, envers tous **les membres de jury**, qui ont accepté de porter leur apport et leur intérêt à mon travail.

Je souhaite aussi remercier, **mes parents, mes sœurs et mon frère**, qui par leurs prières et leurs encouragements, j'ai pu surmonter tous les obstacles.

Je voudrais exprimer ma reconnaissance envers mes amies qui m'ont apporté leur support moral et intellectuel tout au long de ma démarche. Un grand merci à *Manelle, Zineb, Nadira, Karima, Nawel, Houda et Amira*, et surtout **Zineb Kb**, Je suis très reconnaissante pour le temps que à pris pour me motiver, merci de m'avoir aidé lorsque j'avais besoin d'aide. Vous êtes toujours été un cadeau dans ma vie.

A tous ceux qui m'ont consacré leurs temps et leur attention, je dis toujours :

MERCI

... *A celui qui était, qui est et qui vient* ...

À mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières depuis mon enfance jusqu'à ce jour.

À mes chères sœurs, *Rokia, Zineb, Keltoum, Kenza, Amira, Manar*, pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral,

À mon cher frère, *Mohamed Ali*, pour son appui et son encouragement,

À mes chers petits : nièce et neveux : *Sarah, Mohcine et Djafar Sadik*, aucune dédicace ne saurait exprimer tout l'amour que j'ai pour vous, votre joie et votre gaieté me comblent de bonheur. Puisse Dieu vous garder, éclairer votre route et vous aider à réaliser à votre tour vos vœux les plus chers.

À ma grand mère chérie : *Zohra*, qui m'a accompagné par ses prières, sa douceur, puisse *ALLAH* lui prêter longue vie et beaucoup de santé et de bonheur dans les deux vies.

À la mémoire de ma grande mère : *Aicha*, J'aurais tant aimé que vous soyez présents. Que Dieu ait vos âmes dans sa sainte miséricorde.

À mes amis de toujours : *Manelle, Zineb, Nadira, Tissa, Zineb Kb, Karima, Nawel, Houda et Amira*, en souvenir de notre sincère et profonde amitié et des moments agréables que nous avons passés ensemble.

Fatma Zohra

Alger, une ville millénaire, abrite un vaste paysage urbain, et une diversité de langage architectural issue de différentes époques historiques témoignant l'existence d'un très riche répertoire marquant les stratégies spatiales relatives à l'éclairage naturel, La Medina d'Alger "La Casbah" avec son architecture remarquable aussi bien au niveau de la forme qu'à la conception et l'intégration au site, le passage du style traditionnel 'système d'introversión' au style colonial 'système extroversión', et la matérialisation de l'éclairage naturel dans le bâtiment constitue un bel exemple qui permet d'étudier le mode d'acheminement de la lumière naturelle ainsi que les différents dispositifs utilisés pour la capter et la transférer à l'intérieur des pièces, ce qui constitue notre objectif de recherche et notre thème d'étude. On adopte pour cela la méthode d'évaluation basée sur la simulation numérique à l'aide du logiciel **AUTODESK ECOTECH ANALYSIS 2011**, ce dernier nous permet surtout de vérifier et d'évaluer les recommandations envisagées sur la base d'étude paramétrique.

Mots clés : La Casbah d'Alger, style traditionnel, style colonial, éclairage naturel, dispositifs, évaluation, simulation, AUTODESK ECOTECH ANALYSIS 2011.

Algiers, an ancient city, is home to a vast urban landscape, and a diversity of architectural language from different historical periods testifying the existence of a very rich repertoire marking the spatial strategies related to natural lighting namely the Medina of Algiers " The Kasbah " with its remarkable architecture both in terms of form and design and integration with the site, the transition from the traditional 'introversion system' to the colonial style 'extroversion system', and the materialization of natural lighting in the building is a good example to study the mode of delivery of natural light and the various devices used to capture it and transfer it inside the rooms which is our goal research and our theme of study. To this end, we use the evaluation method based on numerical simulation using the **AUTODESK ECOTECH ANALYSIS 2011** software, which allows us above all to verify and evaluate the recommendations envisaged on the basis of parametric study.

Keywords: Kasbah of Algiers, traditional style, colonial style, natural lighting, devices, evaluation, simulation, AUTODESK ECOTECH ANALYSIS 2011.

الجزائر المدينة الألفية، القاطنة للمشهد الحضري الواسع، و المجموعة المتنوعة من الأساليب المعمارية الناتجة عن مختلف العصور التاريخية، الشاهدة عن وجود فهرس غني يبين الاستراتيجيات المكانية المتعلقة بالإضاءة الطبيعية. مدينة الجزائر "القصبة" مع طابعها المعماري الملحوظ في كل من الشكل و التصميم و اندماجه مع الموقع، الانتقال من الطراز التقليدي "النظام الانطوائي" الى الطراز الاستعماري "النظام الانبساطي"، و تجسيد الإضاءة الطبيعية في البناية، يعتبر مثال جيد مما يمكننا من دراسة كيفية نقل الضوء الطبيعي و الوسائل المختلفة المستخدمة لالتقاطه و نقله داخل الغرف، يعتبر هدف بحثنا و موضوع دراستنا. لهذا اعتمدنا طريقة التقييم على أساس المحاكاة الرقمية باستخدام برنامج الذي سمح لنا بالتحقق و تقييم التوصيات المعتبرة على أساس الدراسة المعلمية.

AUTODESK ECOTECT ANALYSIS 2011

الكلمات المفتاحية: قصبة الجزائر، الطراز التقليدي، الطراز الاستعماري، الإضاءة الطبيعية، الوسائل، التقييم، المحاكاة،

AUTODESK ECOTECT ANALYSIS 2011

Remerciement.....	i
Dédicace	ii
Résumé	iii
Abstract.....	iv
ملخص	v
Sommaire.....	vi
CHAPITRE I : PARTIE INTRODUCTIVE	1
➤ Introduction générale.....	2
➤ Problématique.....	5
➤ Hypothèse de départ.	6
➤ Objectifs de la recherche.	6
➤ Méthodologie (Etapas de la démarche).	6
➤ Structure du mémoire.	8
CHAPITRE II : ETAT DE L'ART	10
INTRODUCTION	11
II.1 L'ARCHITECTURE DU XVIIIEME ET XIXEME SIECLE ET LA LUMIERE :.....	12
II.1.1. L'architecture ottomane et la lumière naturelle.....	12
II.1.2. L'architecture coloniale et la lumière naturelle.....	16
II.1.3. Le P.P.S.M.V.S.S et la lumière naturelle.	19
II.2. LA LUMIERE NATURELLE DANS LE BATIMENT	23
INTRODUCTION.....	23
II.2.1. Les paramètres de la lumière naturelle dans le bâtiment :.....	24
A. Paramètres relatifs à l'environnement:	24
✚ Le site (environnement direct du bâtiment).	25
✚ La latitude.....	26
✚ La saison.....	26
✚ L'heure.....	27
✚ Les types de ciels.....	27
B. Paramètres relatifs au bâtiment:.....	28
✚ La prise du jour (latéral/zénithale).	28
✚ L'orientation des ouvertures.....	29
✚ La dimension des ouvertures.....	30
✚ La forme des ouvertures.....	31
✚ L'emplacement des ouvertures.....	32

✚ La couleur et la nature des surfaces intérieures.....	32
✚ Les dimensions du local.....	33
✚ Le type du vitrage.....	34
II.2.2. Stratégies de l'éclairage naturel.....	34
- Pénétrer.	34
- Capter.	34
- Répartir.....	35
- Se Protéger et contrôler.	35
- Focaliser.	35
II.2.3. Dimension physique de la lumière naturelle.....	36
✚ Les grandeurs photométriques :	36
- Le flux lumineux (lm).	36
- L'intensité lumineuse (cd).	36
- L'éclairement.....	36
- La luminance.	38
- Facteur de lumière de jour.....	38
II.3. CONFIGURATION ARCHITECTURALE DE L'ECLAIRAGE NATUREL 40	40
INTRODUCTION	40
II.3.1. Eclairage latéral.	40
✚ Exigences de l'éclairage latéral.....	40
✚ Types d'éclairage latéral.	40
- Eclairage unilatéral.....	40
- Eclairage bilatéral.....	41
- Eclairage multilatéral.	42
II.3.2. Eclairage zénithale.....	43
II.4. ETAT DE L'ART : ANALYSE DES METHODES ET RESULTATS	
OBTENUS DES ETUDES, RECHERCHES ET THESES PORTEES SUR LE	
SUJET.....	45
INTRODUCTION.	45
II.4.1. Etude de la Disponibilité de l'éclairage naturel en milieu urbain dense,	
investigation sur les performances des puits de lumière naturelle, TIZOUIAR	
Ouahiba, EPAU, ALGER 2012.	45
II.5. METHODES ET OUTILS DE SIMULATION DE L'ECLAIREMENT.	48
Qu'est-ce-que l'évaluation ?.....	48
II.5.1. Méthode de calcul.....	49
II.5.2. Méthode graphique.	49
II.5.3. Modèle réduit (Maquette).....	49
II.5.4. Mesures insitu à l'aide d'un luxmètre.	49
II.5.5. Logiciels informatique.....	50
CONCLUSION	53

CHAPITRE III : ETUDE DES CAS ET ANALYSE	54
INTRODUCTION	55
III.1. Présentation géographique	55
III.1.1. Le site, localisation et orientation	55
III.1.2. Implantation :	56
III.1.3. Donnée climatiques	57
✚ Adaptation au climat	57
✚ Climat lumineux à Alger	57
✚ Température	58
✚ Précipitation	58
✚ Hygrométrie	58
✚ Vents	59
✚ Ensoleillements	59
✚ Rayonnement	60
III.2. Présentation des cas d'études	61
III.2.1. La Maison traditionnelle, sis 36, Rue N'Fissa Ramdane, la Casbah d'Alger.....	61
✚ Motivation du choix du cas d'étude	61
✚ Fiche descriptive de la maison	61
III.2.2. L'immeuble colonial 'immeuble de rapport', sis 36, Rue Bab el Oued, la Casbah d'Alger	65
✚ Motivation du choix du cas d'étude	65
✚ Fiche descriptive de l'immeuble	65
III.3. Simulation de l'éclairage	71
III.3.1. Choix du logiciel de simulation : (Logiciel ECOTECT).....	71
III.3.2. Etapes de la simulation	73
III.3.3. Résultats de calcul et évaluation des niveaux d'éclairage par une simulation numérique (Logiciel ECOTECT).....	75
III.4. Interprétation des résultats	75
INTRODUCTION	
III.4.1. Analyse des résultats et classification des ouvertures selon le niveau d'éclairage	
III.4.2. Comparaison entre les résultats	
CONCLUSION	
CONCLUSION GENERALE (synthèse des acquis et perspectives).....	76
BIBLIOGRAPHIE.....	81
LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX.	
ANNEXES.	

CHAPITRE I : *PARTIE INTRODUCTIVE*

CHAPITRE INTRODUCTIF

➤ Introduction générale :

« La lumière est un élément constitutif de l'espace qui l'organise, le délimite par son immatérialité et le rythme par son mouvement. » Chelkoff et Thibaud, 1992.

Le patrimoine et le développement durable, apparaissent aujourd'hui comme deux notions consensuelles, unanimement utilisées par les décideurs et responsables locaux. Tout responsable urbain, élu ou technicien, est persuadé qu'une ville qui valorise ses héritages architecturaux et urbanistiques se donne les moyens de mieux préparer son avenir.¹

Patrimoine et développement durable s'inscrivent dans la même perspective intergénérationnelle. L'ONU définit le développement durable comme le moyen d'assurer le développement de notre génération sans gêner celui des générations futures. Le concept de patrimoine porte en lui-même cette idée de transmission, de mémoire, de continuité historique.²

L'architecture bioclimatique n'est pas seulement un moyen de faire des économies d'énergie ou de remplacer une source d'énergie par une autre, elle est surtout l'art de construire en harmonie avec le climat, suivant les heures de la journée et les saisons.³

Limitier la dépense énergétique dans le bâti existant produira un impact significatif sur l'ensemble du patrimoine architectural et urbain, partout en Europe. D'une part, les interventions techniques susceptibles d'être menées doivent se révéler compatibles avec la préservation de ces patrimoines dans leur matérialité.

Aujourd'hui, l'architecture s'installe dans un contexte de la démarche de développement durable, pour qu'elle mieux réponde aux besoins de confort, de sécurité et de préservation du cadre de vie, obligatoire pour une qualité de vie souhaitée aujourd'hui et demain, dans les milieux urbains.⁴ Le développement durable dans le secteur du bâtiment a pour objectif de minimiser les effets du bâtiment sur l'environnement et peser positivement sur ce dernier tout en garantissant un confort au sein du bâtiment pour ceux qui l'utilisent.

¹ M.BENABBAS, D.DJAGHROURI, R.AFREN, PATRIMOINE ET DEVELOPPEMENT DURABLE DANS LE CONTEXTE ALGERIEN:UNE DUALITE COMPLEMENTAIRE OU OPPOSEE ? Courrier du Savoir – N°24, Septembre 2017, pp.09-18, Université Mohamed Khider – Biskra, Algérie, 2017. Page 09.

² ICOMOS France Euromed Heritage, Le patrimoine : un modèle de développement durable. Quelles performances énergétiques pour le patrimoine architectural et urbain en Europe et en Méditerranée ? Actes du Colloque. Paris, les 4 et 5 octobre 2010, page 17.

³ DAVID RODITI, VENTILATION et lumière naturelles, Edition EYROLLES, Paris, 2011, page 9.

⁴ TIZOUJAR Ouahiba (2012) Disponibilité de l'éclairage naturel en milieu urbain dense, sous la direction de Mr ENSALEM, mémoire de magister, EPAU d'Alger, page 2

Afin d'établir un rapport satisfaisant entre le bâtiment et son entourage extérieur, et de générer un environnement intérieur sain et confortable, l'intégration de la démarche de la haute qualité environnementale est la solution désirée. Une recherche de confort optimal (thermique, acoustique et visuel) des usagers doit être présente dans chaque projet de construction ou de réhabilitation.

« L'architecture est le jeu savant, correct et magnifique des volumes sous la lumière. » C'est ainsi que Le Corbusier définissait l'architecture dans les années trente, démontrant le rapport entre les bâtiments et la lumière qui les marque et les traverse. Le bâtiment doit créer par son enveloppe (forme, matériaux, ouverture ...) un micro climat satisfaisant qui garanti les besoins du confort thermiques, olfactifs et visuels au cours de l'année.

Tout cela s'avère compliqué à effectuer vu la multitude de paramètres et de changements climatiques journalières et saisonnières. Chaque espace nécessite un certain nombre des exigences et de paramètres pour qu'il puisse répondre à sa vocation.

Parmi les types de confort qui nous intéresse est défini par une qualité d'éclairage optimale, ainsi un espace est considéré comme confortable, selon (ROULET, 2008), « Si on arrive à donner un éclairage adapté à l'activité dans un champ visuel, en évitant des contrastes trop marqués, notamment l'éblouissement ».

Cet engagement peut se réaliser par la prise en compte de paramètres environnementaux soit climatiques d'une part et des dispositions morphologiques urbaines et architecturaux d'autre part. L'homme a créé des dispositifs qui lui permettent de bénéficier de rayons solaires en hiver et de se protéger en été, ils sont pensé comme un outil de stratégie environnementale : éclairage naturel.

La lumière naturelle constitue un élément essentiel générateur de vie sur terre⁵, elle joue un double rôle : usage et esthétique. Cet aspect de l'éclairage, aspect très sensible de l'architecture, est suffisamment inspiration pour penser à s'approfondir dans son étude.

L'usage de l'éclairage naturel aide à la consommation de l'énergie électrique dans le bâtiment, il a été relevé qu'en Europe, 50% de l'énergie consommée est destinée à l'éclairage artificiel. On souligne que d'après la S.I.A : *à flux lumineux égal, l'éclairage naturel amène deux à trois fois moins de chaleur au local que l'éclairage artificiel*⁶. A l'échelle internationale, des chiffres pareils ont suscité un gain croissant pour l'éclairage naturel comme solution efficace

⁵ Reiter Sigrid et De Herde André (2003), l'éclairage naturel des bâtiments édition architecture climatique, Louvain la neuve, 265 pages. Page 15.

⁶ S.I.A (eds), 1990. Le soleil, chaleur, lumière dans le bâtiment. EPFL, Lausanne, extrait de l'article du : BELAKEHAL.A. TABET AOUL.K. 2003. L'éclairage naturel dans le bâtiment. Reference aux milieux arides à climat chaud ET sec. Daylighting in buildings. Reference to hot arid lands. Courier du savoir N°04, Juin 2003, pp. 03-13. Université Mohamed Khider – Biskra, Algérie, 2003, page 03.

pour l'économie et la normalisation de l'usage de l'énergie dans le bâtiment. Il est considéré comme une des stratégies indispensables des conceptions bioclimatiques, solaires passives et/ou de haute qualité environnementale, L'Algérie est en face de contraintes qui sollicitent une sévère attitude vis-à-vis du problème de l'éclairage naturel. L'Algérie possède des potentialités très valables et des occasions exceptionnelles, à savoir : 1) l'ensoleillement excessif et donc la disponibilité d'un éclairage favorable à longueur d'année sur la plupart des régions du pays, et 2) l'héritage d'un patrimoine urbanistique et architectural vernaculaire attestant l'existence d'un très riche répertoire référentiel de stratégies spatiales relatives à l'éclairage naturel.⁷

“Si j'avais à choisir parmi les étoiles pour comparer, le soleil lui-même ne saurait éclipser la lumière du verbe que tu caches. Aucun lieu sacré ni aucune capitale ne sauraient réunir ce que, chaque matin, le lever du jour t'offre comme guirlande”, avait écrit Himoud Brahim, dit Momo.

Le patrimoine est le résultat de la diffusion d'une somme de savoir-faire dans tous les domaines de la vie ordinaire, ce sont les empreintes de périodes réputées laissées en héritage d'une génération à l'autre. Le terme patrimoine regroupe sous la même vignette un ensemble de valeurs complémentaires et/ou contradictoires qui fait le lien et/ou est à l'origine d'oppositions revendicatives entre les populations qui vivent sur un territoire donné, limité par des frontières qu'on désigne par le mot pays.⁸

Alger, la ville millénaire et matrice des tissus, est dotée d'un paysage urbain et d'une production architecturale riche et variée, en effet, les styles se succèdent, et bien qu'ils aient eu à s'affirmer l'un contre l'autre, les deux expressions traditionnelles et coloniales se bordent à travers les maisons à patio, les équipements et les immeubles coloniaux...etc. La diversité de langage architectural qu'a connue la ville d'Alger, issue de différentes époques historiques qui constitue un témoin de l'existence de différentes civilisations et colonisations.⁹

La médina d'Alger « la Casbah » après son classement sur la liste du patrimoine national en 1991 et un classement sur la liste du patrimoine mondiale depuis 1992, est dotée d'un plan permanent de sauvegarde et de la mise en valeur des secteurs sauvegardés (PPSMVSS).

Notre objectif est de focaliser sur les deux axes qu'on considère les périodes apogées de l'architecture de la médina d'Alger à savoir l'architecture Ottomane et coloniale, ces deux (02)

⁶ BELAKEHAL.A. TABET AOUL.K. 2003. L'éclairage naturel dans le bâtiment. Reference aux milieux arides à climat chaud ET sec. Daylighting in buildings. Reference to hot arid lands. Courier du savoir N°04, Juin 2003, pp. 03-13. Université Mohamed Khider – Biskra, Algérie, 2003, page 03

⁷ **Djaffar LESBET**, Patrimoine national : entre accommodements et paradigmes des concepts, dossier Patrimoine, visions croisées. Vies de villes = Numéro 09 Mai 2008, page 68

⁸ MAGRI ELOUADJRI Sahar (2006). « Rapport entre éclairage naturel et confort thermique dans les milieux à climat chaud aride », sous la direction du Mme BOUSSOUALIM Aicha. Mémoire de magister, EPAU, Page II

civilisations ont laissé leurs traces en architecture et en urbanisme, le passage du style traditionnel ‘système d’introversion’ au style colonial ‘système extroversion’, et la matérialisation de l’éclairage naturel dans le bâtiment est notre objectif de recherche. Ce que nous intéresse n’est pas le style mais le mode d’acheminement de la lumière naturelle ainsi que les différents dispositifs utilisés pour la capter et la transférer à l’intérieur des pièces.

A travers cette étude, nous essayerons de cerner cet apport datant de la période ottomane et coloniale tout en étudiant et évaluant l’éclairage naturel dans l’architecture résidentielle ottomane et coloniale XVIII^{ème} XIX^{ème} siècle.

Dans le cadre de recherche menée sur l’éclairage naturel, nous nous poserons la question du comportement de la lumière naturelle à l’intérieur des pièces ainsi que le rôle de différents dispositifs d’éclairage naturel à l’amélioration de la qualité d’éclairage des espaces tout en les vérifiant à l’aide de la simulation numérique.

➤ **Problématique générale de recherche :**

L’Algérie dispose un patrimoine urbanistique et architectural vernaculaire et colonial témoignant l’existence d’un très riche répertoire marquant les stratégies spatiales relatives à l’éclairage naturel, une bonne maîtrise de ce dernier permet de réduire la consommation énergétique « électrique » consacrée à l’éclairage.

Notre travail s’inscrit dans une optique globale de recherche qui vise à répondre à la préoccupation suivante :

« Quels sont les différents paramètres influençant l’éclairage naturel à l’intérieur des pièces ? Est-ce que le style architectural joue un rôle en termes d’éclairage intérieur ? Comment peut-on l’évaluer ? Quelles méthodes ? Quels outils ? »

Afin de cerner notre problématique concernant l’évaluation de l’éclairage naturel dans les immeubles de XVIII^{ème} XIX^{ème} siècle, on pose des questionnements dont :

- Quels sont les dispositifs d’éclairage naturels utilisés dans la période Ottomane et coloniale afin de garantir un niveau d’éclairage suffisant dans les pièces ? Sont-ils bien mesurés afin de répondre à leurs vocations ?
- Quel apporte de nouveau (l’architecture coloniale) en termes d’éclairage naturel ? le passage de l’introvertie à l’extrovertie est-il une solution pour assurer un bon éclairage naturel ?

- La simulation numérique de l'évaluation de l'éclairage naturel, est-elle suffisante pour évaluer le niveau d'éclairement ?

➤ **Hypothèses de départ :**

Les questions établies dans la problématique nous a mené, de sorte assez logique à supposer un ensemble d'hypothèses qui ont pour but d'arriver à évaluer l'éclairage naturel à l'intérieur des pièces,

- La Médina d'Alger (la Casbah) dispose un répertoire riche de dispositifs d'éclairage naturel : différentes civilisations, différents dispositifs d'éclairage.
- L'organisation intérieure et extérieure des maisons traditionnelles / immeubles coloniaux, peut être un des paramètres qui influence l'éclairement naturelle des pièces.
- La simulation numérique est un des outils de vérification de l'éclairage naturel, ses résultats restent à confirmer à l'aide d'autres outils.

➤ **Objectifs de la recherche :**

L'objectif de recherche s'inscrit dans perspective de :

1. La sensibilisation à la préservation du patrimoine, ses ressources ainsi que l'identification de l'architecture traditionnelle et coloniale (typologies et caractéristiques).
2. Comprendre les paramètres liés à l'éclairage naturel à l'intérieur de secteur sauvegardé de la casbah d'Alger.
3. Evaluer le niveau d'éclairement naturel à l'intérieur des pièces, et de déterminer la quantité de la répartition de la lumière naturelle pénétrante, cela à l'aide de la simulation numérique, afin de proposer des recommandations techniques à propos de l'amélioration de l'éclairement intérieur.

➤ **Etapes de la démarche méthodologique adoptée :**

Afin de mener à bien notre travail, et d'aboutir nos objectifs cités précédemment, nous avons choisi pour la méthodologie suivante :

- ✓ La recherche bibliographique relatif à notre thématique a été faite;
- ✓ Un travail de terrain consistant en un relevé afin de finaliser le dossier graphique ;
- ✓ Un travail de modélisation de notre cas d'étude suivi par des simulations numériques concernant l'évaluation de l'éclairage naturel suivi par des commentaires des résultats obtenues.

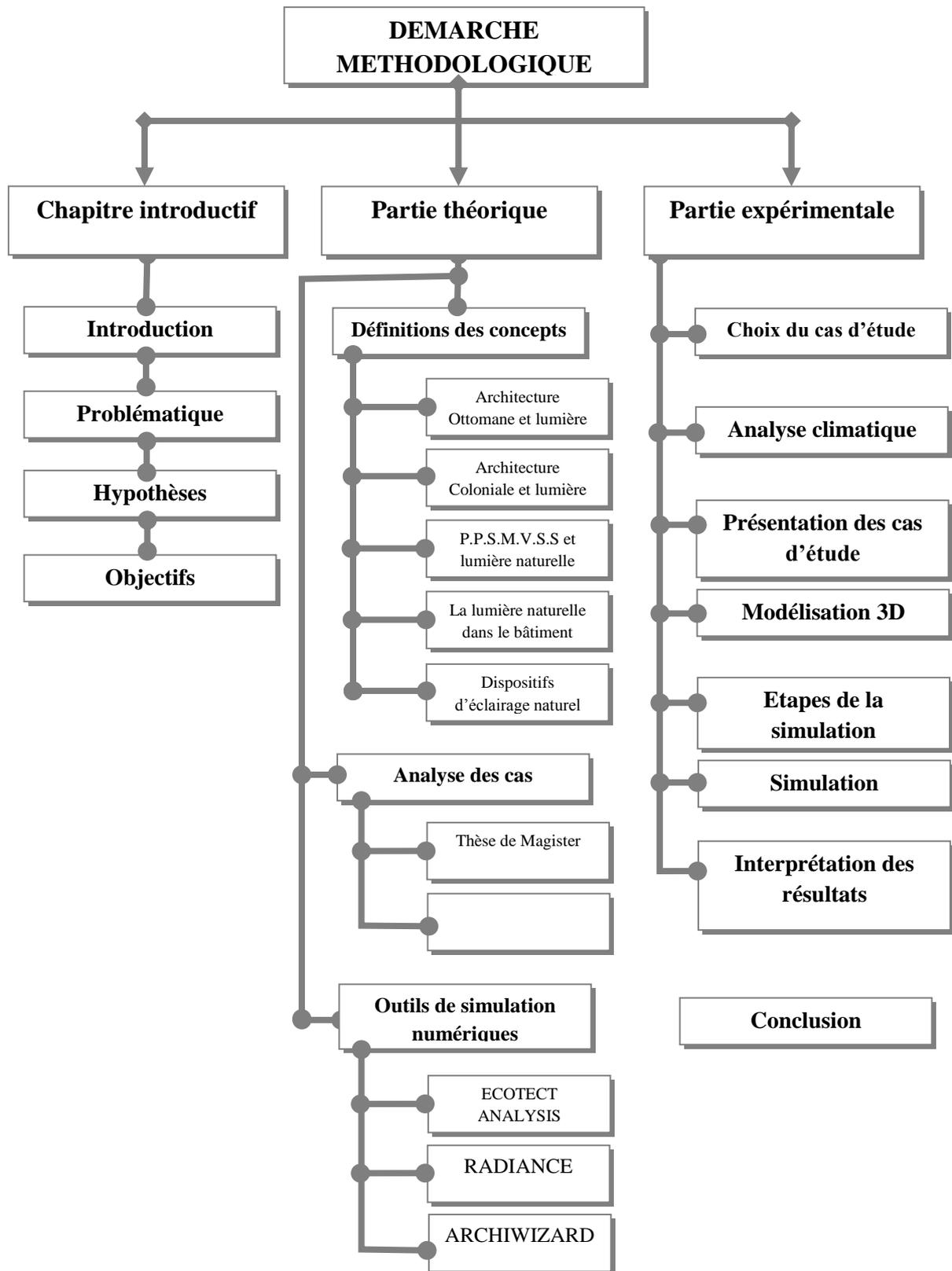


Figure 1 : Démarche méthodologique du mémoire. (Source Auteure).

➤ **Structure du mémoire :**

Nous avons structuré le mémoire en **trois 03 grandes parties** : **En premier lieu**, le mémoire doit être orné en introduction qui présente le thème de recherche ainsi la problématique et les objectifs qu'on doit y aboutir. L'étape suivante, qui est **la deuxième partie**, est consacrée pour l'état de l'art et tout ce qui est recherche bibliographique concernant le thème de recherche à savoir l'évaluation de l'éclairage naturel des immeubles de XVIIIème et XIXème siècle de la casbah d'Alger, nous avons abordé l'apport de l'éclairage naturel dans la période ottomane, coloniale, afin de voir comment la lumière naturelle a été manifestée ? Et quels sont les différents dispositifs qui aident à un bon éclairage des pièces ? Ensuite, nous avons passé à la dimension physique de l'éclairage naturel, et la définition des différents concepts liés à la lumière naturelle, et les différents dispositifs d'éclairage naturel « latéral et zénithal », Ensuite, nous avons analysé les méthodes et résultats obtenues des études de recherches portées sur le même sujet de l'éclairage naturel, en dernier lieu pour la deuxième partie, nous avons présenté les différents méthodes et outils de simulation de l'éclairage. **Une troisième 03ème partie** qui concerne la présentation des cas d'études « maison traditionnelle à patio et immeuble colonial », établir ses relevés « plans et 3D », afin de faire l'évaluation de l'éclairage naturel à l'aide de simulation numérique, puis dans un dernier lieu, les résultats sont analysés et synthétisés. Enfin, nous finirons par **une conclusion**, qui synthétise les résultats obtenues en essayant de donner des recommandations techniques liées à l'amélioration de l'éclairage naturel à l'intérieur des locaux.

L’EVALUATION DE L’ECLAIRAGE NATUREL DES IMMEUBLES DE XVIIIEME ET XIXEME SIECLE. CAS D’ETUDE LA CASBAH D’ALGER	
CHAPITRE 01 INTRODUCTIVE	<ul style="list-style-type: none"> • Introduction générale. • Problématique générale de recherche. • Hypothèses de départ. • Objectifs de la recherche. • Etapes de la démarche méthodologique adoptée. • Etapes de la démarche méthodologique adoptée. • Structure du mémoire.
CHAPITRE 02 ETAT DE L’ART	<ul style="list-style-type: none"> • L’architecture du XVIIIème et XIXème siècle et la lumière. • La lumière naturelle dans le bâtiment. • Configuration architecturale de l’éclairage naturel. • Analyse des méthodes et résultats obtenus des études, recherches et thèses portées sur le sujet. • Méthodes et outils de simulation de l’éclairage.
CHAPITRE 03 ANALYSE ET DISCUSSION	<ul style="list-style-type: none"> • Présentation et Analyse des cas d’étude. • Choix d’outil et méthode de simulation. • Analyse des résultats.
CONCLUSION GENERALE (synthèse et recommandations)	

Figure 2: Structure du mémoire. (Source Auteure).

CHAPITRE II : *ETAT DE L'ART*

INTRODUCTION :

La lumière naturelle est une notion architecturale riche. Elle dévoile un bâtiment par son geste sur les espaces, les formes, les structures, les matériaux, les couleurs et les significations du bâtiment. De plus elle est au cœur de la détermination du geste concepteur : exprimer, c'est à dire poser en lumière, détache de l'ombre.

Nous allons voir dans ce chapitre, l'ensemble de recherches bibliographique qui ont été faite pour une meilleure compréhension et un bon éclaircissement lié au thème de recherche qui est L'évaluation De L'éclairage Naturel Des Immeubles De XVIIIème Et XIXème Siècle. **Dans un premier lieu**, nous allons à expliquer la relation entre l'architecture ottomane et coloniale et la lumière naturelle, d'une manière plus claire, Nous voulons démontrer la manifestation de la lumière naturelle à l'intérieurs des maisons et immeubles durant ces deux périodes. Ensuite, **dans un deuxième lieu**, nous passons aux définitions de base liées à l'éclairage naturel, ses stratégies, ainsi que ses paramètres qui l'influencent. **Après, dans un troisième lieu**, nous définissons l'ensemble de dispositifs d'éclairage naturel et d'acheminement de la lumière naturelle à l'intérieur de pièces. Ensuite, **dans un quatrième lieu**, nous allons analyser des méthodes et résultats obtenus des études, recherches et thèses portées sur le sujet qu'on aborde. Nous finirons par la présentation de différents outils de simulation de l'éclairage naturel dans les locaux.

II.1. L'ARCHITECTURE DU XVIIIème, XIXème SIECLE ET LA LUMIERE NATURELLE.

II.1.1. L'architecture ottomane à Alger et la lumière naturelle :

« Elle est unique, elle n'a pas sa pareille. Aucune autre n'a à la fois cette orientation, cette position, ce climat, cette précise architecture¹⁰ » ANDRE RAVEREAU

La casbah est d'une spécificité urbaine et architecturale, son originalité est certainement due à son implantation sur la pointe la plus avancée de tout le nord africain. Ses potentialités physiques et sa morphologie de forte pente ont favorisé le développement d'un tissu découpé en cubes, collés les uns aux autres. L'imbrication des maisons formant des îlots structurellement considérés comme une macrostructure qui donne une forme urbaine des plus spécifiques.

La casbah d'Alger, n'ayant aucune alternative de s'accroître, le fera en densité et en hauteur, et cela a participé à lui donner son spécificité assez originale, enfermée dans ses murs, pouvant ni avancer ni reculer, Dans sa géographie, elle comprend dans le micro-climat d'une orientation protégée et favorable, de chaque terrasse de la ville, aucune ne venant gêner l'autre, on voit généreusement la mer.

Le tissu organique dense est composé de valeurs historiques attachées à son parcellaire, son système viarie soulignée par les sabbats et une typologie architecturales (patio, alwi, chbak) constructive parfaitement hiérarchisée.

Le soleil peut être distingué parmi les sens d'orientation (direction) par son utilisation lors de la planification des villes et de l'établissement de bâtiments. Le mot orientation lui-même rappelle l'orient, c'est-à-dire l'emplacement de l'est lié au lever du soleil¹¹.

Le site de la Casbah est situé du côté est-sud-est, ce qui présente plusieurs avantages tant au niveau des espaces urbains que des bâtiments. La maison de la Casbah est de deux étages avec une cour centrale ouverte. Cette dernière est entourée d'arcades couvertes. Les pièces longues et étroites occupent essentiellement les parties périphériques de la maison. Chaque chambre dispose d'une porte centrale large et de deux petites fenêtres de chaque côté de cette porte. Les fenêtres sont généralement évitées sur les murs extérieurs. Les dispositifs d'éclairage naturel dans l'architecture résidentielle de l'époque ottomane sont donc essentiellement du type zénithal et latéral « patio et fenêtres ». Sur la terrasse, une pièce 'El Manzah' est construite avec de grandes baies vitrées orientées au sud avec un large vu sur la mer bleue.

¹⁰ RAVEREAU.A. La Casbah d'Alger, et le site créa la ville. Edition Sindbad, Paris, 1989, Page 33.

¹¹ Ibidem, RAVEREAU.A, Page ...

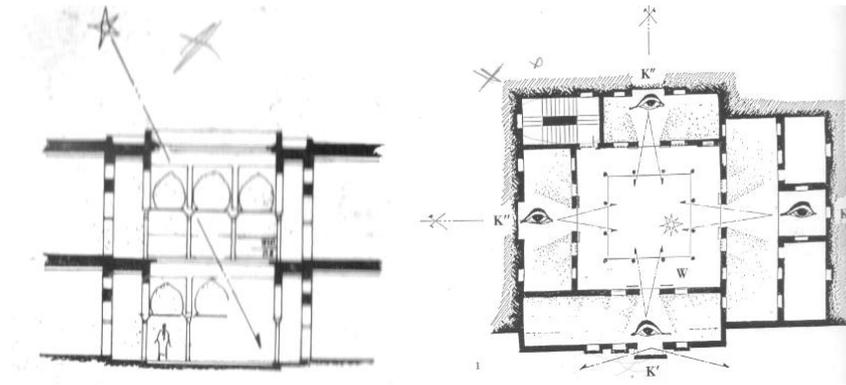


Figure 3: Pénétration de la lumière naturelle à l'intérieur de la maison traditionnelle.
Source : RAVEREAU.A

Adapté au climat et à la topographie en pente de la casbah, le patio « wast-al-dar » détient le rôle de régulateur thermique, permettant l'aération et l'éclairage naturel de différents espaces. La cour à ciel ouvert introduit la centralité géométrique lumineuse comme caractéristique topologique au sein des résidences algériennes de l'époque ottomane. A partir du patio, source de lumière naturelle située au centre de la maison, et en allant vers l'intérieur des pièces périphériques après avoir traversé les galeries, l'environnement lumineux accuse un dégradé visuellement perceptible¹².

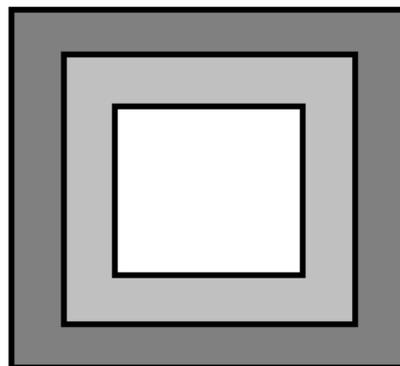


Figure 4: Schéma représentant la composition en plan de l'environnement lumineux dans l'architecture résidentielle : une série d'anneaux radioconcentriques de niveaux d'éclairage lumineux décroissants en allant du patio vers les pièces périphériques (Source : AZEDDINE BELAKHEL).

Egalement, la porte flanquée de deux ouvertures sur les côtés avec des claustras au dessus implique une axialité transversale dans les pièces périphériques donnant sur le patio. A partir de l'axe formé par la porte d'entrée et le fond de la pièce matérialisé par le mur défoncé (*K'bou*), il

¹² BELAKEHAL Azeddine*, BENSALÉM Farid** et TABET AOUL Kheira**, L'ECLAIRAGE NATUREL DANS L'ARCHITECTURE DE LA PERIODE OTTOMANE EN ALGERIE, *Laboratoire de Conception et de Modélisation des Formes et des Ambiances Urbaines et Architecturales (*LACOMOFA*), Département d'architecture, Université KHIDER Mohamed Biskra, BP 145 RP, 07000 Biskra, Algérie, **Département d'architecture, USTO Oran, page 13.

est facile de constater que la lumière s'affaiblit en quantité dans la direction des parties latérales de la même pièce¹³.

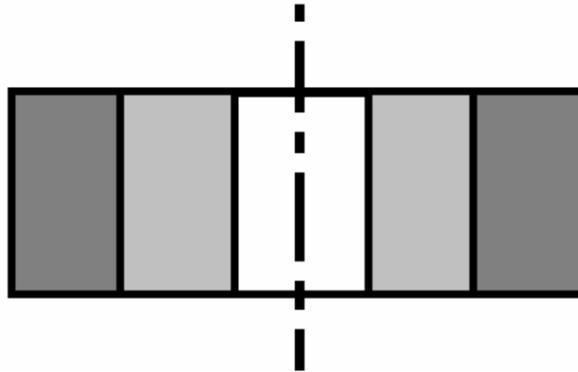


Figure 5: Représentation schématique de la composition en plan de l'environnement lumineux des pièces de l'habitation : une adjacence de zones de niveaux d'éclairage lumineux décroissants en allant de l'axe, formé par la porte et l'alcôve, vers les côtés (Source : AZEDDINE BELAKHEL).

L'observation des divers documents collectés pour chacune de ces bâtisses a permis d'identifier quinze dispositifs assurant l'éclairage naturel des divers espaces intérieurs : 1) cour (ou patio) à ciel ouvert entouré de galeries, 2) cour (ou patio) couvert par une grande coupole et entouré de galeries, 3) double colonnade pour la galerie limitrophe à un espace particulier (salle de réception ou *Diwan*), 4) Puits de lumière pour cuisine, 5) Puits de lumière pour *driba* (grande *skifa*), 6) porte d'entrée des pièces flanquée de deux fenêtres, 7) claustra de plâtre (souvent au nombre de trois) au dessus de la porte d'entrée des pièces, 8) claustra en plâtre (souvent au nombre de un) au dessus des fenêtres de part et d'autre de la porte d'entrée des pièces, 9) petite fenêtre donnant sur l'extérieur éclairant l'alcôve, 10) petite fenêtre donnant sur l'extérieur éclairant l'escalier, 11) fenêtres de formes carrée, 12) fenêtres de forme autre que carrée (arc en accolades, en anse de panier...), 13) petite fenêtre sans claustra au dessus des fenêtres des pièces des terrasses, 14) ouvertures pratiquées dans l'arc même, 15) petite coupole percée d'ouvertures, et 16) moucharabieh¹⁴.

✚ Protection contre le soleil :

La protection contre le rayonnement solaire est assurée par les galeries qui entourent le *Wast al-dar*. Pendant l'été ou le point culminant du soleil forme un angle de 76° par rapport au sol, la galerie (façade sud) projette son ombre sur le mur de la chambre, atténuant ainsi son échauffement. En hiver, au contraire, le rayonnement solaire est le bienvenu, et le soleil étant

¹³ OP, BELAKEHAL Azeddine*, BENSALÉM Farid** et TABET AOUL Kheira**, pages 08 et 09.

¹⁴ OP. BELAKEHAL Azeddine*, BENSALÉM Farid** et TABET AOUL Kheira**, pages 08 et 09.

plus bas avec une hauteur maximale de 30°, pénètre jusqu'au fond de la chambre de l'étage supérieur par la porte et les fenêtres.¹⁵



Figure 6: Dispositifs d'éclairage naturel. (Source Auteure).

- A. La cour (ou patio)** à ciel ouvert entourée de galeries.
- B. Porte d'entrée** des pièces flanquée de deux fenêtres.
- C. Double colonnade** pour la galerie limitrophe à un espace particulier tel que salle de réception ou Diwan dans un palais.
- D. Ouvertures avec Claustra en plâtre au dessus de la porte** d'entrée des pièces.
- E. Ouverture Claustra en plâtre au dessus des fenêtres** de part et d'autre de la porte d'entrée des pièces.

¹⁵ Sakina missoum, Alger à l'époque Ottomane la médina et la maison traditionnelle, édition INAS, Alger, 2003, page 230.

I.1.2. L'architecture coloniale et la lumière naturelle :

La période coloniale se caractérise par la présence d'un patrimoine architectural riche et varié qui a laissé son empreinte dans le cadre bâti de la ville d'Alger.

Le génie militaire « premiers acteurs de la construction coloniale », a détruit une grande partie de la médina d'Alger, pour l'installation des unités militaires et pour abriter les premiers colons. La démolition du tissu préexistant « la casbah d'Alger », a pour objet la restructuration et la surimposition des ilots, pour construire des immeubles algérois selon le modèle français (hausmannien) tout en s'adaptant à la topographie du site ou en méfiant ses courbes de niveau, afin de faire une architecture particulière au lieu. Cette implantation a créé parfois des situations peu avantageuses (chambres mal aérées et peu éclairées du à la déclivité du terrain).

Les transformations coloniales concrétisées par des percements du tissu traditionnel et la restructuration de la partie basse de la médina, possèdent également quelques caractéristiques architecturales de valeur dans de véritables monuments isolés (théâtre, chambre de commerce, bande linéaire voûtée.....).

La configuration spatiale des immeubles du XIX^{ème} siècle dépend de plusieurs paramètres qui influence la qualité de vie à l'intérieur des appartements, on cite : la morphologie du site, climat, orientation et la relation entre « ilot - parcelle, parcelle – immeubles, forme, dimension, gabarit et mitoyenneté».

La personnalisation des ouvertures par un changement dans le rythme des fenêtres, ce qui permettait d'afficher la distribution intérieure en changeant le type d'ouverture selon la nature de la pièce, cela a permis l'apparition des balcons à larges ouvertures qui donnent sur la rue (espace urbain), dans les pièces de réception et les chambres principales, tandis que les cuisines et les pièces secondaires attribuées au domestiques, donnent sur les cours et les puits de lumière afin d'assurer l'éclairage et la ventilation des espaces adjacents. L'exigence de la création des puits de lumière et des courettes à l'intérieur des immeubles pour assurer l'éclairage et l'aération des espaces selon les motifs de la réglementation hygiéniste vers 1900, en effet l'art 16 du décret du 1902 « permet aux propriétaires qui se sont mis d'accord d'avoir des cours communes » sur parcelles mitoyennes.



Figure 7 : Immeuble de la période coloniale sis Rue Larbi Ben M'Hidi (Source : les échos d'Alger).

On résume que les dispositifs d'éclairage naturel des immeubles coloniaux sont de deux (2) catégories qui sont :

- a) **ECLAIRAGE NATUREL LATERAL** : Il s'agit d'un éclairage fourni par une ou plusieurs ouvertures verticales disposées sur une même façade d'une orientation donnée. Cette disposition permet de réaliser des effets de relief et des harmonies de contrastes.



Figure 8 : Eclairage latéral au niveau des immeubles de la période coloniale (Source : site web).

- b) **ECLAIRAGE NATUREL ZENITHAL** : la stratégie de l'éclairage zénithal permet la pénétration de la lumière du jour à l'intérieur des bâtiments, elle est particulièrement utile dans le milieu urbain, il est assuré à l'aide de plusieurs dispositifs d'éclairage zénithal qui sont : cours, atriums, verrières et puits de lumière.



Figure 9 : Eclairage zénithal au niveau de 02 immeubles sis à la rue Larbi Ben M'Hidi. (Source Auteure)

II.1.3. Le P.P.S.M.V.S.S et la notion de l'éclairage naturel:

La Casbah d'Alger, après son classement sur la liste du patrimoine national en Novembre 1991 et un classement sur la liste du patrimoine mondial depuis 1992, est dotée par un plan permanent de sauvegarde et de la mise en valeur des secteurs sauvegardés **P.P.S.M.V.S.S** concernant les édifices, ainsi que celui des tissus dans toutes ces dimensions historiques.¹⁶

La notion de secteur sauvegardé est née : «**Plan Permanent Sauvegarde et de Mise en Valeur des Secteurs Sauvegardés : PPSMVSS** » suite à l'apparition de la loi 98.04 sur le patrimoine et plus précisément de son chapitre III.¹⁷

Le Plan de Sauvegarde et Mise en Valeur définit les règles d'architecture, d'urbanisme et d'aménagement contribuant à assurer la conservation, la restauration et la mise en valeur du bâti et non bâti, des espaces publics et privés constituant l'ensemble urbain compris à l'intérieur du périmètre du secteur sauvegardé. Il est établi conformément aux dispositions de textes de lois suivantes¹⁸ :

- **La loi 98-04** relative à la protection du patrimoine culturel.
- **Le décret exécutif N°05.173** du 30 Rabie el Aouel 1426 correspondant au 09 mai 2005 portant création et délimitation du secteur sauvegardé la « CASBAH d'ALGER ».
- **Le décret exécutif N°03-324** du 09 chaabane 1424 correspondant au 5 octobre 2003 portant modalités d'établissement du Plan Permanent de Sauvegarde et de Mise en Valeur des Secteurs Sauvegardés (PPSMVSS).

a. CONTENU DU PPSMVSS :

L'étude est élaborée en trois phases dont les deux premières sont menées parallèlement¹⁹ :

Phase I : Diagnostic et projet des mesures d'urgences.

Phase II : Analyse historique et typologique et avant projet du Plan Permanent de Sauvegarde et de Mise en Valeur du Secteur Sauvegardé.

Phase III : Rédaction finale du plan Permanent de Sauvegarde et de Mise en Valeur du Secteur Sauvegardé.

¹⁶ PLAN DE SAUVEGARDE ET DE MISE EN VALEUR DU SECTEUR SAUVEGARDÉ DE LA CASBAH D'ALGER, REGLEMENT, Avril 2010.

¹⁷ OP.

¹⁸ OP.

¹⁹ OP.

Il complète et précise les dispositions arrêtées dans les documents suivants composants le plan permanent de sauvegarde et de mise en valeur²⁰ :

- ✚ **Le rapport de présentation** : met en évidence l'état actuel des valeurs architecturales, urbaines et sociales pour lesquelles est établi le secteur sauvegardé et énonce les mesures arrêtées pour sa conservation et sa mise en valeur.
- ✚ **Le règlement** : fixe les règles générales d'utilisation des sols et les servitudes, ainsi que les opérations envisagées dans le cadre de la mise en valeur telles que précisées à l'article 2 du décret. Le règlement doit inclure également, selon le cas, les dispositions de l'alinéa 1er de l'article 18 du décret exécutif n°91-178 du 28 mai 1991, relatif aux modalités d'instructions et de délivrance des divers certificats d'urbanisme.

Par ailleurs, ont été élaborés:

- **Un manuel** des typologies architecturales, techniques constructives et architectoniques servant de guide aux différents intervenants pour les opérations de consolidation et de restauration.
- **Un répertoire des monuments classés** dans le secteur sauvegardé
- **Un répertoire des zones homogènes**

Les documents graphiques y afférant.

Le secteur sauvegardé de la casbah d'Alger est délimité et divisé en **04 UNITES SOUS SECTEUR**, cette division est née afin de faciliter l'intervention sur le secteur²¹.

- a) **Unité sous secteur N° 01 : Tissu Traditionnel à conserver et à restaurer.**
- b) **Unité sous secteur N° 02 : Tissu Colonial à conserver et à restaurer.**
- c) **Unité sous secteur N° 03 : Tissu Mixte à conserver et à restaurer.**
- d) **Unité sous secteur N° 04 : Composition urbaine Singulière à conserver et à réhabiliter.**

²⁰ OP.

²¹ OP.

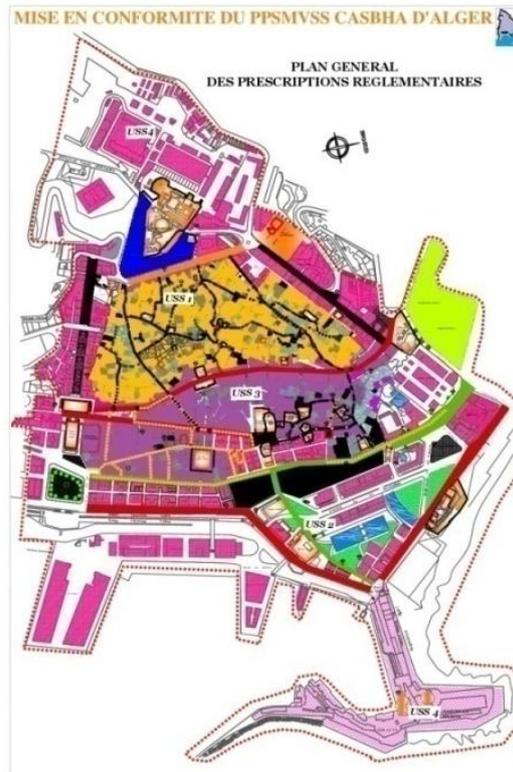


Figure 10: Plan de prescriptions réglementaires général du secteur sauvegardé de la casbah d'Alger source : L'Agence Nationale Des Secteurs Sauvegardés, 17, rue Hadj Omar, DAR EL KADI basse casbah. Voir annexe

b. Le règlement PPSMVSS:

Le règlement PPSMVSS a défini l'ensemble des prescriptions et servitudes générales qu'ils vont être respectés (autorisés ou interdits), lors d'une intervention à l'intérieur du périmètre du secteur sauvegardé de la casbah d'Alger²².

Le ministère de la culture a mis en place l'Agence Nationale des Secteurs Sauvegardés afin de veiller à l'application du **Plan Permanent Sauvegarde et de Mise en Valeur des Secteurs Sauvegardés : PPSMVSS**, l'agence a été créée par le décret exécutif n° 11-02 portant la création de l'agence nationale des secteurs sauvegardés, et est opérationnelle depuis mai 2013²³.

Le **PPSMVSS** ne prévoit aucune disposition dans le règlement des prescriptions générales concernant la notion de l'éclairage naturel dans le secteur sauvegardé quelque soit le tissu : traditionnel, mixte et colonial, mais il a été bien précisé que chaque intervention ou modification à l'intérieur du secteur sauvegardé sans demande de permission est strictement interdite, et cela afin de : garder la même architecture traditionnelle et colonial²⁴.

²² OP.

²³ OP.

²⁴ OP

Notez que :

- Les ouvertures qui ne sont pas conformes à la structure des façades de l'époque de construction doivent être supprimées.
- Les ouvertures modifiées doivent être rétablies dans leurs dispositions antérieures.
- Les percements d'ouvertures nouvelles ne peuvent être autorisés que lorsqu'ils ne constituent pas une rupture de la continuité structurelle et architecturale de la façade considérée.
- Les ouvertures nouvelles seront de formes et de proportions traditionnelles respectant la composition générale de la façade.
- Les grands percements ne sont autorisés au rez-de-chaussée que si la structure primaire et portante de l'immeuble n'en est pas altérée.

I.2. LA LUMIERE NATURELLE DANS LE BATIMENT.

« La clé est la lumière, la lumière illumine les formes et les formes ont un pouvoir

Émotionnel » *Le Corbusier.*

Introduction

L'éclairage naturel est déterminé comme étant « l'utilisation de la lumière du jour pour éclairer les tâches à accomplir ²⁵ ». Si le soleil est la source mère de tout type de lumière naturelle, techniquement l'éclairage naturel global comprend à la fois l'éclairage produit par le soleil, la voûte céleste et les surfaces environnantes. ²⁶

Le soleil constitue notre source énergétique fondamentale, les caractéristiques du système solaire soumettent la terre à des variations saisonnières affectant l'évolution de l'ensoleillement et des températures. Les saisons sont définies comme étant relativement constants du climat. En zone tempérée, les cycles saisonniers varient en fonction de la position relative de la terre par rapport au soleil (Figure 12), avec certain déphasage dû à l'inertie propre de la terre²⁷.

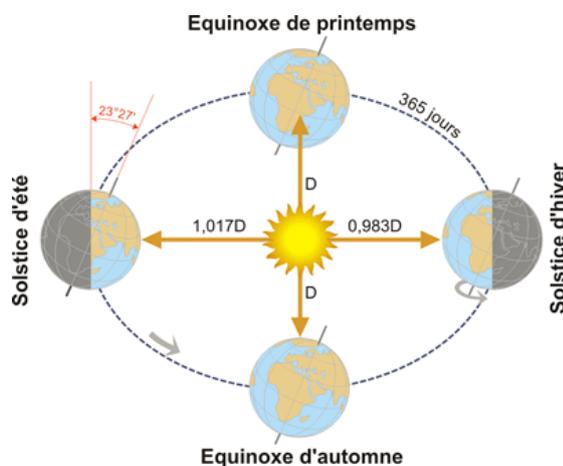


Figure 11: Position de la terre par rapport au soleil au cours de l'année
(Source : <https://www.energieplus-lesite.be>)

²⁵ (W, C, BROWN et K, RUBERG., 1988).

²⁶ MATALLAH.Z. « Etude des effets de l'orientation sur le confort visuel dans les salles de cours avec éclairage naturel latéral, cas d'étude salles de classes de l'université de Laghouat ». Mémoire de magister. Université Mohamed Kheider – Biskra.20.

²⁷ ARCHITECTURE ET CLIMAT, 2012. Site Energie+. In : [en ligne]. septembre 2018. Disponible à l'adresse : <http://www.energieplus-lesite.be/>.

L'enseillement est caractérisé par la trajectoire du soleil et la durée d'enseillement. Les conditions géométriques du système terre-soleil déterminant la position relative du soleil, qui est repéré par son Azimut γ et sa hauteur angulaire α (Figure 13).²⁸

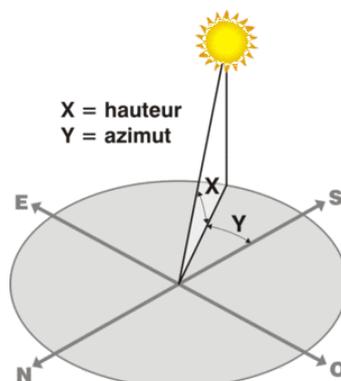


Figure 12:Schéma représentant la hauteur et l'azimut du soleil. Source : E. Mazria.

En un lieu,

- La hauteur " α " du Soleil est l'angle que fait la direction du Soleil avec le plan horizontal. Elle se compte de 0° à 90° à partir de l'horizon vers la voûte céleste.
- L'azimut " γ " du Soleil est l'angle créé entre le plan vertical passant à la fois par le Soleil et par le lieu considéré, et le plan vertical N-S. Cet angle vaut 0° au sud et est conventionnellement positif vers l'ouest et négatif vers l'est.

II.2.1. Paramètres influant l'éclairage naturel :

Plusieurs paramètres influent la qualité et la quantité de la lumière naturelle pénétrant dans l'espace. **Le premier** concerne le site et les contraintes physiologiques de l'homme : le site, les types de ciels, les qualités des matériaux de construction, la relation entre le soleil et la terre, l'heure, la saison, l'environnement extérieur du bâtiment, des contraintes visuelles et de la réaction physique et psychologique de l'homme. Le deuxième ensemble de paramètres concerne les différents éléments architecturaux : la forme de l'enveloppe, la géométrie, l'emplacement et l'orientation des surfaces et des ouvertures.²⁹

II.2.1.1. Paramètres relatifs à l'environnement:

Les paramètres liés à l'environnement sont conditionnés par la position du soleil durant la journée, on cite : le site, la latitude, la saison, l'heure et les types de ciels.

²⁸ ARCHITECTURE ET CLIMAT, 2012. Site Energie+. In : [en ligne]. septembre 2018. Disponible à l'adresse : <http://www.energieplus-lesite.be/>.

²⁹ MAGRI ELOUADJRI Sahar (2006). « Rapport entre éclairage naturel et confort thermique dans les milieux à climat chaud aride », sous la direction du Mme BOUSSOUALIM Aicha. Mémoire de magister, EPAU.

a. Le site (environnement direct du bâtiment) :

○ Le relief d'un terrain peut inciter de l'ombre sur un bâtiment ou au contraire favoriser son ensoleillement. / Géométrie solaire, orientation et inclinaison du terrain.

Les pentes sud jouissent d'une meilleure insolation que les terrains plats.

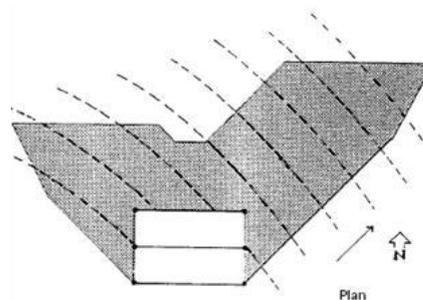


Figure 13: Influence du site sur l'éclairage.

○ La quantité de l'énergie solaire de l'ombrage des bâtiments avoisinants qui forment des masques solaire. Le niveau d'éclairage intérieur diminue suite à l'ajout d'un masque urbain. L'effet dépend de leur hauteur et de la distance qui les sépare du bâtiment.³⁰

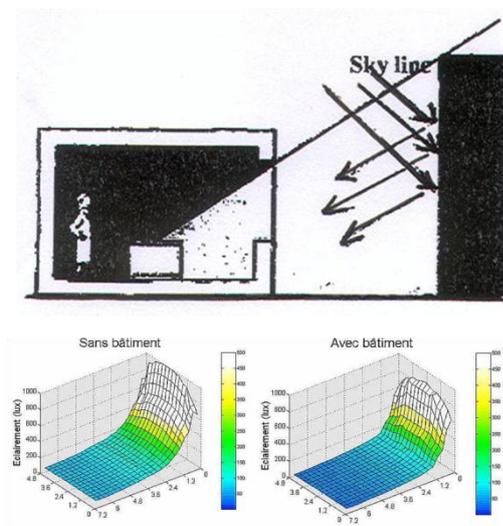


Figure 12: Niveau d'éclairage intérieur (avec et sans masque solaire)

Source : Alain Liébard, André De Herde.

○ la végétation peut être saisonnière, (arbres à feuilles caduques). Elle se contente de filtrer la radiation lumineuse plutôt que de l'arrêter (opacité partielle).

○ Le facteur de réflexion des surfaces extérieures, Les surfaces claires et réfléchissantes accroît la quantité de la lumière. Un sol réfléchissant (dallage brillant ou un plan d'eau) peut participer à

³⁰ Sigrid Reiter et André de Herde. L'ECLAIRAGE NATUREL DES BATIMENTS. UCL Presse universitaire de Louvain. Prix Roberval. 2003.

capter la lumière. Ainsi, l'eau, en réfléchissant le ciel et l'environnement, augmente l'effet lumineux d'un lieu.³¹

b. La latitude :

Caractéristique géographique principale pour déterminer la lumière disponible et l'inclinaison des rayons du soleil.³²

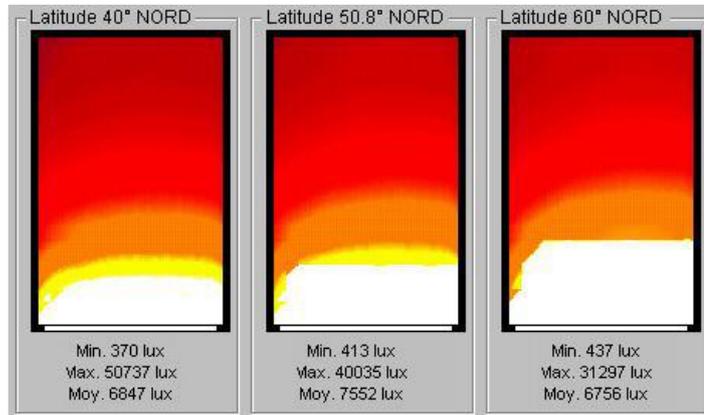


Figure 15: Niveau d'éclairage dans un local selon différente latitude. (15 Mars, ciel clair, début d'après midi, orientation Sud)
Source : Magri sahar

c. La saison :

De l'été à l'hiver, le rayonnement solaire pénètre plus en profondeur dans le local mais le niveau d'éclairage devant la fenêtre diminue progressivement.³³

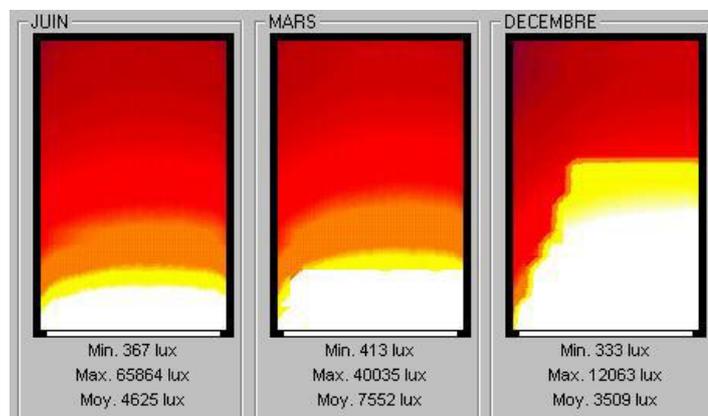


Figure 16: La disponibilité de la lumière en fonction de la saison. (Ciel clair, début d'après midi, orientation Sud)
Source : Magri sahar

³¹ MAGRI ELOUADJRI Sahar (2006). « Rapport entre éclairage naturel et confort thermique dans les milieux à climat chaud aride », sous la direction du Mme BOUSSOUALIM Aicha. Mémoire de magister, EPAU.

³² OP.

³³ OP.

¹¹ Alain Liébard, André De Herde. TRAITE D'ARCHITECTURE ET D'URBANISME BIOCLIMATIQUE, Edition LE MONITEUR, La France 2005.

d. L'heure :

Par ciel clair avec soleil, la répartition lumineuse varie fortement d'une heure à l'autre et d'un point à l'autre du local. Le rayonnement solaire direct induit une tache de lumière qui évolue, au cours de la journée de l'Ouest vers l'Est.³⁴

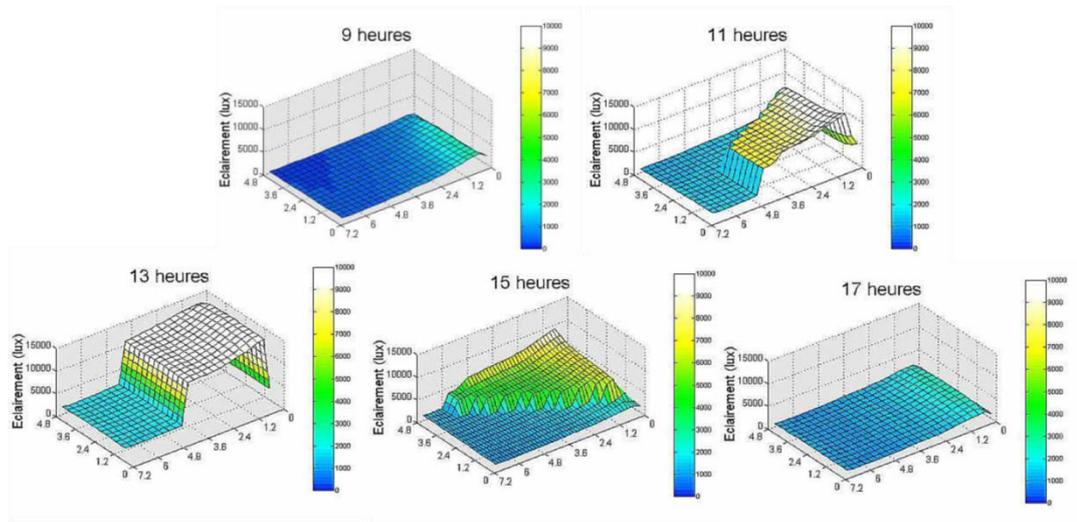


Figure 17 : L'effet de l'heure sur l'éclairage naturel. Source : Alain Liébard, André De Herde.

e. Les types de ciels :

Il existe différents modèles possibles de luminance de ciel à prendre en compte comme données du site d'un lieu déterminé.³⁵ Les quatre types de ciels standards sont représentés par les dessins ci-dessous. La distribution de la luminance est représentée pour chaque ciel par une surface claire d'épaisseur variable, plus elle est épaisse plus la luminance est élevée.³⁶

- **Le ciel couvert uniforme** : Il s'agit du premier modèle utilisé dans les études d'éclairage naturel, il se caractérise par une luminance uniforme indépendante des paramètres géométriques.³⁷
- **Le ciel couvert standard** : C'est le modèle de ciel couvert standard qui est le plus proche de la réalité. Pour celui-ci, la luminance varie en fonction de sa position sur la voûte céleste et sa valeur au zénith est trois fois plus élevée qu'à l'horizon.³⁸
- **Le ciel clair avec soleil** : Dans le cas du ciel clair la meilleure stratégie consiste à ne considérer que le rayonnement solaire direct.³⁹

³⁵OP.

³⁶ OP.

³⁷ OP.

³⁸ OP.

- **Le ciel clair sans soleil** : C'est le type de ciel pour lequel les valeurs de luminance varient en fonction de paramètres géométriques et de la position du soleil.⁴⁰

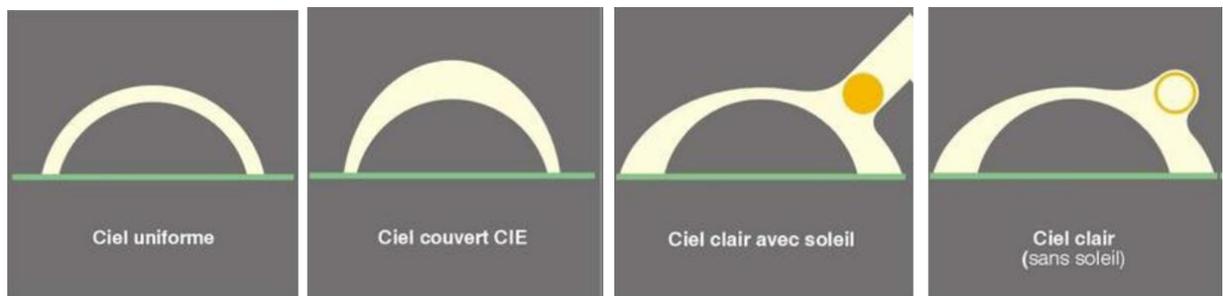


Figure 18: Différents types de ciels. Source : Alain Liébard, André De Herde.

II.2.1.2. Paramètres relatifs au bâtiment:

Ils sont liés:

- **A L'OUVERTURE** (prise du jour, orientation, taille, forme, position).
- **AU LOCAL** (profondeur, hauteur, caractéristiques des surfaces).
- **AU BATIMENT** lui-même, tel que des murs de refends, des surplombs, des protections solaire, qui peuvent provoquer un **OMBRAGE** en fonction de leur réflectivité et de leur orientation.

a. La prise du jour (latéral/zénithale) :

- **L'ECLAIRAGE LATERAL** produit une lumière dirigée, favorable à la perception du relief mais limitée en profondeur.
- **L'ECLAIRAGE ZENITHAL** : mieux adapté à la pénétration de la lumière du jour dans les bâtiments bas et profonds fournissant un éclairage très uniforme et un niveau d'éclairage quasiment identique dans l'ensemble de local.

Association éclairage latéral + un éclairage zénithale = offre un très bon éclairage.

³⁹ OP.

⁴⁰ OP.

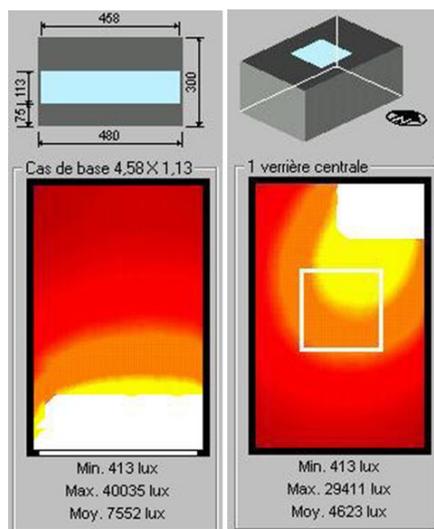


Figure 19:Prise de jour latérale et zénithale. Source : Magri sahar

- Ouvertures **BILATERALES** : Assurent un éclairage plus uniforme et mieux réparti (Disparition des effets du contre-jour).

b. L'orientation des ouvertures

- Les pièces orientées **NORD** : garantissent une lumière égale et un rayonnement solaire diffus, il est préjudice d'orienter les pièces au Nord lorsqu'elles nécessitent une lumière homogène, peu variable ou diffuse.⁴¹
- Les pièces orientées **EST** : bénéficient du soleil le matin cependant le rayonnement solaire est difficile à contrôler 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.⁴²
- Les pièces orientées **OUEST** : garantissent une insolation directe en soirée, il est conseillé d'orienter les pièces à l'Ouest lorsqu'on les souhaite un éclairage doux / d'éblouissement et les gains solaires ont tendance à induire des surchauffes.⁴³
- Les pièces orientées **SUD** : caractérisent par un éclairage important, une lumière plus facile à gérer et un ensoleillement maximal en hiver, ce qui est souvent le cas le plus parfait.⁴⁴
 - **En hiver**, le soleil bas pénètre profondément.
 - **En été**, la hauteur solaire est plus élevée et la pénétration du soleil est donc moins profonde.

⁴¹ MAGRI ELOUADJRI Sahar (2006). « Rapport entre éclairage naturel et confort thermique dans les milieux à climat chaud aride », sous la direction du Mme BOUSSOUALIM Aicha. Mémoire de magister, EPAU.

⁴² OP.

⁴³ OP.

⁴⁴ OP.

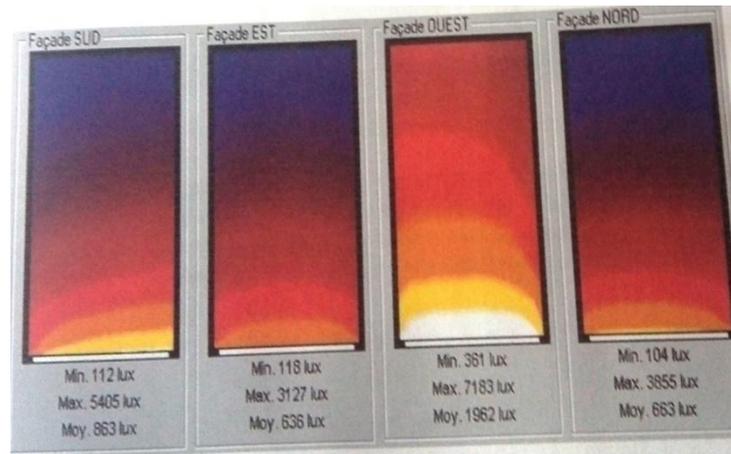


Figure 20: L'effet de l'orientation des ouvertures sur la quantité de l'éclairage naturel 15 Mars, ciel clair, fin d'après midi. Source : Magri Sahar

c. La dimension des ouvertures :

La dimension des ouvertures est un facteur indispensable qui gère la quantité de lumière pénétrante dans les pièces.⁴⁵

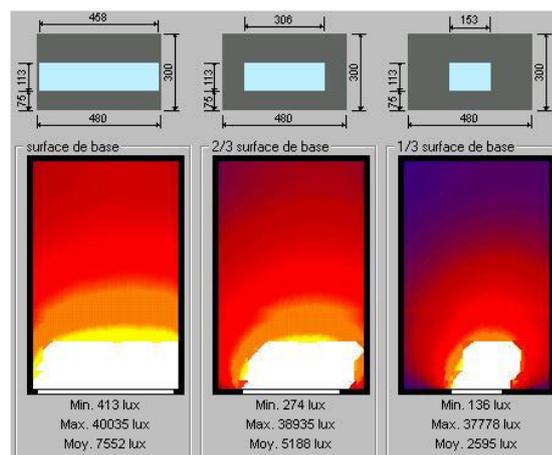


Figure 21 : L'effet de la dimension des ouvertures sur l'éclairage naturel. Source : Magri Sahar

Terminologie de la surface des ouvertures selon '*the reference book for daylighting in architecture*' une terminologie de la taille des ouvertures a été établie.⁴⁶

⁴⁵ OP.

⁴⁶ DEREK PHILIPS. *the reference book for daylighting in architecture*, (2004), Elsevier, Linacre House, Jordan Hill, Oxford OX28DP.

	Surface absolue (m ²)
Petite	SA ≤ 0.5 m ²
Moyenne	0.5m ² < SA ≤ 2m ²
Grande	SA > 2m ²

Figure 13: Terminologie de la surface absolue des ouvertures.
Source: the reference book for daylighting in architecture.

d. La forme des ouvertures:

La forme des ouvertures agit sur la répartition lumineuse dans un local, elles sont classées selon le rapport entre la hauteur et la largeur, coefficient de forme : CF= H/L.

Forme carrée : CF= 1. Forme horizontale : CF= 0.5H. Forme verticale : CF= 2.

Lorsque la largeur de la fenêtre affaiblit : la répartition devient moins uniforme, bien que l'éclairement moyen soit le même. A même surface, une ouverture large éclaire plus en largeur qu'en profondeur, une ouverture de grande hauteur produit l'effet inverse. Deux petites fenêtres au lieu d'une grande : deux taches lumineuses séparées par une zone plus sombre.⁴⁷

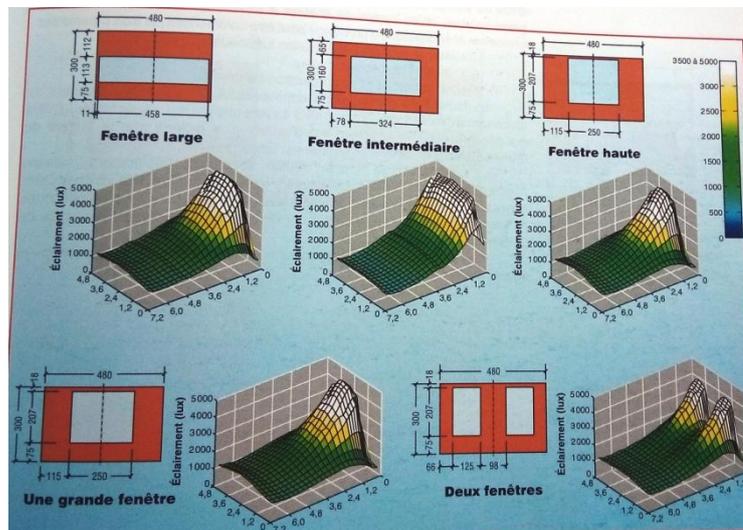


Figure 14: L'effet de la forme des ouvertures sur l'éclairage naturel.
Source : Alain Liébard, André De Herde.

⁴⁷ MAGRI ELOUADJRI Sahar (2006). « Rapport entre éclairage naturel et confort thermique dans les milieux à climat chaud aride », sous la direction du Mme BOUSSOUALIM Aicha. Mémoire de magister, EPAU.

e. L'emplacement des ouvertures :

Plus la fenêtre est élevée, mieux le fond du local est éclairé et plus la zone éclairée naturellement est profonde tandis que la zone près de la fenêtre a un niveau d'éclairage plus faible.⁴⁸

Des ouvertures d'une même surface avec des formes géométriques différentes créent une différente distribution de lumière interne.

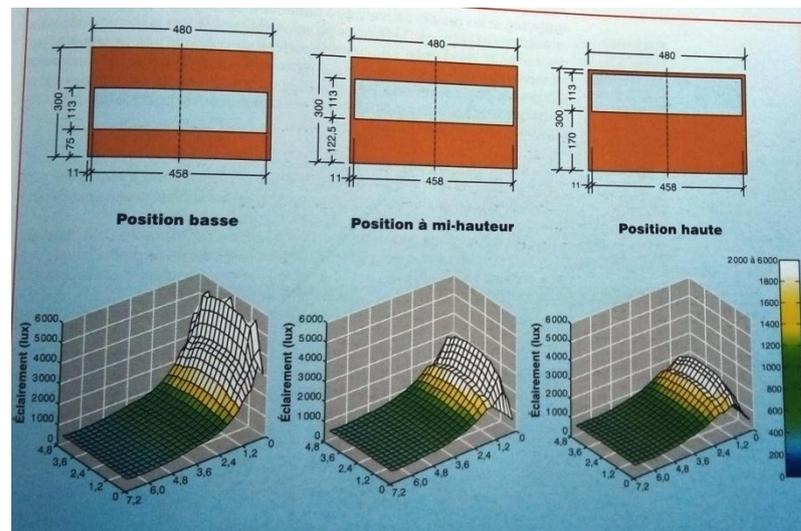


Figure 24: L'effet de l'emplacement des ouvertures sur l'éclairage naturel.
Source : Alain Liébard, André De Herde.

f. La couleur et la nature des surfaces intérieures :

Tandis que les revêtements des surfaces sont mats et clairs et le rayonnement ne rencontre pas d'obstacle dus à la géométrie du local ou au mobilier, la lumière se reflète mieux sur l'ensemble des parois intérieures.⁴⁹

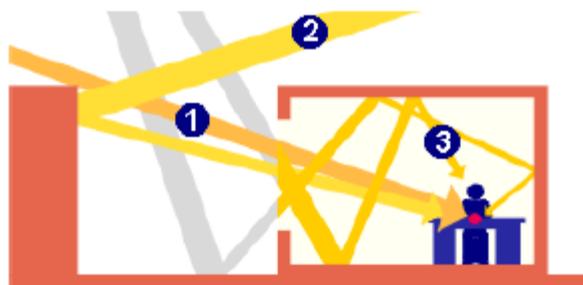


Figure 15: Surfaces claires : Une pièce plus éclairée

⁴⁸ MAGRI ELOUADJRI Sahar (2006). « Rapport entre éclairage naturel et confort thermique dans les milieux à climat chaud aride », sous la direction du Mme BOUSSOUALIM Aicha. Mémoire de magister, EPAU.

⁴⁹ OP.

g. Les dimensions du local :

La profondeur et la hauteur influencent sur le niveau d'éclairage.

La lumière diffuse ne pénètre significativement qu'à une distance double de la hauteur de la fenêtre par rapport au sol, au-delà les niveaux d'éclairage chutent au fond de la pièce.⁵⁰

Afin d'éclairer naturellement toute la surface il faut adopter une faible profondeur. L'effet de réflexion supplémentaire sur le mur du fond est réduit mais permet malgré tout d'améliorer sensiblement le niveau d'éclairage en fond de pièce.⁵¹

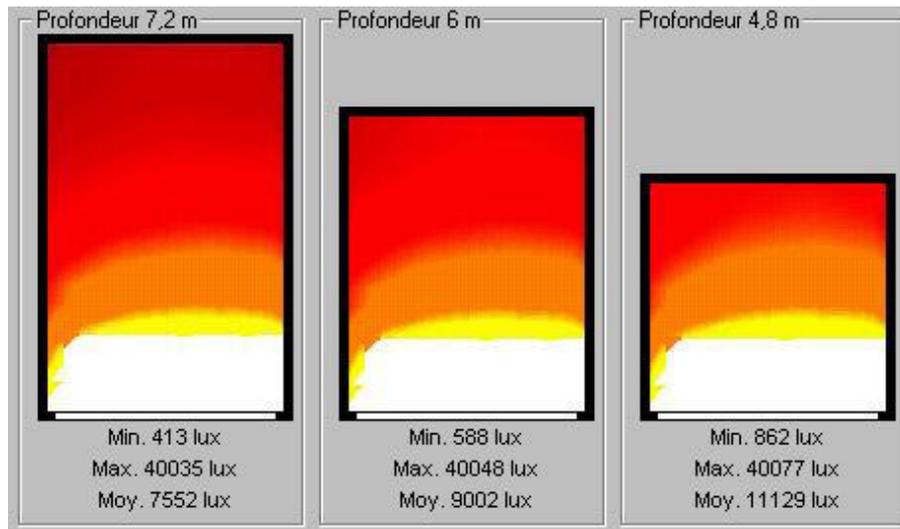


Figure 16: L'effet de la profondeur du local sur l'éclairage naturel. Source : Magri Sahar

La hauteur du local joue un rôle secondaire qui agit sur l'ampleur des réflexions, et il permet des hauteurs de fenêtres plus importantes. Une hauteur différente pour une même taille d'ouverture et une surface identique résulte une très faible différence dans la répartition lumineuse.⁵²

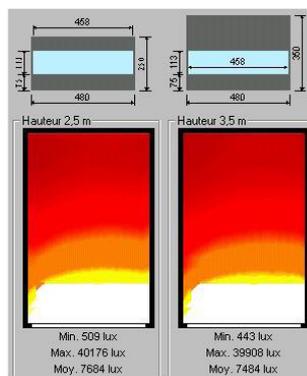


Figure 17: L'effet de la hauteur du local sur l'éclairage naturel. Source : Magri Sahar

⁵⁰ Sigrid Reiter et André de Herde. L'ECLAIRAGE NATUREL DES BATIMENTS. UCL Presse universitaire de Louvain. Prix Roberval. 2003.

⁵¹ OP.

⁵² OP.

h. Le type du vitrage :

La quantité de lumière qui pénètre dans le bâtiment est d'autant plus grande que le facteur de transmission lumineuse d'un vitrage est élevé.⁵³

Les vitrages clairs sont connus pour leur haute capacité à laisser passer la lumière à l'intérieur du bâtiment.

Type du vitrage		Transmission lumineuse (%)
Simple	Clair	90
double	Clair	81
	Clair+basse émissivité	78
	Clair+ absorbant	36 à 65
	Clair+réfléchissant	7 à 66
Triple	Clair	74

Figure 28 : Coefficient de transmission lumineuse pour différents types de vitrages.
Source : Magri Sahar

II.2.2. Stratégies de l'éclairage naturel :

La stratégie de l'éclairage naturel vise à mieux capter et faire pénétrer la lumière naturelle, puis à mieux la répartir et la focaliser. On veillera également à contrôler la lumière naturelle permet de réduire la consommation électrique consacrée à l'éclairage.⁵⁴

- **Capter : RECUEILLIR LA LUMIÈRE**, une partie de la lumière de jour est transmise par les vitrages à l'intérieur du bâtiment, la quantité de la lumière captée dans un local dépend de la nature du type de paroi vitrée, de sa rugosité de son épaisseur et de son état de propreté.⁵⁵
- **Pénétrer : FAVORISER LA PÉNÉTRATION**, la pénétration de la lumière dans un bâtiment produit des effets de lumière très différente non seulement suivant les conditions extérieurs (type de ciel, trouble atmosphérique, saison, heure de jour et dégagement du ciel) mais aussi en fonction de l'emplacement, l'orientation, l'inclinaison, la taille et le type des vitrages. L'éclairage latéral fournit une lumière dirigée qui souligne

⁵³ OP.

⁵⁴ Alain Liébard, André De Herde. TRAITE D'ARCHITECTURE ET D'URBANISME BIOCLIMATIQUE, Edition LE MONITEUR, La France 2005.

⁵⁵ OP.

généralement le relief, mais limitée en profondeur contrairement à l'éclairage zénithal qui est beaucoup plus uniforme, mais possible qu'au dernier niveau des bâtiments.⁵⁶

- **Répartir** : **BONNE RÉPARTITION DE LA LUMIERE NATURELLE**, la lumière se réfléchit d'autant mieux sur l'ensemble des surfaces intérieures des locaux que le rayonnement ne rencontre pas d'obstacles du à la géométrie du local ou au mobilier, et que les revêtements des surfaces sont mats et clairs.⁵⁷
- **Se Protéger et contrôler** : **ARRÊTER PARTIELLEMENT OU TOTALEMENT, GÉRER LA QUANTITÉ ET LA DISTRIBUTION**, la pénétration excessive de la lumière naturelle peut être une cause de gêne visuelle (éblouissement, fatigue) elle peut se contrôler par la construction d'éléments architecturaux fixes (surplombs, bandeaux lumineux ou light shelves, débords de toiture etc...) associés ou non à des écrans mobiles (marquises, volets, persienne ou stores).⁵⁸
- **Focaliser** : **METTRE EN VALEUR**, il est parfois nécessaire de focaliser l'apport de lumière naturelle pour mettre en valeur un lieu ou un objet particulier. Un éclairage zénithal ou latéral haut crée un contraste lumineux important avec l'éclairage d'ambiance, moins puissant.⁵⁹

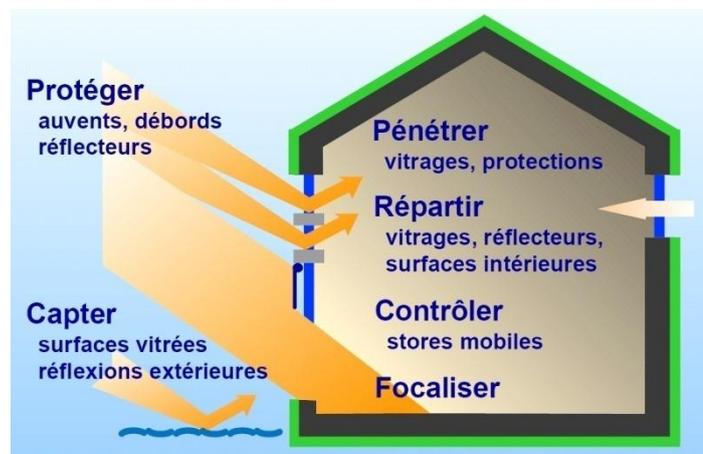


Figure 29:Stratégies de l'éclairage naturel. Alain Liébard, André De Herde.

⁵⁶ OP.

⁵⁷ OP.

⁵⁸ OP.

⁵⁹ OP.

II.2.3. Dimension physique de la lumière naturelle:

Ce sont les phénomènes lumineux objectivement mesurables et quantifiables.

- **Le flux lumineux (lm) :** Le flux lumineux d'une source est la quantité de lumière rayonnée dans tout l'espace par cette source, il s'exprime en lumen (lm).⁶⁰
- **L'intensité lumineuse (cd) :** L'intensité lumineuse est le flux lumineux émis par unité d'angle solide dans une direction donnée. Elle est mesurée en candela.

$$1 \text{ candela} = 1 \text{ lumen/stéradian}^{61}$$

- **L'éclairement :** L'éclairement (E) d'une surface est le rapport du flux lumineux reçu à l'aire de cette surface. L'éclairement dépend de l'intensité de la source lumineuse, de la distance entre la source et la surface éclairée et de son inclinaison par rapport aux rayons lumineux.⁶²

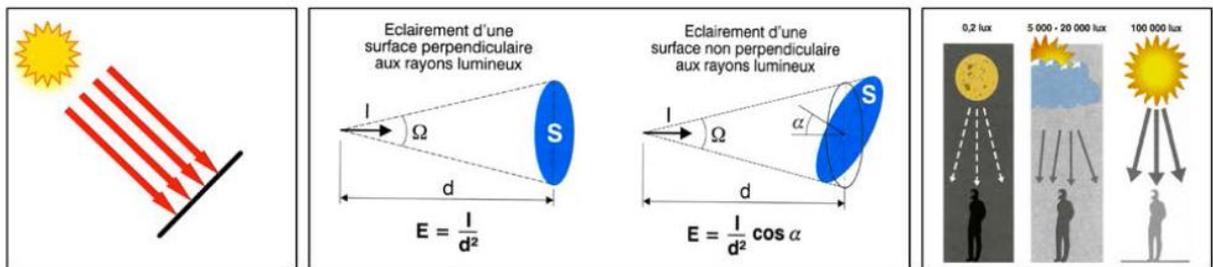


Figure 18: Eclairement lumineux / Rapport éclairement-intensité lumineuse / Exemples de niveaux d'éclairements. Source : Alain Liébard, André De Herde.

L'éclairement caractérise donc la quantité de lumière reçue par une surface. Cependant. Cette grandeur est très difficilement perceptible par l'œil humain. L'échelle des niveaux d'éclairement disponibles naturellement est très étendue: elle varie de 0.2 à 100 000 lx. Le tableau ci-dessous donne quelques valeurs d'éclairement d'une surface horizontale extérieure.⁶³

Source lumineuse	Eclairement (lx)
Pleine lune	0.2
Ciel couvert	5000 à 20000
Ciel clair (sans soleil)	7000 à 24000
Plein soleil d'été	100000

Figure 19: Eclairement des différentes sources de l'éclairage naturel. Source : Alain Liébard, André De Herde.

⁶⁰ Alain Liébard, André De Herde. TRAITE D'ARCHITECTURE ET D'URBANISME BIOCLIMATIQUE, Edition LE MONITEUR, La France 2005.

⁶¹ OP.

⁶² OP.

⁶³ OP.

. Quantité de besoin en éclairage (nature d'activité) :

Le niveau d'éclairage minimal est nécessaire pour une vision claire et sans fatigue. Un éclairage abondant peut également être inconfortable. L'éclairage moyen recommandé est généralement fixé selon la fonctionnalité du local et à la précision de la tâche visuelle qui doit y être exercée.⁶⁴

La quantité de la lumière naturelle exigée dépend de l'activité effectuée dans l'espace. L'exécution visuelle augmente avec la quantité de la lumière, mais l'excédent (1000 lux) et l'augmentation de l'exécution n'est pas significative pour la plupart des tâches. Nous devons fournir l'éclairage nécessaire dans le bon endroit et à la bonne position.⁶⁵

Selon les normes DIN, les quantités de lumière exigées dans les bâtiments résidentiels sont comme suit :

Type d'éclairage	Nature de l'espace ou de l'activité	Eclairage moyen (lux)
Eclairage général	Escalier.	60
	Salle à manger.	120-250
	Chambre à coucher.	120-250
	Bureau.	120-250
	Cuisine.	250
	Cave.	60
Eclairage local	Lecture, écriture.	500
	Couture.	750

Tableau 1 : Conditions d'éclairage (Source NEUFERT, 1983)

L'éclairage naturel en un local comprend trois composantes :

- ✓ La composante du ciel (1): c'est l'éclairage provenant directement du ciel au point considéré.
- ✓ La composante réfléchie intérieure (2) : c'est l'éclairage provenant au point considéré par réflexion des rayons lumineux sur les surfaces extérieures.
- ✓ La composante réfléchie intérieure (3) : c'est l'éclairage provenant au point considéré par réflexion des rayons lumineux sur les surfaces intérieures.

⁶⁴ TIZOUJAR Ouahiba (2012) Disponibilité de l'éclairage naturel en milieu urbain dense, sous la direction de Mr ENSALEM, mémoire de magister, EPAU d'Alger, page 101.

⁶⁵ OP.

- **Surface, profondeur à éclairer et effet lumineux recherché :**

Nous cherchons à travers ce travail à évaluer l'éclairage intérieur afin de trouver la solution la plus performante pour éclairer les espaces les plus profonds.

Les effets d'éclairage que nous chercherons sont :

- **Eclairage en fond de pièce**, effet lumineux physique : c'est un effet qui permet de traiter des problèmes d'utilisation de pièces profondes ou zones centrales de l'espace qui se trouvent éloignées des façades extérieures.

- **Eclairage homogène**, effet lumineux physique : l'éclairage homogène se caractérise principalement par une distribution à faible gradient lumineux, c'est-à-dire où les écarts de facteurs de jour sont inférieurs 5%.

- **Eclairage indirect**, effet lumineux physique : il s'agit d'un éclairage dispensé par des sources secondaires.

- **La luminance :** La luminance (L) est définie comme étant le rapport entre l'intensité lumineuse émise par une source lumineuse dans une direction donnée et la surface apparente de cette source dans la même direction. Elle traduit la sensation visuelle suggérée par une source de lumière principale (soleil) ou secondaire (surfaces éclairées) (Reiter, De Herde, 2004).⁶⁶

- **Température et luminance extérieure :**

« Bien que la position du soleil soit tout à fait prévisible pour chaque emplacement géographique, les conditions atmosphériques sont un peu moins prévisibles. Par conséquent, les conditions du ciel sont extrêmement variables d'une localité à l'autre, de jour en jour, de saison en saison et parfois même d'un moment à l'autre dans la même journée »⁶⁷

« **Ce paramètre est donc lié à la saison et l'heure de la journée, nous simulons l'éclairage durant les solstices d'été et d'hiver durant les journées les plus longues, il s'agit du 21 Juin et du 21 Décembre, et cela à 8h :00, 12h :00 et 18h :00.** »

- **Facteur de lumière de jour:** Le facteur de lumière du jour (FLJ) est défini par le rapport entre l'éclairage horizontal intérieur au niveau du plan de travail et

⁶⁶OP.

⁶⁷ OP, page 98. Tiré du mémoire de : ROUAG SAFFIDINE Djamilia (2001), Sunlight problems within new primary school classrooms in constantine (Algeria), sous la direction du Pr ZEROUALA M.Salah et du co-encadreur Dr MARTIN A. Wilkinson, université MENTOURI, département d'architecture et d'urbanisme.

l'éclairage sur un plan horizontal extérieur simultanément sous un ciel couvert de distribution standard.⁶⁸ **FLJ= E intérieur /E extérieur (%)**

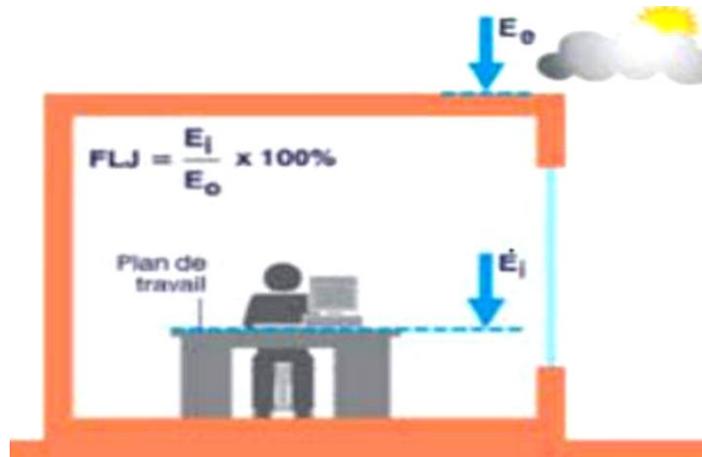


Figure 202:Facteur de lumière de jour. Source : Alain Liébard, André De Herde.

⁶⁸OP.

II.3. CONFIGURATION DE L'ÉCLAIRAGE NATUREL EN ARCHITECTURE.

« Latéral ou zénithal, l'éclairage naturel est toujours une **SOLUTION** »

INTRODUCTION

Le type d'éclairage naturel est défini par la position des prises de jour qui le procure et qui peuvent être placées soit en façade est donc un éclairage latéral, soit en toiture et en entend par là éclairage zénithal, soit les deux à la fois. Si ces deux types d'éclairage ont la même fonction, ils ont en revanche des avantages et des inconvénients différents, pour cela chaque type est plus efficace dans certains espaces que dans d'autres.⁶⁹

II.3.1. Eclairage latéral :

L'éclairage latéral est le type d'éclairage naturel le plus utilisé. Il satisfait simultanément à trois besoins fondamentaux en termes de confort, celui de la lumière, de la vue et de la ventilation. C'est aussi le plus ancien historiquement car il se conforme assez facilement aux contraintes physiques (structurelles et climatiques) de tous temps.⁷⁰

A. Exigences de l'éclairage latéral :

- ✚ Aspects thermiques et éblouissement.
- ✚ Vue sur l'extérieur.
- ✚ Incidences par rapport à l'acoustique.
- ✚ Incidences par rapport à la sécurité.

B. Types d'éclairage latéral :

- i. **Eclairage unilatéral** : La pénétration de la lumière est limitée en profondeur mais elle est directionnelle, ce qui est favorable à la perception du relief. Les ouvertures verticales captent au maximum les apports solaires hivernaux, tout en limitant les pénétrations solaires estivales.⁷¹

⁶⁹ MATALLAH.Z. « Etude des effets de l'orientation sur le confort visuel dans les salles de cours avec éclairage naturel latéral, cas d'étude salles de classes de l'université de Laghouat ». Mémoire de magister. Université Mohamed Kheider – Biskra.20.

⁷⁰ OP.

⁷¹OP.

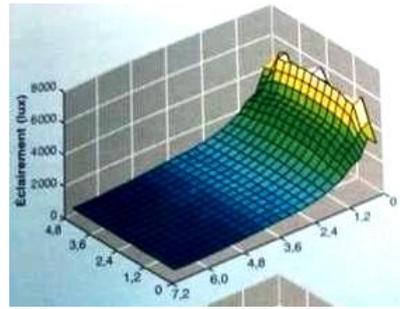


Figure 21: La distribution lumineuse dans un local ouvert d'une manière latérale. (Ouverture Sud)
Source : Alain Liébard, André De Herde.

- ii. **Eclairage bilatéral** : Avec l'éclairage bilatéral, on obtient un éclairage plus uni et mieux répartie que l'éclairage unilatéral. Lorsque la lumière entre par deux côtés opposés, elle participe encore à une excellente pénétration lumineuse dans l'ensemble de la pièce.⁷²

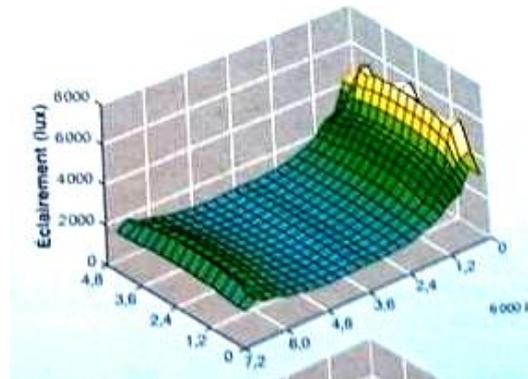


Figure 22: La distribution lumineuse dans un local ouvert d'une manière bilatérale.
(Ouvertures Sud + Nord). Source : Alain Liébard, André De Herde.

- iii. **Eclairage multilatéral** : L'éclairage multilatéral est notamment conseillé dans les espaces nécessitant un éclairage uni ainsi que dans les bâtiments profonds.

Mais il présente certaines contraintes dont la plus importante consiste à augmenter les risques de surchauffe en période estivale ainsi que les déperditions de chaleur en période hivernale.⁷³

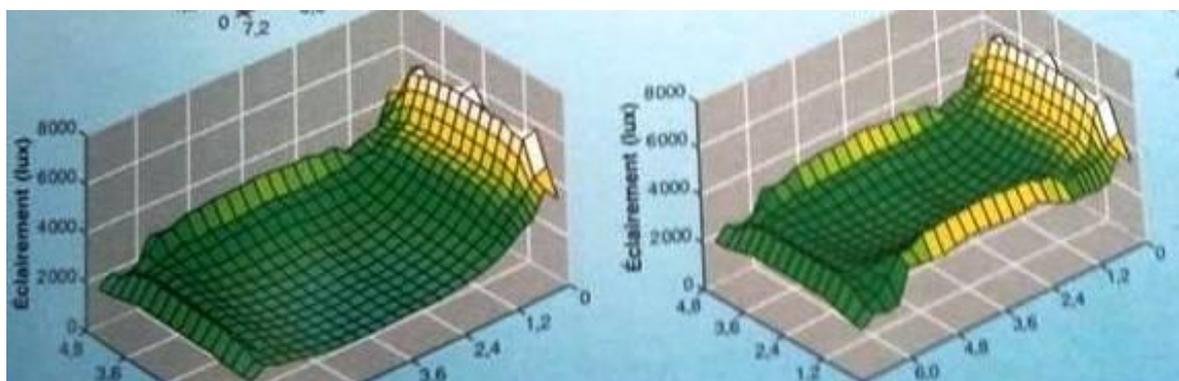


Figure 23: La distribution lumineuse dans un local ouvert d'une manière multilatérale.
(Ouvertures Sud + Nord + Est et Ouvertures Sud + Nord + Est + Ouest).
Source : Alain Liébard, André De Herde.

⁷² OP.

⁷³ OP.

II.3.2. Eclairage zénithale

Le recours à l'éclairage zénithal est indispensable pour les constructions dont la hauteur sous plafond est supérieure à 4,50 mètres. Quant aux locaux de hauteur intermédiaire, de 3 mètres à 4,50 mètres, le choix dépend d'autres caractéristiques à l'image de la profondeur, la largeur et la forme du bâtiment. Si la profondeur du bâtiment par exemple est importante par rapport à la hauteur du local, l'éclairage zénithal sera indispensable afin d'assurer une distribution uniforme des éclairagements intérieurs.⁷⁴

L'éclairage en provenance d'une ouverture située en toiture est nettement plus efficace que celui d'une fenêtre de même surface en façade. Il est donc recommandé de prévoir des dimensions plus modestes dans le premier cas que dans le second.⁷⁵

L'utilisation des puits de jour (**cours et patios**) pour éclairer les pièces sans ouvertures directe sur l'extérieur est une conséquence de la densité du bâti dans la plupart des villes anciennes. L'optimisation des cours intérieures et des puits de jour joue un rôle important dans l'amélioration de l'habitat. En effet, l'insalubrité de certains immeubles est imputable au manque de ventilation et de lumière dans les pièces enclavées. Ces pièces sont souvent des salles d'eau et leur état crée des ambiances malsaines.⁷⁶

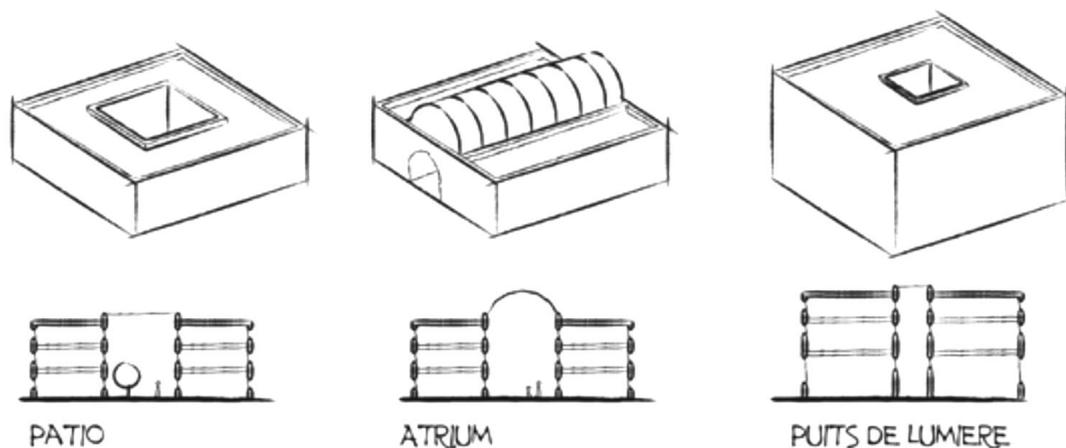


Figure 24 : Dispositifs d'éclairage zénithal. (Source : l'éclairage naturel, les guides bio-Tech⁷⁷)

⁷⁴ TERRIER. Christian et VANDEVYVER. Bernard. "L'éclairage naturel", fiche pratique de sécurité, Paris : ED 82, Travail et Sécurité, (Mai 1999), p1 [En ligne] www.inrs.fr (Page consultée le 20/08/2018).

⁷⁵ DAVID RODITI, VENTILATION et lumière naturelles, Edition EYROLLES, Paris, 2011, page 88.

⁷⁶OP. DAVID RODITI, VENTILATION et lumière naturelles, Edition EYROLLES, Paris, 2011, page 91.

⁷⁷ L'éclairage naturel, les guides bio-tech, groupe de travail de l'ICEB, ISBN EAN : 978-2-911533-12-9, Mars 2014, page 53.

Principe	Avantages	Inconvénients	Mise en œuvre
Apport de lumière naturelle par un volume extrudé plus ou moins grand au cœur d'un bâtiment.	La création d'un atrium/patio au centre d'un bâtiment peut être une solution adaptée dans le cas d'une construction à la géométrie compacte (i.e. carrée).	N'offre pas ou peu de vue sur l'extérieur. L'apport de lumière naturelle chute rapidement d'un étage à l'autre (diminution rapide de la composante directe). Peut poser des problèmes de vis-à-vis et d'intimité.	Préférer cette solution pour des bâtiments peu élevés ou veiller à ce que la largeur du patio/atrium soit supérieure à la hauteur du bâtiment. Veiller à choisir un coefficient de réflexion lumineuse élevé pour les parois et le sol. Préférer un patio ouvert à un atrium fermé qui pourra diminuer jusqu'à 30 % la quantité de lumière naturelle.

Figure 25 : Caractéristiques de dispositifs d'éclairage zénithal.
(Source : l'éclairage naturel, les guides bio-Tech⁷⁸)

La stratégie de l'éclairage naturel zénithal permet la pénétration de la lumière de jour à l'intérieur de bâtiments, elle est particulièrement utile dans le milieu urbain, aménager une cour ouverte au centre de la maison, crée une condition d'un éclairage bilatéral, ceci est particulièrement possible et utile dans les bâtiments avec grande surfaces de planchers et d'assiettes, ou dans le site ou la configuration urbaine est particulière (cas de la casbah d'Alger).

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

Les puits de jour sont donc un moyen de faire pénétrer la lumière de jour à l'intérieur d'un immeubles autrement que par les façades extérieures. De nombreux immeubles de villes méditerranéennes anciennes sont construits autour de patios accessibles depuis la rue. Les pièces donnant sur ces patios sont souvent mieux éclairées que celles donnant sur la rue et elles sont toujours plus tranquilles. Cependant les dimensions de la cour doivent être en relation avec la hauteur de l'immeuble, la taille des fenêtres qui donnent sur la cour intérieure sera déterminée en fonction de leurs emplacements⁷⁹.

Les cours et les patios n'ont pas de toiture et ne souffrent pas de réduction de l'éclairage naturel due à des obstructions et au passage de la lumière au travers d'un vitrage.

L'éclairement d'une pièce qui donne sur un puits de jour dépend surtout de la luminosité des parois, c'est-à-dire de leur capacité de réfléchir la lumière qu'elles reçoivent. Le simple fait

⁷⁸ L'éclairage naturel, les guides bio-tech, groupe de travail de l'ICEB, ISBN EAN : 978-2-911533-12-9, Mars 2014, page 53.

⁷⁹ DAVID RODITI, VENTILATION et lumière naturelles, Edition EYROLLES, Paris, 2011, page 91.

de peindre en blanc des parois en mauvais état peut doubler ou même tripler la luminosité. Ainsi, l'entretien des parois est une priorité.⁸⁰

Comme les cours ne sont pas protégées, il est habituel de trouver des espaces adjacents au bâtiment, servant de transition entre celui-ci et la partie ouverte. Ces espaces peuvent être des cloîtres, des vérandas ou des galeries qui protègent de la pluie ou d'un soleil excessif. Ils permettent d'apporter un certain ombrage aux locaux mais réduisent l'éclairage de ceux-ci.

Cela signifie que si on veut atteindre des niveaux d'éclairage raisonnables, il faudra compter sur la lumière réfléchiée par le sol, en climat ensoleillé, là où le sol est de couleur très claire, on peut atteindre de bons résultats d'éclairage.

Le niveau d'éclairage est déterminé dans les locaux adjacents à la cour (patio) selon les paramètres suivants :

1. Le rapport hauteur / largeur de la cour.
2. Le coefficient de transmission lumineuse du vitrage extérieur de la cour.
3. Le coefficient de réflexion moyen des murs et du sol de la cour.
4. Le rapport surface vitrée / surface opaque des murs de la cour.
5. Le coefficient de transmission et de réflexion lumineuse du vitrage des locaux donnant sur la cour.
6. Les coefficients de réflexion des murs et plafonds intérieurs des locaux.

⁸⁰ DAVID RODITI, VENTILATION et lumière naturelles, Edition EYROLLES, Paris, 2011, page 93.

II.4. ETAT DE L'ART : ANALYSE DES METHODES ET RESULTATS OBTENUS DES ETUDES, RECHERCHES ET THESES PORTEES SUR LE SUJET.**INTRODUCTION**

Nous avons choisi dans ce qui suit une étude qui accomplit notre corpus de recherche, celle qui retient à la notion de l'évaluation de l'éclairage naturel.

Nous avons donc essayé, chaque fois de nous maintenir sur certains travaux dans ce domaine pour soutenir nos propos. Nous n'avons évidemment pas évoquer l'ensemble des travaux existants puisque les études concernant l'éclairage sont nombreuses et leurs centres d'intérêt sont variés.

On cite une :

- Etude sur la Disponibilité de l'éclairage naturel en milieu urbain dense, investigation sur les performances des puits de lumière naturelle. Thèse en vue de l'obtention du Magister en « Sciences de l'Architecture »

II.4.1. Disponibilité de l'éclairage naturel en milieu urbain dense, investigation sur les performances des puits de lumière naturelle, TIZOUIAR Ouahiba, 2012.

La question de la disponibilité de l'éclairage naturel en milieu urbain dense, a été abordée à travers une étude de magister (Tizouiar Ouahiba, 2012).

Après avoir introduit le thème du mémoire qui est « la disponibilité de l'éclairage naturel en milieu urbain dense », une problématique liée à la densité urbaine, au climat, à la qualité d'air et de lumière dans les milieux urbains dense de l'Algérie est posée, où les parcelles sont profondes avec des façades étroites et des fois mal exposées au soleil, et des mitoyennetés sur les différents cotés, engendrant des espaces intérieurs sombres avec minimum d'ouvertures ou sans ouvertures, cela a entraîné une utilisation presque permanente de l'éclairage artificiel qui a augmenté l'apport de la chaleur et la consommation énergétique. Pour cela le recours à l'utilisation de l'éclairage naturel zénithal à travers les puits de lumière qui sont des conduites lumineuses qui transportent la lumière diffuse céleste, par réflexion sur leurs parois réfléchissantes, depuis le toit ou la façade vers un endroit placé plus profondément dans le bâtiment, et à maîtriser leurs performances est l'objet de cet étude.

La démarche adoptée lors de l'élaboration du mémoire était comme suit :

Tout d'abord, une introduction de la problématique de la densité urbaine a été engagée, puis, l'auteur a fait un inventaire d'exemples réels illustré et enrichi par les configurations spatiales concernant les figures urbaines qui constituent des contraintes à l'éclairage naturel, et cela afin de savoir les problèmes confrontés dans ce sens, et les solutions courantes qu'on a l'habitude de préconiser.

Dans un second lieu et sur base d'un état de l'art sur le sujet, l'auteur a essayé de lever et arranger les principaux typologies et systèmes d'éclairage zénithal déjà utilisés, que sont légués par les civilisations précédentes à notre époque, ou utilisés dans les projets contemporains, ou ceux proposés dans des études de recherches.

Puis dans un troisième lieu, et après construction d'un volume conceptuel du sujet, l'auteur a essayé d'approfondir ce cadre d'analyse théorique par la compréhension et l'interprétation des études, recherches et articles traitant le même sujet, et cela afin de déduire les paramètres de performance de chaque type de puits dans les conditions d'un climat chaud.

Sur la base de la classification et les performances ressorties dans les étapes précédentes, l'auteur les a synthétisés dans un quatrième lieu, pour soustraire et proposer les typologies de puits de lumière adéquats à chaque type de contrainte urbaine indiqué dans la première étape.

L'auteur a entamé par la suite la simulation à l'aide d'un des outils de simulation, tout en considérant les cas de figure les plus représentatifs, en l'occurrence une façade exposée, deux façades opposées et éventuellement trois. Nous considérons pour une enveloppe architecturale courante les différentes possibilités d'éclairer les étages inférieurs dans le cas extrême de mitoyenneté.

Ce travail a été validé par des simulations numériques, à l'aide des logiciels suivants : « RADIANCE, SKYVISION, DIALUX, DAYLIGHT ». le coix a été fait suite à la disponibilité et à la maîtrise de ces logiciels.

Etapes de simulation :

1. Localisation, conditions du ciel, et heure de simulation.
2. Modélisation des puits.
3. Caractéristiques du puits et de la verrière.
4. Lancement de la simulation.

Une fois la méthode de simulation et de vérification établie, l'auteur a regroupé après analyse des résultats, les recommandations sur les performances des puits de lumière, en fonction des différentes contraintes, des différents besoins et des degrés de satisfaction.

Résultats de calcul et évaluation de niveau d'éclairage par une simulation numérique :
Bâtiment en R+5 : dans une parcelle carrée, avec une cour en arrière avec verrière (H=18m) et double mitoyenneté, les trois parois sont matérialisées par les murs des bâtiments avoisinants (réflexion = 52%), dimensions : (9x21x18) M³. -12 CAS-

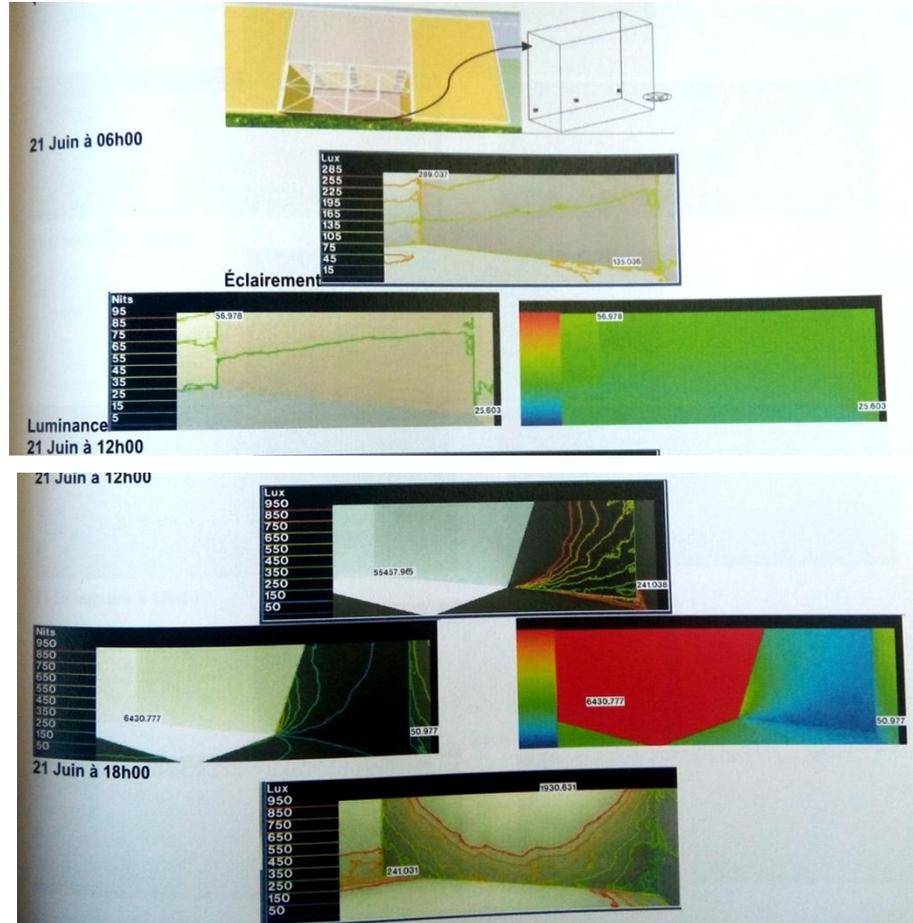


Figure 26: Résultats obtenus de calcul et d'évaluation de niveau d'éclairage d'un bâtiment en R+5 .
 Source : Tizouiar Ouahiba, 2012

✚ Résultats :

Après simulation et synthèse des résultats, il a été constaté que la typologie de puits de lumière la plus performante, c'est-à-dire celle qui permet un meilleur éclairage au niveau de la partie la plus profonde de la façade donnant sur les puits, il s'agit de **la cour derrière un bâtiment de R+5 et la cour centrale avec puits intégré dans les étages intermédiaires d'un bâtiment de R+4**, présentant le même coefficient d'occupation au sol que la précédente, l'efficacité en éclairage de ces deux puits se concrétise lorsque ils sont ouverts sans verrière.

II.5. METHODES ET OUTILS DE SIMULATION DE L'ECLAIREMENT.

L'objectif d'une méthode d'évaluation du niveau d'éclairage lumineux à l'intérieur d'un espace public est de déterminer la qualité et la répartition de la lumière naturelle pénétrante.

L'évaluation de l'éclairage naturel peut se faire à l'aide de cinq types d'outil :

- Méthodes de calcul.
- Méthode graphique.
- Modèle réduit (Maquette).
- Mesures insitu à l'aide d'un luxmètre.
- Logiciels informatique.

Qu'est-ce-que l'évaluation ?

L'évaluation est l'appréciation systématique de la conception, de la mise en œuvre ou des résultats d'une initiative pour des fins d'apprentissage ou de prise de décision⁸¹.

Appréciation : L'appréciation évaluative tient compte de la valeur, du mérite, de la portée, de l'importance ou de la qualité. Elle peut viser à identifier ce qui fonctionne, pour qui, de quelles façons, dans quelle mesure, dans quels circonstances et comment ? Elle peut examiner les résultats attendus et obtenus⁸².

Systématique : Une évaluation devrait être aussi systématique et impartiale que possible. Une évaluation est méthodique et fournit des informations crédibles, fiables et utiles permettant de réintégrer les leçons apprises dans le processus de prise de décision des utilisateurs et des bailleurs de fonds. L'évaluation est basée sur des données empiriques et généralement sur les méthodes caractéristiques de la recherche, donc sur le processus de collecte et de synthèse des données probantes⁸³.

Initiatives : L'évaluation peut se concentrer sur des initiatives comme des programmes, des projets, des sous-programmes, des sous-projets ou leurs composants ou éléments⁸⁴.

Fins : L'évaluation peut être effectuée pour prendre des décisions, pour former des jugements, pour tirer des conclusions, pour connaître les résultats, pour développer de nouvelles connaissances⁸⁵.

⁸¹ <https://evaluationcanada.ca/fr/quest-ce-que-levaluation> consulté le 18/09/2018.

⁸² OP.

⁸³ OP.

⁸⁴ OP.

⁸⁵ OP.

II.5.1. Méthode de calcul :

Il existe une multitude d'outils simplifiés de prédétermination de la lumière naturelle. Ils se présentent soit sous format papier (tables, diagrammes...), soit sous forme de logiciels. Ils ont comme caractéristique commune la restriction des paramètres d'entrée à quelques éléments de conception clés. Ces outils peuvent être très utiles dans la première phase de conception d'un projet. Malheureusement, les outputs de ces méthodes sont en général uniquement quantitatifs, réduits à la situation de ciel couvert et ne donnent jamais d'information sur la qualité de la lumière (aucun rendu visuel). Ils ne permettent donc pas d'analyser des situations complexes ni d'étudier une stratégie lumineuse complète. Il est donc très difficile de réaliser une bonne conception de l'éclairage d'un espace en utilisant uniquement ces méthodes.

II.5.2. Méthode graphique :

Les outils graphiques sont issus des équations de calcul. Ces outils sont passés aussi par l'étape de destination pour conditions ciel couvert puis pour ciel clair, cependant et malgré leur aide considérable pour le concepteur aux premières étapes du projet, le fait qu'ils ne tiennent pas compte de l'éclairement direct par le ciel amènes à ce qu'ils ne peuvent pas prétendre à une significative fiabilité pour la prédiction des éclairagements intérieurs.

II.5.3. Modèle réduit (Maquette) :

L'étude de l'apport d'éclairage naturel sur modèles réduits nécessite des infrastructures spécifiques (ciels et soleils artificiels) pour simuler l'éclairage naturel. Le laboratoire 'Lumière et Bâtiment' du CSTC est équipé de l'appareillage nécessaire pour les mesures et les études sur des modèles réduits. Cette méthode permet de visualiser directement la distribution de lumière dans un espace, ce qui est très utile dans le cadre d'une approche qualitative de la conception et de l'évaluation comparative de différentes options ou interventions. Des mesures sur modèles réduits sont également pertinentes dans le cas de configurations complexes, par exemple lors de l'utilisation de matériaux ou de surfaces dont les propriétés sont insuffisamment précises ou atypiques.

II.5.4. Mesures insitu à l'aide d'un luxmètre :**✚ Le niveau d'éclairement :**

Le niveau d'éclairement, c'est la quantité de lumière qui atteint un objet. Son unité de mesure est le lux et non le watt, qui est la quantité d'énergie produite par une source lumineuse. Le niveau d'éclairement se mesure avec le luxmètre.

✚ Le luxmètre :

Le luxmètre LX200 est un photomètre destiné à la mesure des éclairagements lumineux, il est équipé d'un détecteur photoélectrique et très généralement d'une photodiode au silicium couplée à un filtre afin de modifier sa réponse et de la rapprocher le plus possible de la fonction de référence $V(\lambda)$ définie dans la CIE. LX200 est un appareil portable autonome entièrement automatique conçu pour la mesure de l'éclairage. Pourvu d'une mémoire interne, il permet le stockage de sessions de mesure pour traitement postérieur sur ordinateur de type PC. Il affiche le résultat en Lux ou en Candelas-pieds (footcandle) et permet 5 modes de mesure : l'éclairage instantané, l'éclairage relatif, l'uniformité, l'évolution de l'éclairage en fonction du temps et la cartographie de l'éclairage – représentation spatiale.

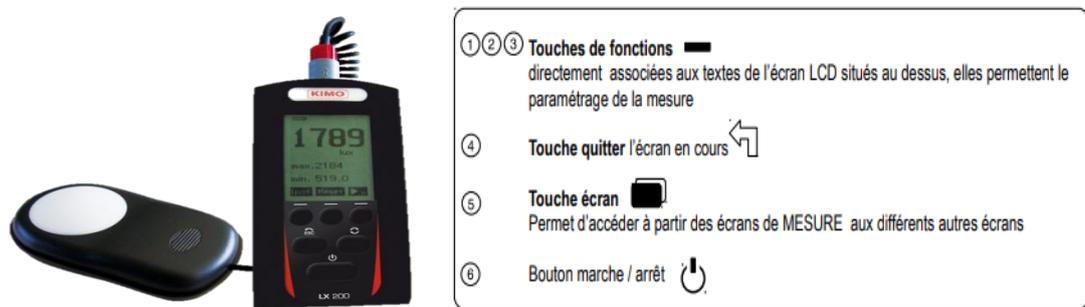


Figure 39: Luxmètre LX 200.

II.5.5. Logiciels informatique :

Les logiciels de simulation informatique de l'éclairage ont connu et connaissent encore une évolution très rapide. Ces outils de modélisation numérique permettent de réaliser une géométrie en 3D des espaces et des objets, d'introduire différentes sources et de calculer ensuite la distribution de la lumière. Les logiciels les plus performants offrent également la possibilité de rendre des impressions visuelles photo réalistes. Grâce à l'intégration du calcul de l'éclairage artificiel et naturel, il est possible de réaliser, dès la phase de conception.

✚ Ecotect :

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

beaucoup plus simple en se connectant par interface à Radiance, EnergyPlus et à beaucoup d'autres outils plus spécialisés.

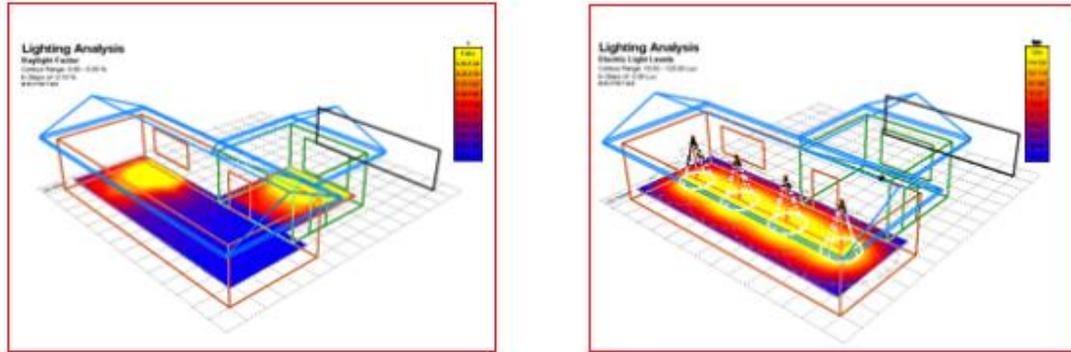


Figure 27: Résultats de simulation sous Ecotect (éclairage naturel, à gauche et éclairage artificiel à droite) (Source : Ecotect Help)

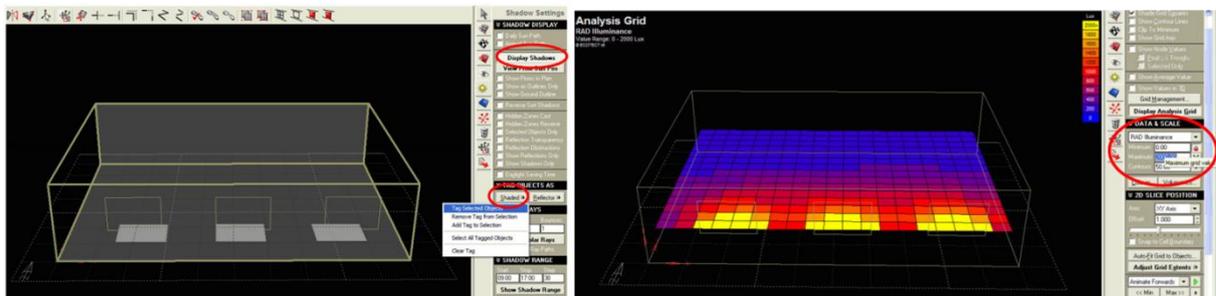


Figure 28: Résultats de simulation sous Ecotect

Radiance :

Le logiciel Radiance est un logiciel de création d'images réalistes sur le plan de la lumière naturelle. Le rendu d'images réalistes avec un niveau de précision et de similitude très fort (entre les résultats d'une simulation numérique de l'éclairage et la réalité).cet outil peut être aussi rattaché à d'autre logiciels de simulation comme Ecotect. Il est caractérisé par une très grande qualité et précision de ses résultats.

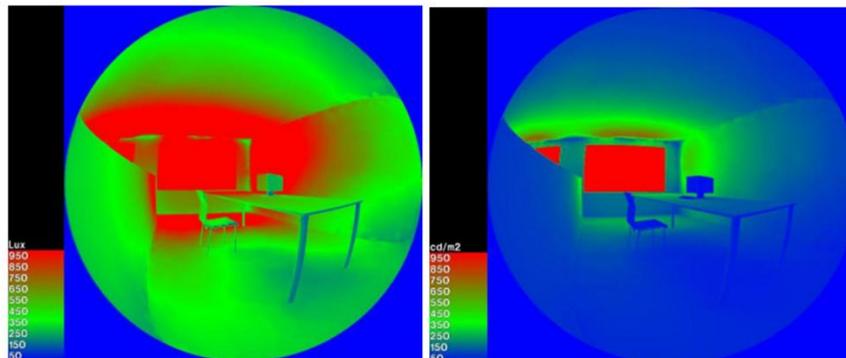


Figure 29: Simulation avec Radiance (à gauche les éclaircements, à droite les luminances)

✚ ARCHIWIZARD, Une réponse innovante et rapide :

Le logiciel ARCHIWIZARD aide à la conception bioclimatique du projet avec des résultats visibles, en temps réel, interactivement selon vos modifications sur le modèle 3D. Il assure une connexion directe avec les principaux modeleurs du marché : Sketchup Pro, Archicad, Revit et bientôt ALLPLAN, il assure un bon accès à la lumière naturelle et un confort visuel optimal dans les projets à l'aide de cartographies d'éclairage précises⁸⁶.

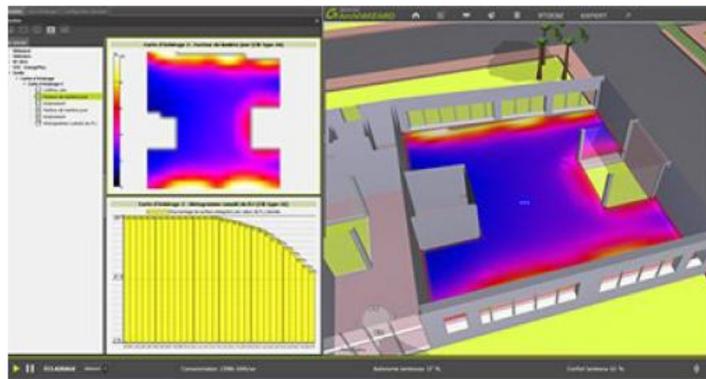


Figure 30: Calcul de l'éclairage naturel et artificiel immédiat et précis.

⁸⁶ <https://fr.graitec.com/archiwizard/> consulté le 18/09/2018.

CONCLUSION

Nous avons mis en avant dans ce chapitre la relation entre l'architecture et la lumière naturelle dans les immeubles de XVIIIème et XIXème siècle, en identifiant les dispositifs d'éclairage naturel qui caractérisent chaque période, ainsi que les paramètres qui influencent le comportement de la lumière naturelle dans un cadre architectural, nous distinguons deux ensembles : Le premier concerne le site et les contraintes physiologiques de l'homme. Ces variables décrivent le site, la saison et l'heure, état du ciel, depuis le ciel serein jusqu'au ciel couvert, le site ou l'environnement direct, Le deuxième ensemble de paramètres concerne les différents éléments d'architecture. Ces paramètres sont l'orientation, la taille, la forme et l'emplacement des ouvertures, les dimensions du local et le type du vitrage, ensuite on a défini les Stratégies liées à l'éclairage naturel. Dans cette même partie, un cadre d'analyse plus approfondie est ensuite exposé à faire un résumé sur une étude porté sur le même sujet et enfin un descriptif sur les outils de simulation de l'éclairage naturel. Finalement, nous avons présenté l'ensemble des méthodes et des outils qui permettent d'évaluer l'éclairement lumineux, et cela dans le but de choisir une méthode et un outil dans le chapitre suivant afin de faire la simulation de l'éclairage naturel.

CHAPITRE III : *ETUDE DES CAS ET ANALYSE.*

INTRODUCTION :

La Casbah, c'est d'abord un cadre bâti, un ensemble urbain traditionnel qui garde les marques d'un savoir faire ancestral en matière de construction et d'architecture. Elle se définit comme un authentique patrimoine architectural et urbain.⁸⁷ Pour maintenir notre étude, nous nous intéressons, dans ce chapitre, à deux cas d'études, le premier cas est une maison traditionnelle de la médian d'Alger, qui se situe dans le périmètre du secteur sauvegardé de la casbah d'Alger et exactement dans l'**Unité sous secteur N° 01 : Tissu Traditionnel**, une maison à patio avec portiques, partiellement introvertie. Le deuxième cas est un immeuble de l'époque coloniale qui se situe dans l'**Unité sous secteur N° 03 : Tissu Mixte, un immeuble de rapport**, la connaissance de ces immeubles dans la matière de l'organisation spatiale et constructive nous aidera dans l'évaluation de l'éclairage qui est notre objectif de recherche.

III.1. Présentation géographique :

III.1.1. Le site, localisation et orientation :

Le « périmètre classé » du secteur sauvegardé de la Casbah constitue le noyau historique du Grand Alger. « Le vieil Alger » se situe sur l'une des deux pointes de la baie d'Alger, la plus favorable pour abriter le port, c'est ce qui explique d'ailleurs, La naissance de cette ville et le développement de son noyau initial à partir de cet endroit. C'est aussi dans la même logique que le croissant de la baie, en amphithéâtre autour de la mer, constitue l'élément permanent de composition de la ville d'Alger. La configuration spatiale du périmètre classé de la Casbah est triangulaire et de forte pente, il s'étend sur une superficie d'environ 70 ha. Le skyline descendant de la citadelle vers la mer, constitué d'un ensemble de constructions adossées l'une contre l'autre, en rapport avec la morphologie de la colline qui surplombe la baie d'Alger, constitue un élément majeur dans la composition frontale du vieil Alger.⁸⁸

⁸⁷ PLAN PERMANENT DE SAUVEGARDE ET DE MISE EN VALEUR DU SITE SAUVEGARDE de la casbah d'Alger, rapport de présentation : Edition finale, G.CNERU, Novembre, 2009, Page 03.

⁸⁸ PLAN PERMANENT DE SAUVEGARDE ET DE MISE EN VALEUR DU SITE SAUVEGARDE de la casbah d'Alger, rapport de présentation : Edition finale, G.CNERU, Novembre, 2009, Page ...



Figure 31 : Délimitation administrative de la commune de la Casbah d'Alger.
(Source : ASKEUR Zineb, Architecte).

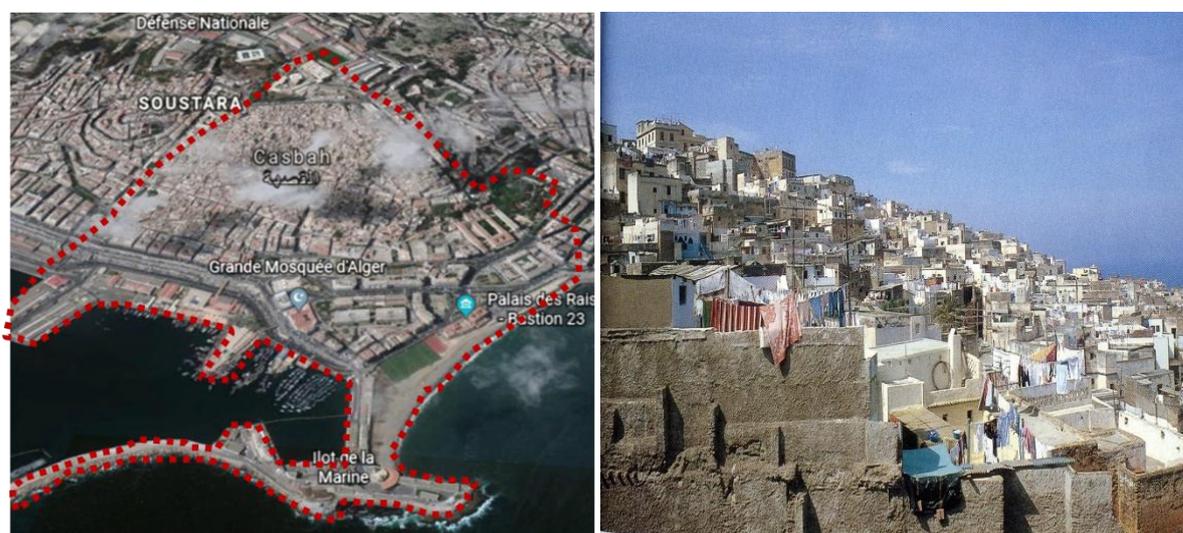


Figure 32 : La Médina d'Alger dans son site naturel. (Source Google Earth).

III.1.2. Implantation :

Le relief d'un terrain ou sa topographie, selon son orientation, peut favoriser l'ensoleillement des bâtiments qu'il contient ou au contraire, porter son ombre dessus. De même, l'éclaircissement d'un terrain en pente dépend de la géométrie solaire, ainsi que de l'orientation du terrain et de son inclinaison. Dans le site de la casbah, l'implantation en escalier suivant la pente du terrain, ouvre à ce dernier une vue imprenable sur toute la baie d'Alger: de même, son orientation sud-est lui permet de jouir du soleil du matin, et une bonne partie de l'après-midi.⁸⁹

⁸⁹ HASSAS Ep. KHALEF Naïma, ETUDE DU PATRIMOINE ARCHITECTURAL DE LA PERIODE OTTOMANE : ENTRE VALEURS ET CONFORT, UNIVERSITE MOULOU D MAMMERI DE TIZI-OUZOU, 30/06/2012.

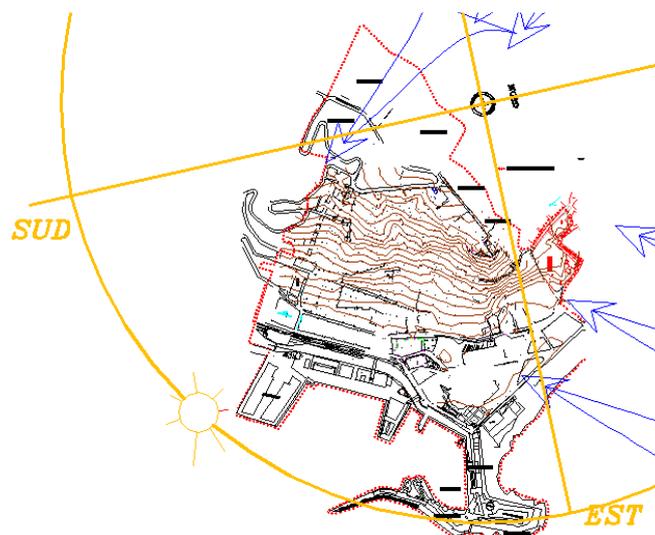


Figure 33 : Colline abritant le site de la Casbah, données physiques. (Source HASSAS Ep. KHALEF Naïma)

III.1.3. Donnée climatiques :

Elle se définit par l'absence des obstacles naturels et artificiel, il bénéficie d'un climat méditerranéen, caractérisé par un hiver doux / humide et un été chaud / sec.

✚ Adaptation au climat :

Située à 37° de latitude Nord, Alger à un climat que l'on pourrait qualifier de subtropical .hivers tièdes, les saisons se succèdent de façon presque imperceptible et le rayonnement solaire est intense. La température moyenne varie de 20 à 28 degrés pendant au moins les trois quart de l'année et l'humidité relative de l'air se situe entre 60 et 90 %. Les vents dominants sont ceux du nord-ouest et du nord-est, ces derniers régnant pendant la période la plus chaude, entre mai et septembre, et les premiers le reste de l'année. La pluviométrie est relativement faible, faible moyenne annuelle de 600 à 700 mm/m².⁹⁰

✚ Climat lumineux à Alger :

En Algérie, les stations météorologiques procurent les indices de nébulosité totale en (octas), la durée d'ensoleillement en (Heure) et les irradiations solaires globales en (wh/m²), mais elles ne mesurent pas les éclairagements lumineux. C'est pour cette raison que les différents climats lumineux existants à travers le pays n'ont pas pu être définis sur la base de mesures réelles.⁹¹

⁹⁰ Sakina Missoum, Alger à l'époque Ottomane la médina et la maison traditionnelle, édition INAS, Alger, 2003, page 229.

⁹¹ BENHARKAT Sarah, (2005-2006), IMPACT DE L' ECLAIRAGE NATUREL ZENITHAL SUR LE CONFORT VISUEL DANS LES SALLES DE CLASSE CAS D' ETUDE : BLOC DES LETTRES DE L'UNIVERSITE

Température :

Les températures moyennes varient entre un maximum de 32°C en été le mois de Juillet et 16°C en hiver le mois de Janvier.



Figure 34 : Température mensuelle moyenne. (Source : Météonorm ; 1991-2010)

Précipitation :

Il pleut environ neuf mois sur douze avec une quantité mensuelle variable, qui atteint son max pendant la saison d’hiver, ou il atteint 100 mm en Décembre pour huit journées avec précipitations et 60 mm en Novembre pour seulement cinq jours avec précipitations.

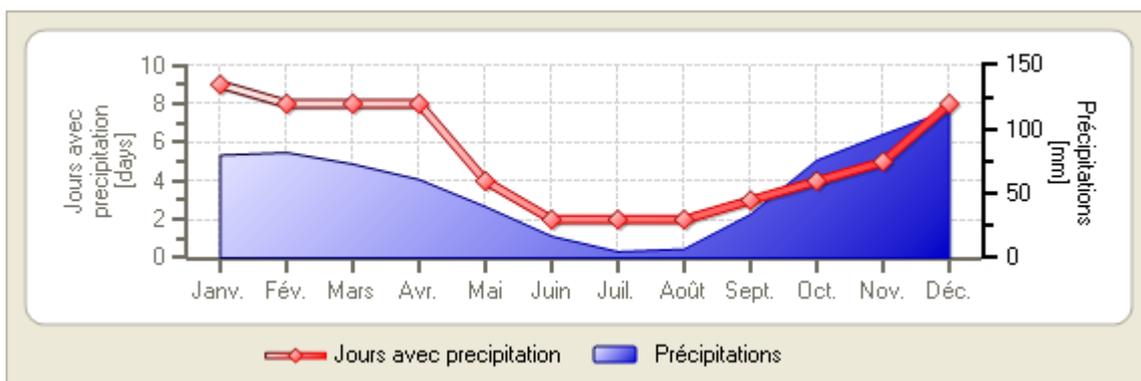


Figure 35 : Précipitation. (Source : Météonorm ; 1991-2010)

Hygrométrie :

L’hygrométrie présente une moyenne annuelle de l’humidité de l’air qui varie entre 48 et 93% elle atteint son minimum mensuel de 40.80% en Juillet et son maximum mensuel moyen de 94% en Février, Mars et Avril.

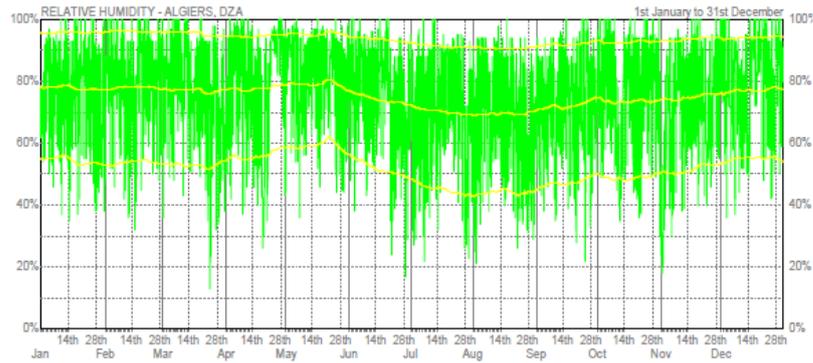


Figure 49 : Humidité relative d'Alger (Source WeatherTool Ecotect Analyses 2011).

Vents :

La région d'Alger subit l'influence des vents variant selon leur fréquence et la saison, nous notons donc la présence de trois types de vents, les vents d'hivers, dominant soufflent de côté Nord-ouest et véhiculent de l'air froid, les vents d'été, ou, les plus dominants sont les vents frais (la période allant de Juin à Aout) soufflant du côté Nord-est et enfin les vents venant du Sud, chaud moins fréquents.

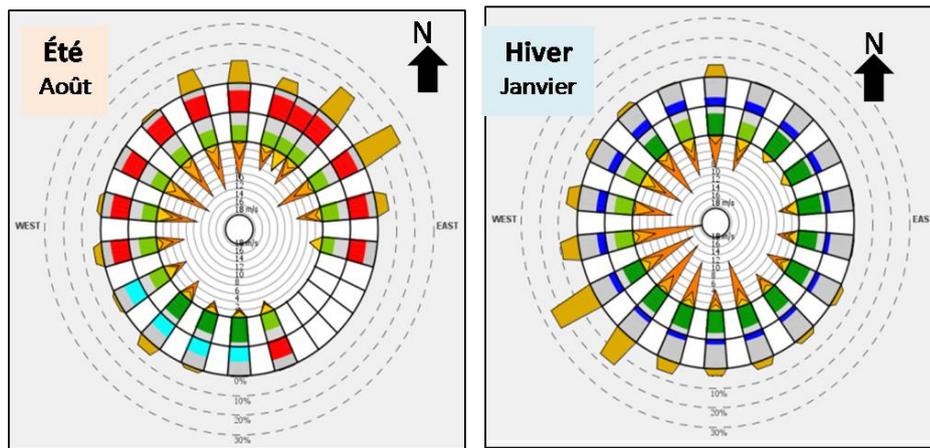


Figure 36 : Vents dominants d'hiver et d'été. (Source Climate consultant 6.0)

Ensoleillements :

Les jours les plus éclairés sont enregistrés durant la période de l'été. Nous y relevons 1260 heures d'ensoleillement mensuel. Concernant la période d'hivers, le nombre d'heures d'ensoleillement est égal à 480 h, avec une durée qui varie entre, le minimum de cinq heures en décembre et le maximum de onze heures en Juillet.

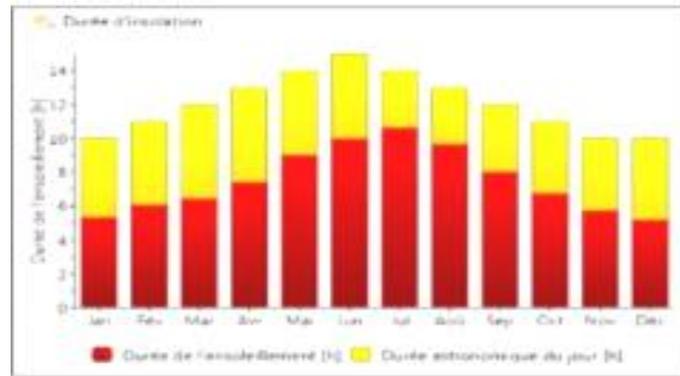


Figure 37 : Durée d'ensoleillement mensuelle. (Source : Météonorm ; 1991-2010)

Rayonnement :

Dans la ville d'Alger, le rayonnement global représente 1840 kWh/m² par an, il atteint son pic pendant le mois de Juillet avec une moyenne de 242 kWh/m². Tandis que le rayonnement diffus présente 672 kWh/m² par an avec une moyenne mensuelle de 80 kWh/m².



Figure 38 : Rayonnement global et diffus mensuel / annuel. (Source : Météonorm ; 1991-2010)

III.2. Présentation des cas d'études :

III.2.1. La Maison traditionnelle, sis 36, Rue N'Fissa Ramdane, la Casbah d'Alger:

✚ Motivation du choix du cas d'étude :

Afin de vérifier notre hypothèse de départ qui a pour but d'évaluer le niveau d'éclairage à l'intérieur des pièces, nous avons pris comme cas d'étude une maison traditionnelle qui a un aspect durable, qui présente un minimum d'ouverture sur rue en tissu dense. Pour cette raison, nous avons opté pour une maison qui se trouve sur une ruelle principale 'sur la Rue N'fissa Ramdane qui est un parcours **culturels à caractère touristique à conserver, à consolider**, selon le plan de prescriptions réglementaires générales du PPSMVSS de la Casbah d'Alger', partiellement introvertie. On suppose que le patio est le principal élément de contact avec l'extérieur et qui assure la pénétration de l'éclairage naturel à l'intérieur de la maison. Notre choix a également été justifié par la disponibilité de document graphique « plans de différents niveaux », ce qui a facilité la tâche dans la matière de modélisation 3D.

FICHE DESCRIPTIVE

SITUATION GEOGRAPHIQUE

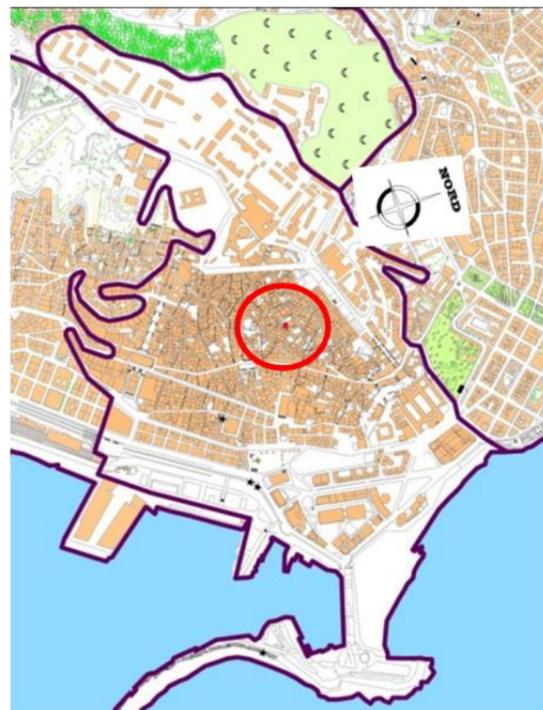


Figure 53 : Situation géographique du cas d'étude

✚ Situation et délimitation:

La maison se situe au cœur du plus vieux quartier de la casbah d'Alger, le quartier N'Fissa Ramdane (voir figure 57), sis à 36, Rue N'Fissa Ramdane, l'ilot qu'il a contient est délimité comme suit :

- ✚ Côté Nord: la rue Mohamed Arrouri.
- ✚ Côté Nord-Ouest: la rue Keddour Bourkika.
- ✚ Côté Est : la rue N'Fissa Ramdane.
- ✚ Coté Sud-ouest : la rue Bel Ali.

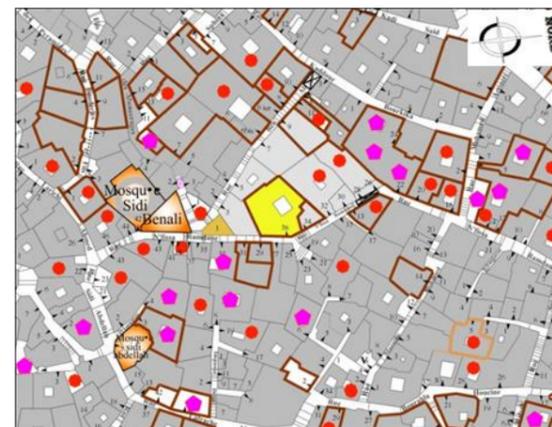


Figure 54 : Emplacement de la maison dans le tissu traditionnelle de la casbah d'Alger (source auteure)

✚ Forme et dimensions :

La maison se présente sur une parcelle de forme irrégulière 'quadrangulaire', la maison a quatre mitoyennetés et une parcelle vide (maison effondrée). Sans aucune ouverture sur la rue, sauf au niveau de l'étage « el-foukani », qui donne sur la rue N'Fissa Ramdane.

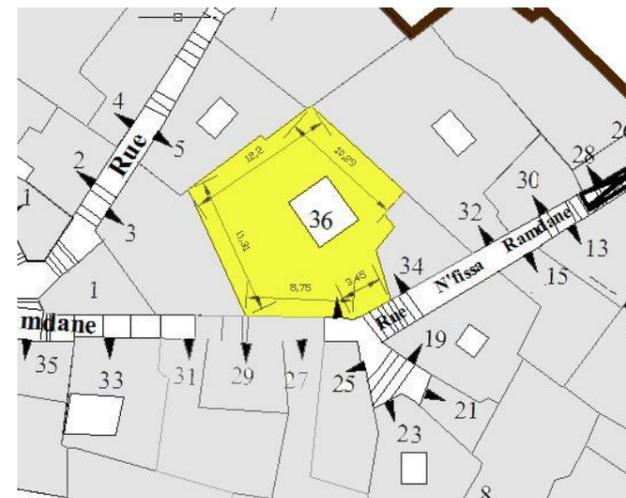
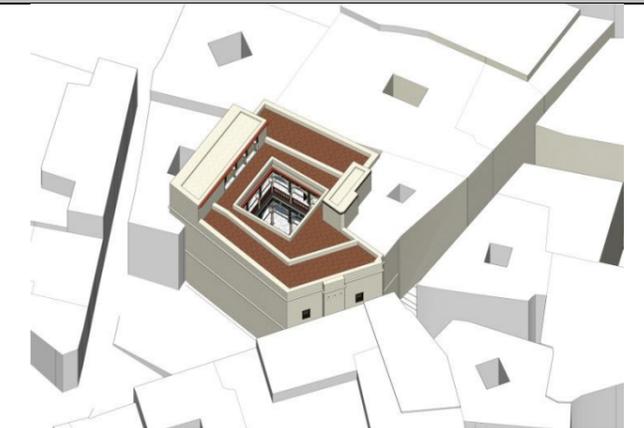


Figure 55 : Forme et dimension de l'immeuble. (Source : Auteure)



ANALYSE SPATIALE

La maison avec WAST AL-DAR : c'est une maison de petites, moyennes ou grandes dimensions, organisée autour du Wast al-dar ou centre de la maison. Wast al-dar découvert : ce type de maison peut avoir deux, trois ou quatre galeries, le plus souvent à arc brisés outrepassés portés par des colonnes monolithiques.⁹²

La maison à patio constitue un espace de protection contre le climat, la galerie, appelée *Shin*, tient le rôle essentiel de distribution et d'accès aux chambres. A cette fin, elle est ordinairement aménagée de manière continue autour du plan du wast al-dar ainsi aux étages supérieurs, appelés *Shin* par extension. Le nombre de galeries est indépendant des dimensions de la maison, il dépend plutôt du type d'association avec les maisons mitoyennes et de la localisation du wast al-dar au sein de la parcelle. Situé au milieu de celle-ci, il permet en général la disposition d'un maximum de quatre galeries avec quatre chambres.⁹³

Soumis au cas des maisons de la Médina d'Alger, la maison s'échelonne sur deux niveaux, organisés autour de son patio, surmonté du niveau de la terrasse avec son Manzah, occupant la partie Ouest. Tous les espaces s'ouvrent sur ce patio : les ouvertures sont à l'intérieur.

L'architecture intérieure de la maison : les deux niveaux (al-saflani et el-foukani) s'organisent autour d'un patio entouré de galeries de 04 arcades.

Au niveau du RDC, le côté EST, contenant l'espace de la Sqiffa (entrée en chicane) espace d'accès intermédiaire entre le niveau de la rue et celui du Wast al-dar, il sert à filtrer les personnes qui seront autorisées à pénétrer à l'intérieur de la maison, mais aussi à déjouer les possibles regards extérieurs. Les chambres, espaces multifonctionnels de forme rectangulaire, s'organisent autour du Wast al-dar et s'encastrent l'une derrière l'autre en formant une hélice (système antisismique) à l'intérieur du périmètre de la maison. Elles s'ouvrent sur les galeries –aussi bien au niveau du sol qu'aux étages supérieurs- par une porte à deux battants rectangulaires, toujours ouverts pendant la journée. La largeur du battant marque la distance qui sépare les fenêtres –disposées symétriquement de part et d'autre- de l'ouverture d'accès à la chambre qui est toujours couronnée d'un arc brisé outrepassé (voir Figure 58). La lumière pénètre par la porte et les deux fenêtres qui flanquent symétriquement. Carrées et grillagées du côté de la galerie, ces fenêtres sont décorées avec au minimum, une rangée de carreaux de céramique émaillée qui en délimite le périmètre.

Au niveau de l'étage el-Foukani, On y arrive par un escalier occupant l'angle du wast-ed-dar (voir Figure 59). A ce niveau, les portiques entourent ce dernier des quatre côtés, sur une hauteur de quatre mètres, donnant accès aux chambres. La galerie (*Shin*) est appuyée par des colonnes reliées par des arcatures, et dispose d'une balustrade en bois ajouré. L'étage est en fait le lieu de vie au quotidien, pour la plupart partie de l'année. On y retrouve, au niveau de la galerie, l'abri contre la pluie, et les doux rayons du soleil en hiver, et en été, l'ombre et la fraîcheur. La vie se déroule presque à l'extérieur.

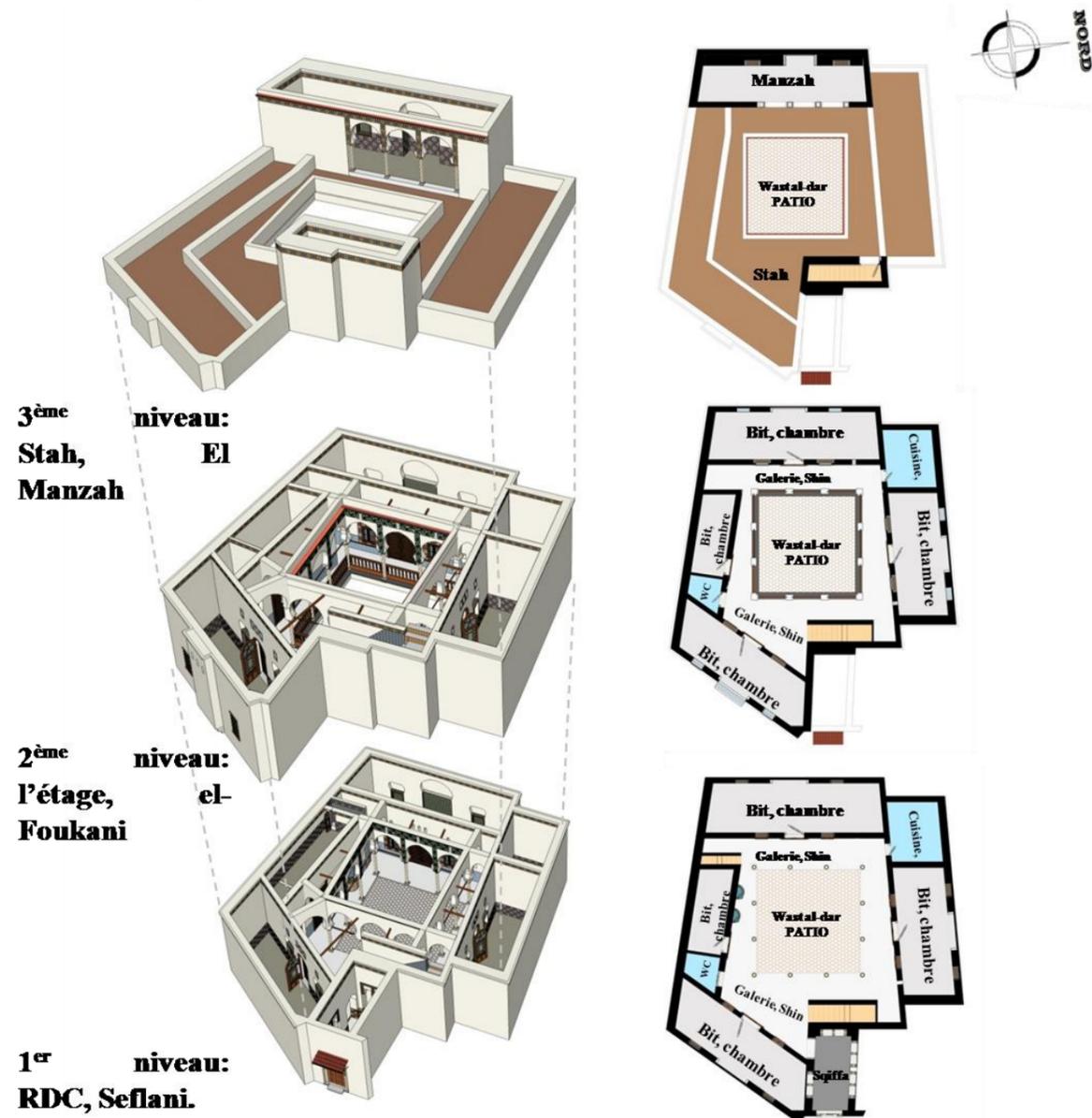


Figure 56 : Plans de différents niveaux de la maison sis 36, Rue N' Fissa Ramdane la Casbah d'Alger (Source : Auteure)



Figure 39 : Coupes longitudinale. (Source auteure).

Au niveau de la terrasse (El-stah), On arrive par l'escalier d'angle qui donne sur la terrasse accessible dont la surface rattrape l'ensemble de la maison, El Manzah, espace bâti couvrant le coin Ouest. Il est formé d'une pièce adjacente à la maison mitoyenne située plus haut. La terrasse occupe l'espace au-dessus des chambres et des galeries.

Les terrasses sont dotées de garde corps à peine un peu plus d'un mètre de haut, donnant sur toute la ville en contrebas, permettant une vue dégagée sur la baie d'Alger, même quand on n'en est pas tout près : cet aspect permet de se mouvoir et de profiter de la fraîcheur de la terrasse sans perturber l'intimité des maisons en contrebas. El Manzah, au niveau de la terrasse, constitue un espace de retrait au sein de la maison. Ils permettent de profiter de la vue et de la fraîcheur procurée par la brise marine surtout durant les soirées et nuits d'été.

⁹² Sakina missoum, Alger à l'époque Ottomane la médina et la maison traditionnelle, édition INAS, Alger, 2003, page 203 – 204.

⁹³ OP. page 207.

OUVERTURES

Les pièces superposées de la maison de deux niveaux SEFLANI (RDC) et EL-FOUKANI (l'étage) sont semblables en matière de dimensions et des ouvertures

Ouvertures sur façade intérieure OUEST : une porte à deux battants rectangulaires, toujours ouverts pendant la journée, de dimensions (1mX2.5m). La largeur du battant marque la distance qui sépare les fenêtres de forme rectangulaire (0.8mX1m) –disposées symétriquement de part et d'autre- de l'ouverture d'accès à la chambre. Au dessus de chacune de fenêtre se trouve une petite ouverture de ventilation de dimension (10cmX20cm), fermée par des claustras en plâtre ajouré arqué. Au dessus de chaque porte se trouve trois petites ouvertures de ventilation de dimension (10cmX20cm), fermées par des claustras en plâtre ajouré arqué. El Manzah est éclairé principalement au bien d'une ouverture à 03 trois arcs outrepassés de dimensions (4.9mX2.35m).

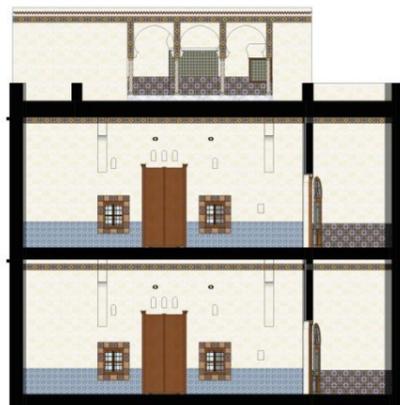


Figure 58 : Coupe sur la façade intérieure OUEST. (Source Auteure).

Ouvertures sur façade intérieure NORD : cette façade dispose deux pièces : la chambre est éclairée par une porte de dimension (1mX2.5m). à deux battants rectangulaires, toujours ouverts pendant la journée. La largeur du battant marque la distance qui sépare les fenêtres de forme rectangulaire (0.8mX1m) –disposées symétriquement de part et d'autre- de l'ouverture d'accès à la chambre. Au dessus de chacune de fenêtre se trouve une petite ouverture de ventilation de dimension (10cmX20cm), fermée par des claustras en plâtre ajouré arqué. Au dessus de chaque porte se trouve trois petites ouvertures de ventilation de dimension (10cmX20cm), fermées par des claustras en plâtre ajouré arqué. La cuisine est éclairée par la porte (0.8mX2.5m).

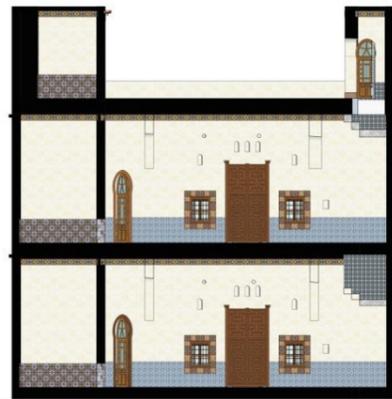


Figure 59 : Coupe sur la façade intérieure NORD. (Source Auteure).

Ouvertures sur façade intérieure SUD : cette façade dispose deux pièces, la chambre est éclairée par une porte de dimension (1mX2.5m) à deux battants rectangulaires, toujours ouverts pendant la journée.

Le WC est éclairé par la porte de dimension (1mX2.5m).



Figure 60 : Coupe sur la façade intérieure SUD. (Source Auteure).

Ouvertures sur façade intérieure SUD-EST : une porte de dimension (1mX2.5m) à deux battants rectangulaires, toujours ouverts pendant la journée. La largeur du battant marque la distance qui sépare les fenêtres de forme rectangulaire (0.8mX1m) –disposées symétriquement de part et d'autre- de l'ouverture d'accès à la chambre. Au dessus de chacune de fenêtre se trouve une petite ouverture de ventilation de dimension (10cmX20cm), fermée par des claustras en plâtre ajouré arqué.

Au dessus de chaque porte se trouve trois petites ouvertures de ventilation de dimension (10cmX20cm), fermées par des claustras en plâtre ajouré arqué.

La chambre qui se situe au niveau el foukani dispose un éclairage bilatéral, le premier au bien de deux fenêtres donnant sur la rue de dimension (0.8mX1m), et le deuxième par deux fenêtres donnant sur el Shin (la galerie), de dimension (0.8mX1m).



Figure 61: Coupe sur la façade intérieure OUEST. Figure 62 : façade extérieure EST et SUD-EST . (Source Auteure).

ANALYSE STRUCTURELLE

L'INFRASTRUCTURE: LES FONDATIONS	LA STRUCTURE VERTICALE	LA STRUCTURE HORIZONTALE	LES ESCALIERS ET LES ENCORBELLEMENTS
Les fondations sont construites en pierre, elles s'appuient directement sur le rocher, soient creusées dans l'épaisseur de terre. Le mortier utilisé est en terre glaise « sans addition de la chaux ».	<p>Les murs porteurs: maçonnerie massive.</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Construit en brique peu cuite. ○ Dimensions variables. ○ Mortier de joint composé de « terre mélangée à la chaux et des grains plus ou moins gros ». 	Plancher réalisé par des rondins de thuya au dessus desquelles sont disposés des voliges de bois et couler une chape de terre sur laquelle sont disposés des carreaux de céramiques.	Les escaliers sont en maçonnerie, mais leurs structure est en bois. Le plancher incliné est posé sur les rondins de thuya, au dessus de laquelle des briques sont disposées pour former des marches couvertes en marbre.



Figure 63 : Composition structurelle apparente d'une maison en ruine (source PPSMVSS).

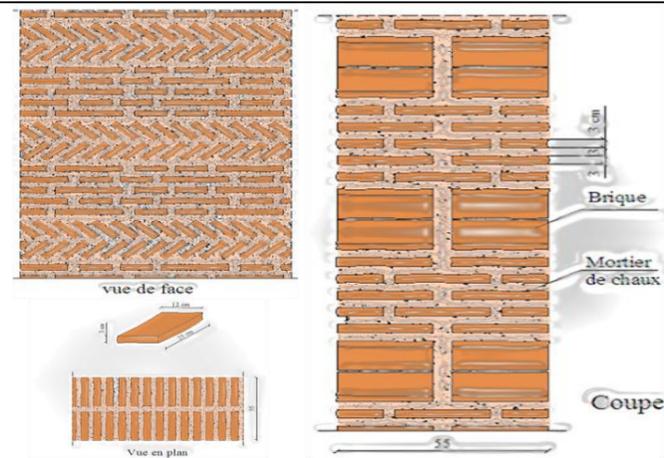


Figure 64 : Mur à double strates régulières: horizontale et en épis (45°) (Source : PPSMVSS, Manuel des typologies architecturales, constructives et architectoniques page 99, traitée par auteure)

La structure verticale des maisons traditionnelles a une structure flexible, elle se compose de: colonnes et arcades.

Les colonnes:

- Construit soit en marbre, de forme demie torsadée.

Les arcades:



Figure 65 : La structure verticale des maisons traditionnelles a une structure flexible, elle se compose de: colonnes et arcades.

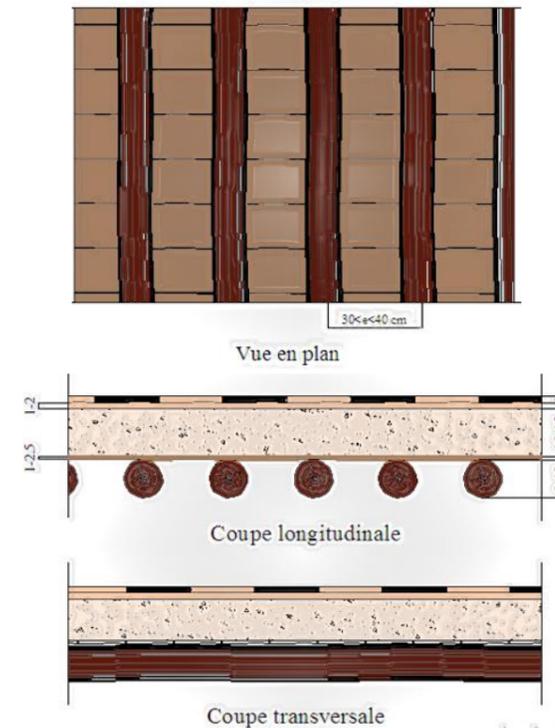


Figure 66 : Plancher sur rondins de thuya et voligeage de bois (Source : PPSMVSS, Manuel des typologies architecturales, constructives et architectoniques page 116, traitée par Auteure)

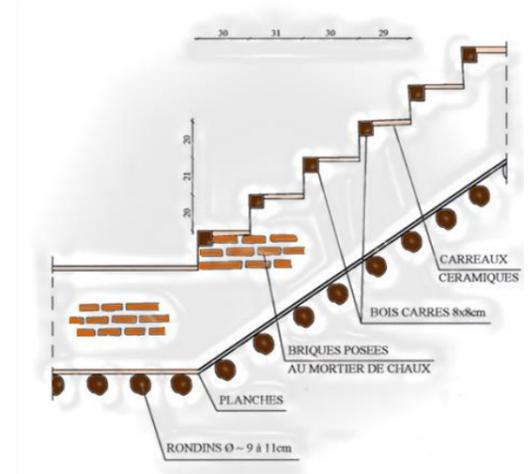


Figure 67 : Détail constructif de l'escalier.

Les encorbellements sont des avant corps qui se prolongent à l'extérieur d'une façade pour créer des ouvertures vers l'extérieur.

Elles sont soit soutenues en porte à faux sans aucun artifice de soutien.

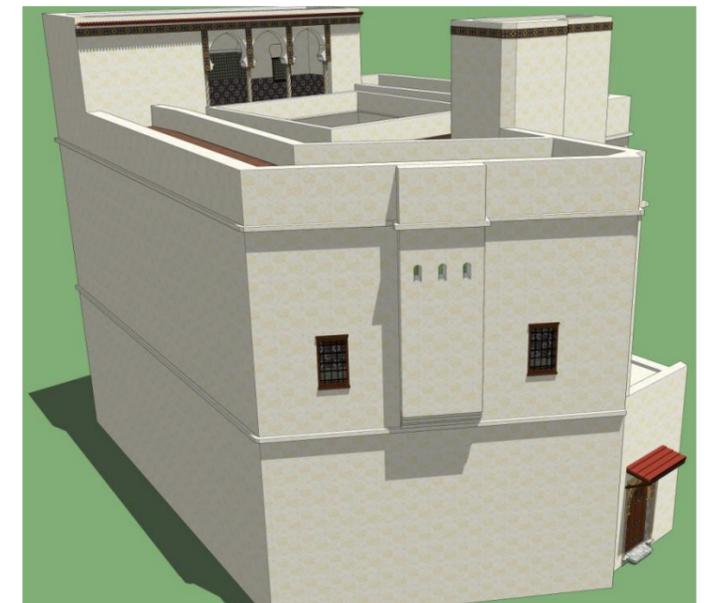


Figure 68 : vue sur l'encorbellement sur façade. (Source : Auteure).

III.2.2. L'immeuble colonial 'immeuble de rapport', sis 36, Rue Bab el Oued, la Casbah d'Alger:

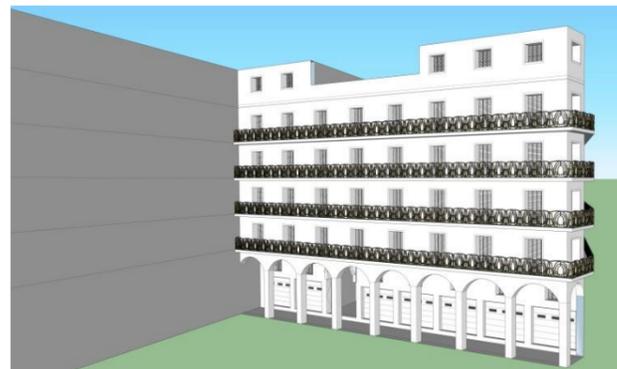
✚ Motivation du choix du cas d'étude :

Notre objectif d'étude s'agit d'un immeuble de rapport à cour découverte datant de la période coloniale Française, situé au sein du périmètre sauvegardé de la Casbah d'Alger, dont le choix a été motivé par sa valeur historique et sa richesse architecturale qu'il présente, vu son emplacement stratégique sur la rue du Bab El Oued, « Tissu mixte issu de la surimposition d'une trame orthogonale sur le tissu organique traditionnel, présence d'un tracé de substitution (boulevard remplaçant la muraille turque), tissu compact serré ».

FICHE DESCRIPTIVE

SITUATION GEOGRAPHIQUE

✚ Modélisation de l'immeuble en 3D



✚ Situation et délimitation :

L'immeuble N°36 se situe sur la partie basse « el-oueta » de la casbah d'Alger, qui donne sur un axe structurant à vocation commerciale, voie principale de raccordement inter-quartiers, la rue de Bab El Oued, Prés du Mosquée Ali Bitchin, Lycée Emir Abdelkader et de la DGSN. Il est entouré de deux voies mécaniques. Il représente un gabarit de R+4 plus un étage attique (18.40 m de hauteur), avec un Rez-de-chaussée affecté aux commerces, des étages courants dédiés à l'habitation et des terrasses accessibles du côté ouest.



Figure 69 : Emplacement de l'immeuble dans le tissu mixte de la casbah d'Alger (Source Google earth)

✚ Formes et dimensions :

L'immeuble de rapport est implanté horizontalement, bien adaptée au terrain plat, dont l'orientation est perpendiculaire à la rue et aux courbes de niveaux. L'immeuble est inscrit dans un îlot dense clos à l'origine de forme polygone irrégulier, de dimensions : A=94.17m, B=53.83 m, surface : 3331.73m², composé d'immeubles serrés bordant les rues et les ruelles. Masse bâtie compacte (pleins à avec puits de lumière, cours et courettes (vides) assurant l'aération. Une parcelle occupée à l'origine par une maison mauresque à patio s'est effondrée, créant un vide urbain utilisé actuellement comme un espace de stationnement.

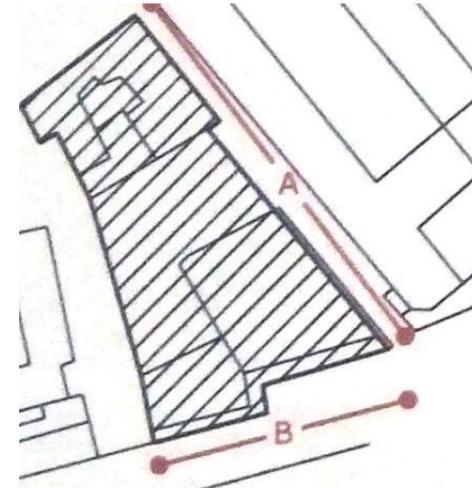
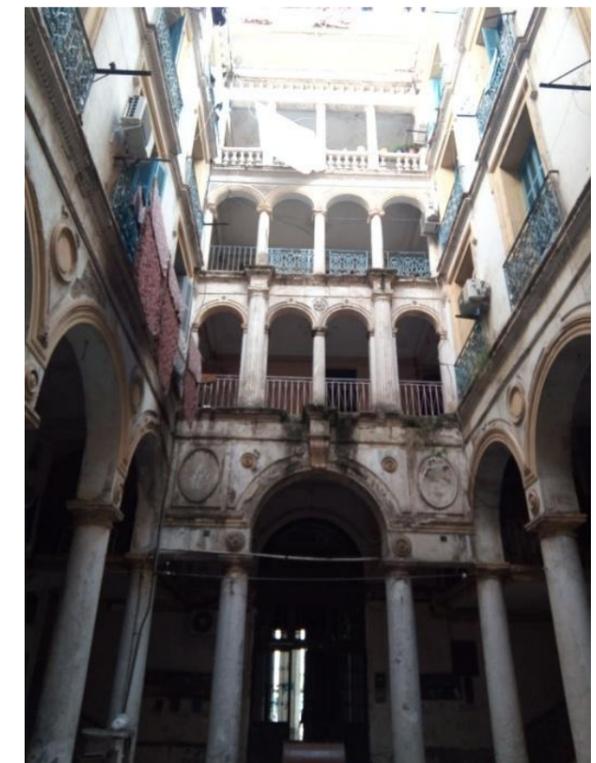


Figure 70 : dimensionnement de l'ilot.

La parcelle ou l'immeuble est inscrit est de forme quadrilatère irrégulier de l'entité mixte, de dimensions (m) : A=40.24, B=30.43, Surface (m²) : 952.53, parcelle occupant 28.5% de l'ilot, dont sa position est à l'angle de l'ilot, d'activité principale résidentielle avec activité intense (galerie commerçante).

✚ Photos :



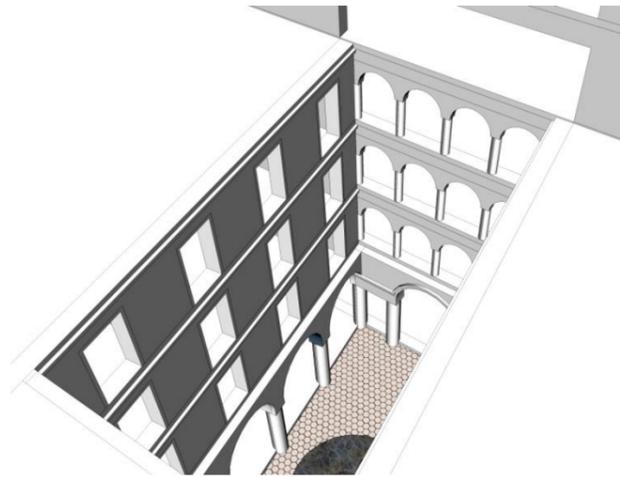


Figure 71: Emplacement de l'immeuble dans le tissu mixte de la casbah d'Alger (Source Google earth)



Rapport à l'espace public : l'immeuble est associé à la rue suivant le principe de l'alignement. De par son architecture, son gabarit et la composition de sa façade, l'immeuble est intégré à la morphologie de la rue. Deux maisons mitoyennes à patio effondrées (parcelles occupées par un parking), présentent une discontinuité dans le paysage urbain.

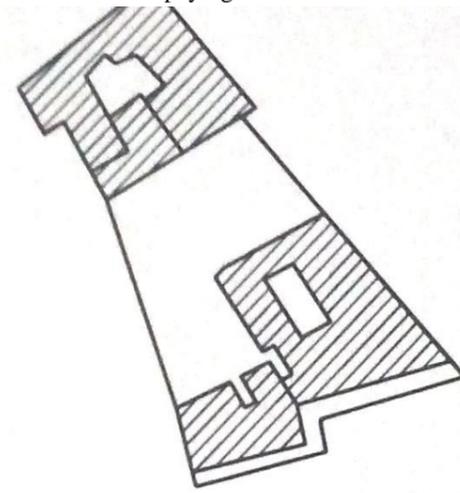


Figure 72 : Rapport de l'immeuble à l'espace public.

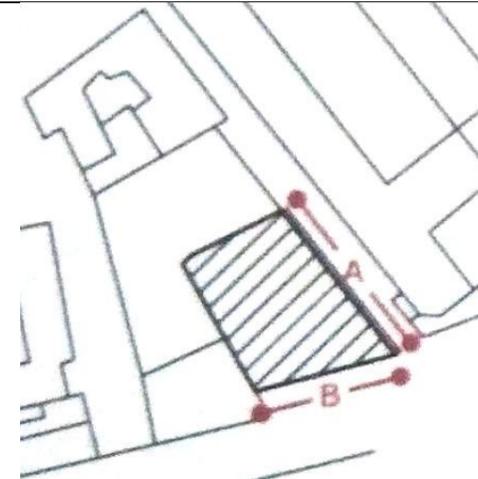


Figure 73 : dimensionnement de la parcelle.

Système distributif : Accès direct à l'immeuble par la rue TAHAR CHAFI et indirecte par une arcade (galerie) à partir de la rue Bab el Oued. Accès aux activités tertiaires à partir de la rue. La distribution interne se fait par une cour centrale. Cette dernière donne accès à trois cages d'escalier permettant la circulation verticale. Bien que le passage soit condamné actuellement, à l'origine la cour centrale relie les deux entrées de l'immeuble.

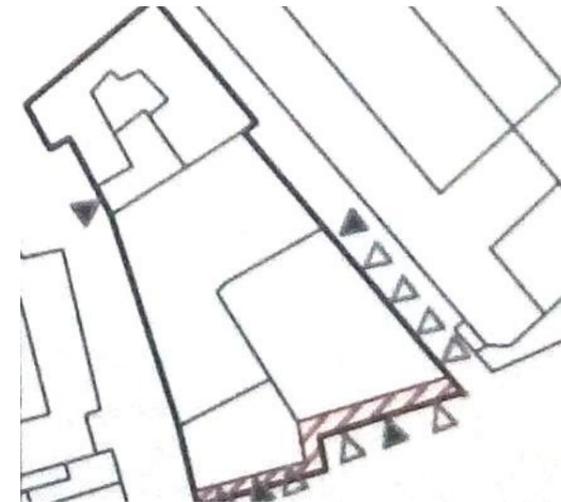
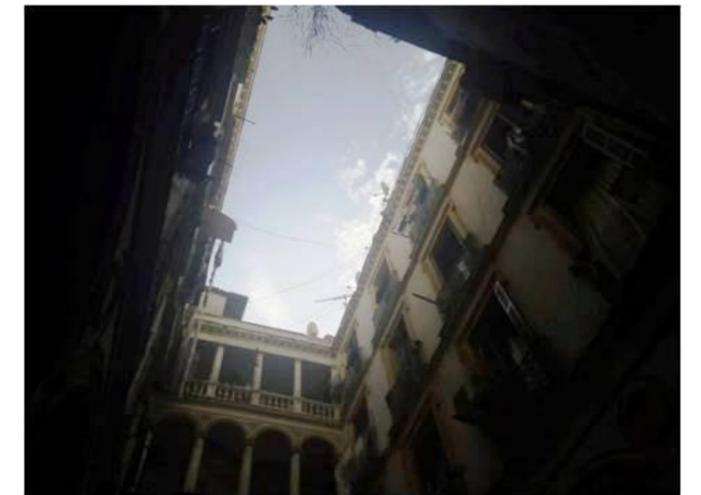


Figure 74 : Système distributif.



ANALYSE SPATIALE

Organisation spatiale :

Plan épais centré de forme irrégulière, organisé autour d'un noyau distributif : cour découverte (source d'air et de lumière naturelle), galerie et trois cages d'escalier. Composition architecturale suivant plusieurs axes de symétrie ponctués par l'espace central « cour ». Logique de convergence et de rayonnement à partir du noyau central, créant une dépendance à la fois fonctionnelle et visuelle. Nombre de logements par étage 05. Avec un Gabarit de R + entresol + 4 + attique.

Usage (RDC, étages) : extérieur : douze commerces, intérieur : trois locaux fermés, un commerce informel occupant le hall d'entrée, un logement informel occupant une partie de la galerie, deux dépôts. Entresol : 04 logements, étage : 05 logements. Attique : 02 logements

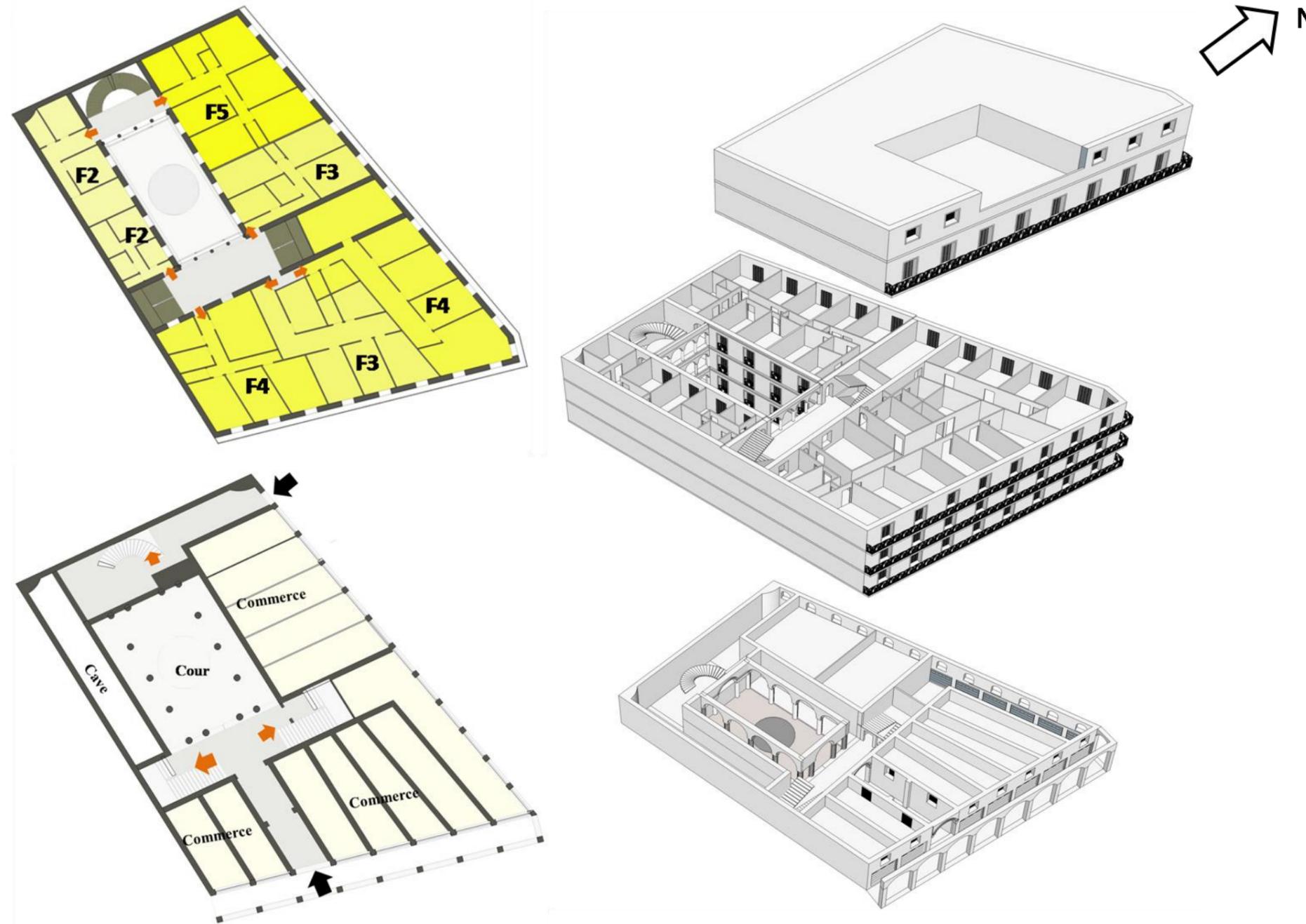


Figure 75: Plans de différents niveaux de l'immeuble de rapport sis 36, Rue BAB EL OUED, la Casbah d'Alger (Source : Auteure)

OUVERTURES

Que ce soit les façades donnant sur la rue ou sur la cour de la partie corps de l'immeuble, nous trouvons que les fenêtres sont toujours accompagnées de persienne donnant sur un balcon, elles sont de forme rectangulaire et de dimensions (2.1mX1.2m).

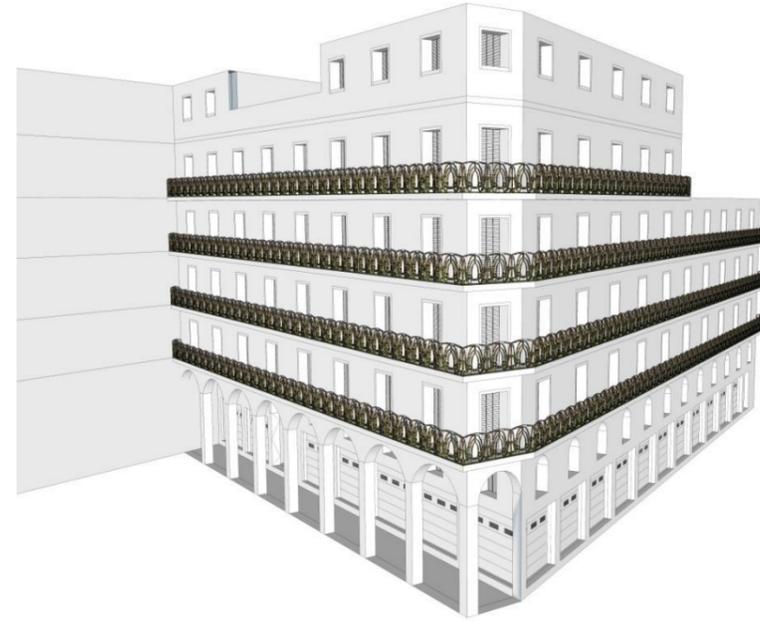


Figure 76 : disposition des ouvertures au niveau des deux façades principales de l'immeuble.



Figure 77 : disposition des ouvertures donnant sur la cours découverte au niveau de la façade intérieure de l'immeuble. Coté Nord.

(Source : Auteure).



Figure 78: disposition des ouvertures donnant sur la cours découverte au niveau de la façade intérieure de l'immeuble. Coté Sud.

(Source : Auteure).

ANALYSE STRUCTURELLE

Les travaux de réhabilitation qui sont en cours nous a permet d'identifier les matériaux de construction. La façade de l'immeuble est en pierre bleue présentée sous forme de blocs, recouvert d'un parement en plâtre ou en ciment peint. Cloison en briques rouges et jaunâtre. Cependant les éléments de structures sont constitués à base de métal ou en béton (plancher Klein). Concernant les ouvertures, elles sont réalisées à partir des menuiseries en bois.

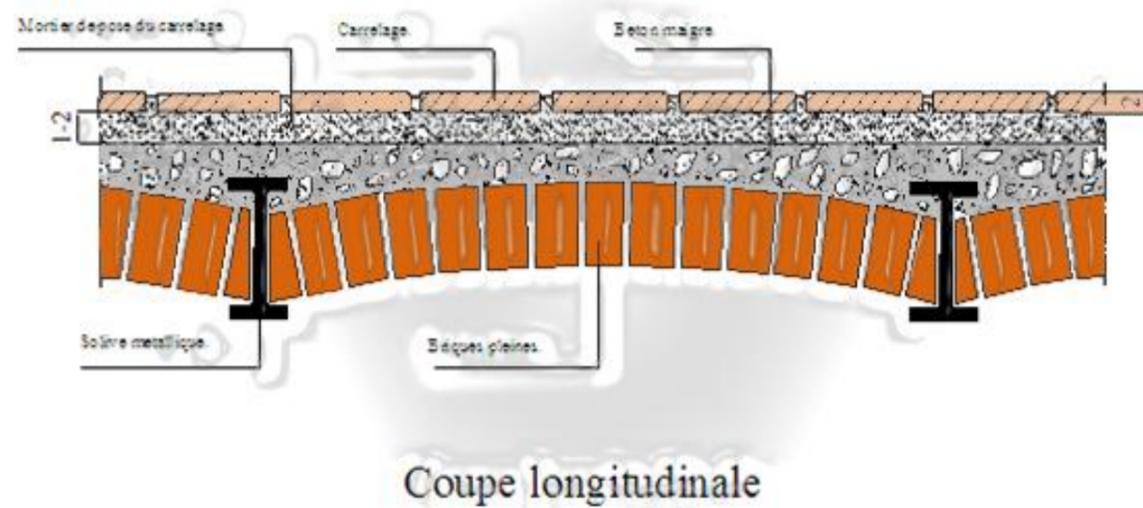


Figure 79: Détail du plancher Klein.



Figure 80 : Mur constitué de la pierre bleue apparente à cause de grattage du mur. (Source Auteure).

ANALYSE ARCHITECTONIQUE

Ordonnance des façades : **façade extérieure** (principale) : **style** : éclectique, **Hiérarchie / rythme** : horizontalement : division tripartite (soubassement, corps et couronnement). Verticalement : huit travées.

Eléments décoratifs : chambranle de porte, chambranle de fenêtres à crossettes, balcons filants sur consoles, garde-corps en fer forgé à motifs géométrique et curviligne.

Façades intérieures (très riche): chambranles de fenêtres à crossettes, balustrades à potelets, garde corps en fer forgé à motifs géométrique et curviligne, arcs en plein cintre dur colonnes et chapiteaux ornant les façades de galeries



Figure 81 : Richesse architecturale de la façade intérieure de l'immeuble.(Source Auteur).

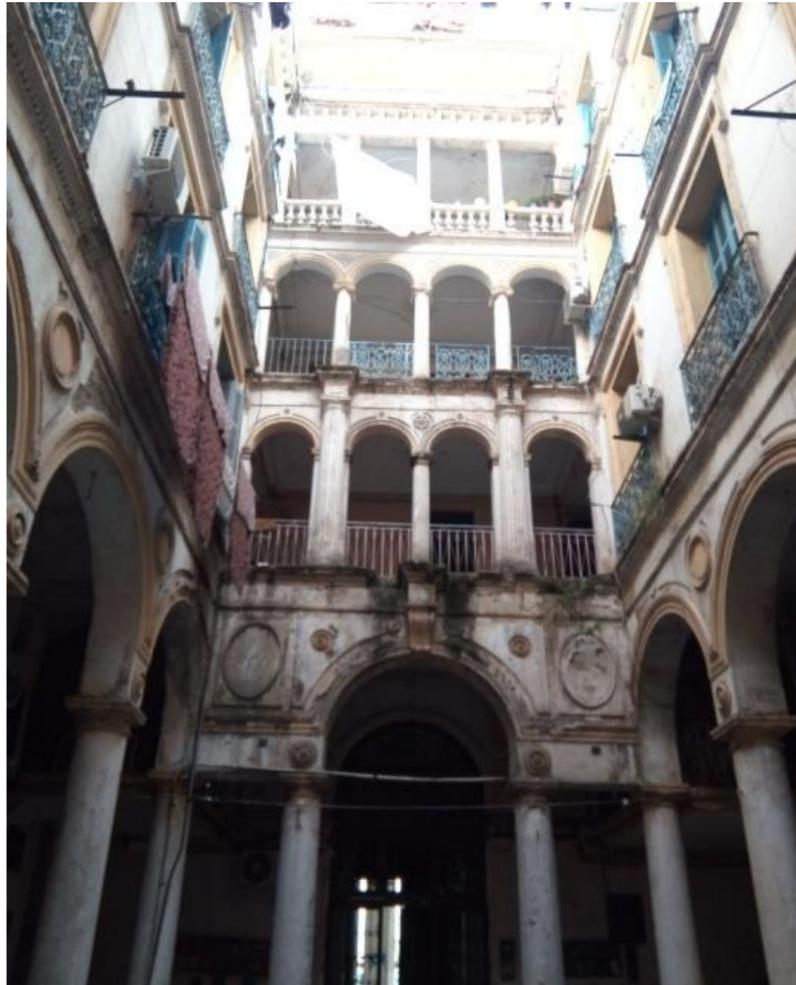


Figure 82 : Richesse architecturale de la façade intérieure de l'immeuble.(Source Auteur).

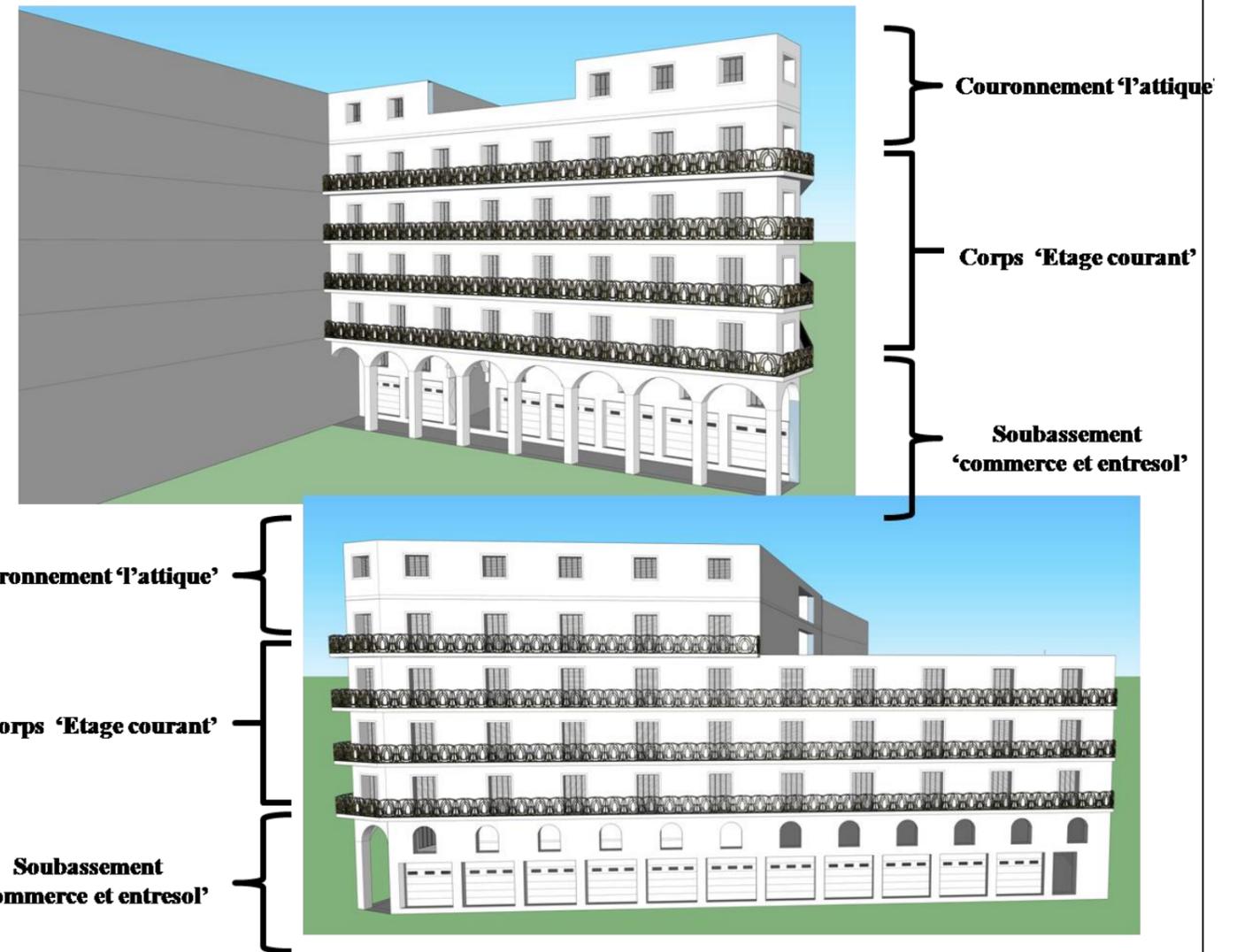


Figure 83 : ordonnancement de la façade de l'immeuble.(Source Auteur).

III.3. Simulation de l'éclairage :

« La simulation permet de valiser rapidement des options fondamentales (implantations, structure, ouvertures... etc.), d'explorer et de commencer à optimiser certains choix pour un meilleur confort ». (CHATELETA.A – FERNANDEZ.P- LAVIGNE.P, 1998).

L'évaluation par simulation est modulable, elle offre un champ libre tout en agissant à volonté sur les éléments de la construction afin d'évaluer l'éclairage naturel de celle-ci. Pour évaluer nos bâtiments, le recours à l'utilisation des logiciels de simulation est imposé.

III.3.1. Choix du logiciel de simulation : (Logiciel ECOTECT).

La simulation de l'éclairage naturel consiste à une analyse solaire de la maison traditionnelle et de l'immeuble colonial sis à 36, Rue N'Fissa Ramdane et 36, Rue Bab el oued la casbah d'Alger, à base du logiciel **ECOTECT ANALYSIS 2011**, cela injectant différents paramètres (orientations, matériaux et dimensions ...) tout en prenant en compte la forme et l'organisation spatiale des bâtiments.

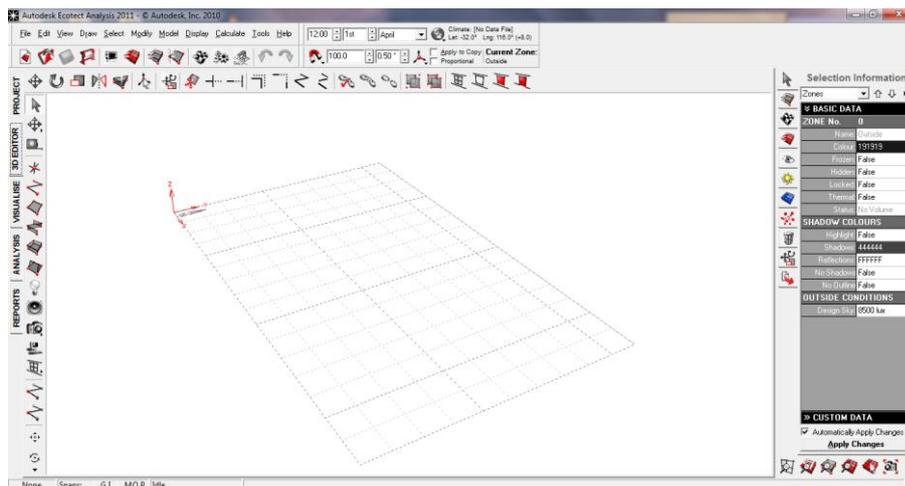


Figure 84 : Interface du logiciel ECOTECT ANALYSIS 2011 (Source Auteure).

🔧 Description du logiciel ECOTECT ANALYSIS 2011:

Logiciel de simulation complet de conception depuis la phase d'avant projet jusqu'à celle de détail qui associe un modéleur 3D avec des analyses solaires, thermiques, acoustiques et de coûts.

Ecotect analysis 2011 comprend une série d'outils d'analyse et de traitement de données à savoir :

- **WEATHERMANAGER (GESTIONNAIRE METEO)** : un outil de logiciel pour la création, la conversion et la gestion des fichiers de données, étroitement composés utilisés par **ECOTECT ANALYSIS** et autre logiciel.
- **SUN TOOL (OUTILS SOLAIRE)** ; étudie les positions du soleil, ombrageant et éclipsant tout au long de l'année. Il commande fondamentalement l'affichage de diagramme du chemin de soleil dans la toile principale de graphiques.
- **WEATHERTOOL (outil météo)** : permet de visualiser, analyser et éditer des données horaires de temps. Il fournit également un éventail d'options d'affichage, y compris des 2D et les graphiques 3D aussi bien que des roses de vents et des diagrammes du parcours solaire.

Les faiblesses de l'outil concernant principalement le temps nécessaire à l'intégration du projet dans l'outil. Il permet d'importer des fichiers DWF (autocad) pour l'importation d'objet mais seule la géométrie 2D est reconnue dans l'outil. L'utilisateur doit par la suite modéliser en 3D l'ensemble de son projet. Il doit également définir un ensemble de zones en fonction de l'étude menée : zone thermique, zone acoustique... etc. les données d'entrées sont fastidieuses à mettre en place et elles nécessitent d'y accorder un temps non négligeable. Il nous semble également indispensable de suivre une formation afin d'utiliser correctement cet outil.

Processus de simulation :

A partir de données architecturales des bâtiments une analyse de l'éclairage naturel est effectuée à l'aide du logiciel **ECOTECT ANALYSIS 2011**. Le déroulement de la simulation a pris comme cheminement :

- intégration des données météorologique de la ville d'Alger.
- Modélisation 3D de l'objet d'étude.
- Analyse des paramètres de l'éclairage naturel.

PHASE 03 : ANALYSE DE L'ECLAIRAGE NATUREL

Analyse de l'éclairage naturel (Lighting Analysis), se fait en cliquant sur :

Tout d'abord, sélectionner le model 3D fait par ECOTECT, puis insérer la grille de simulation dans la fenêtre « ANALYSIS GRID » (étape N°01),

Cliquer sur « Display analysis Grid » (étape N°02), pour affiche la grille, puis sur Auto-fit Grid to objecta gin de choisir le type de la grille qui convient à notre analyse.

Choisir « Whithin » (étape N°03) et cliquer sur ok (étape N°04).

Régler la date et l'heure (étape N°05), pour notre cas, nous simulons l'éclairage durant les solstices d'été et d'hiver durant les journées les plus longues, il s'agit du 21 Juin et du 21 Décembre, et cela à 12h :00.

La fenêtre « Calculate », puis sur « Lighting Analysis », afin d'obtenir la boîte de dialogue qui contient les différentes étapes, nous les passons en cliquant sur les instructions qui ont une relation avec l'éclairage naturel puis cliquer sur « Next »

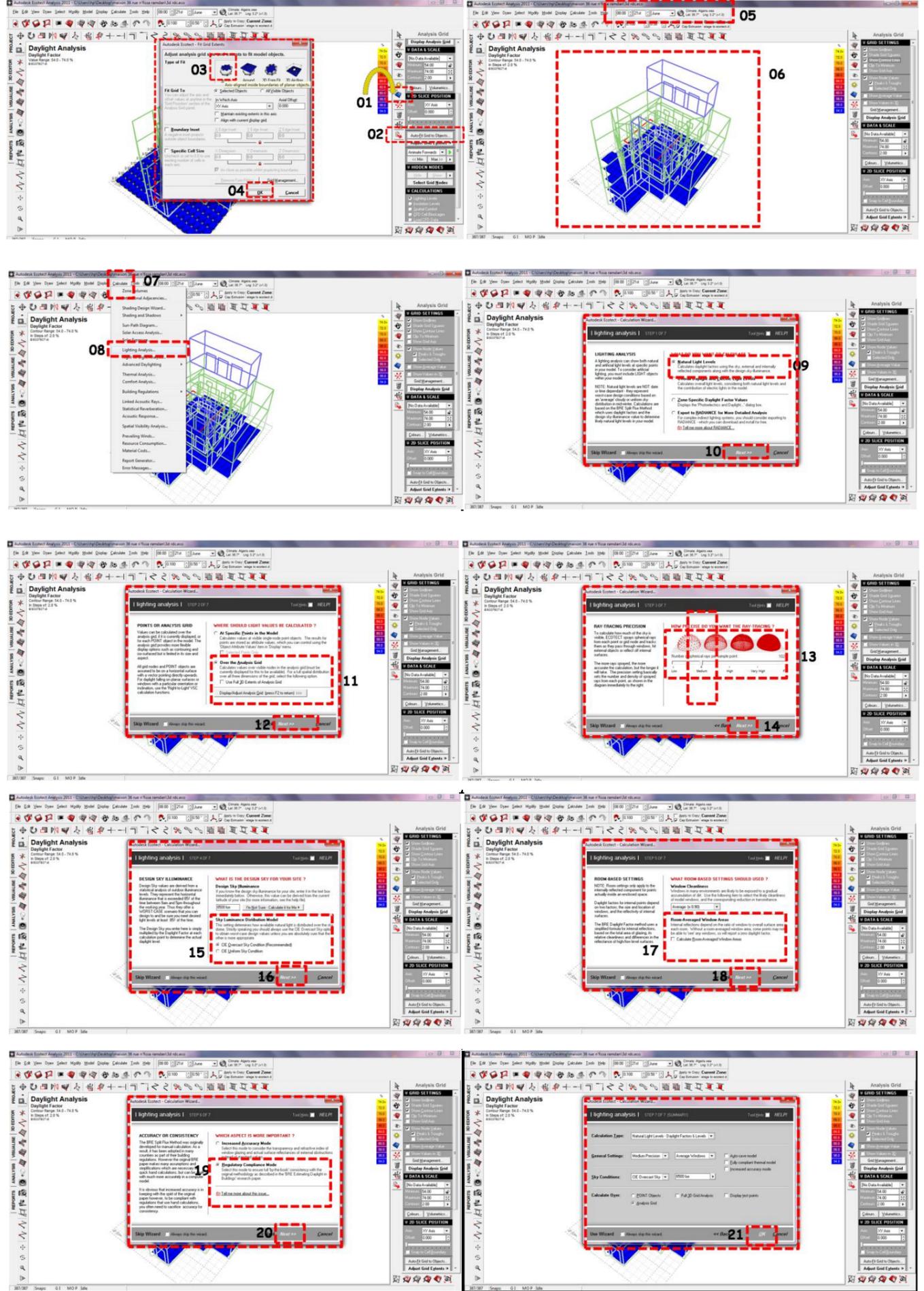


Tableau 2 : Etapes de la simulation faite à l'aide du logiciel AUTODESK ECOTECT ANALYSIS 2011. (Source Auteure).

III.3.3. Résultats de calcul et évaluation des niveaux d'éclairage par une simulation numérique (Logiciel ECOTECT).

La Maison traditionnelle, sis 36, Rue N'Fissa Ramdane, la Casbah d'Alger

Niveaux	Saison/Heure	ETE	Interprétation des résultats
NIVEAU RDC EL-SAFLANI	A 12h00		<p>Nous allons interpréter les résultats de simulation du cas d'étude, ainsi que de confirmer ou d'infirmer les hypothèses posées au début de notre recherche.</p> <p>Pour la simulation de l'éclairage naturel au niveau du premier cas d'étude la maison traditionnelle, nous avons simulé l'éclairage dans les différents niveaux que possède la maison, et cela dans la période estivale 21 juin à 12h00 (la période ou nous avons fait notre étude).</p>
Niveau ETAGE EL FOUKANI	A 12h00		<p>En tant qu'espace extérieur, le patio jouit d'un niveau d'éclairage très élevé par rapport aux autres espaces. Sa valeur moyenne au niveau du patio (niveau RDC), est de 4500 lux. Les valeurs de l'éclairage du patio font que cet espace satisfait pleinement ces activités, même si observe bien que les pièces de la maison sont assez sombres, cette raison justifie le fait que l'ensemble des activités se déroulent au niveau du patio.</p> <p>Toutefois, nous observons que les niveaux d'éclairage décroîtront rapidement au niveau des galeries, pour atteindre des valeurs inférieures que celui du patio, surtout au côté Nord, cela justifie que les galeries jouent un rôle pour la protection contre le soleil.</p>
Niveau La terrasse EL-Stah	A 12h00		<p>Si on compare les résultats obtenus de la simulation du RDC et de l'étage, nous remarquons que le niveau d'éclairage des espaces de l'étage sont plus intéressants que celui du RDC, ceci pourrait expliquer le fait qu'à la médina d'Alger, on préfère occuper l'étage que le RDC.</p>

Tableau 3 : Résultats de calcul et évaluation des niveaux d'éclairage par une simulation numérique (Logiciel ECOTECT). (Source Auteure)

III.3.3. Résultats de calcul et évaluation des niveaux d'éclairage par une simulation numérique (Logiciel ECOTECT).

L'immeuble de rapport, sis 36, Rue BAB EL OUED, la Casbah d'Alger

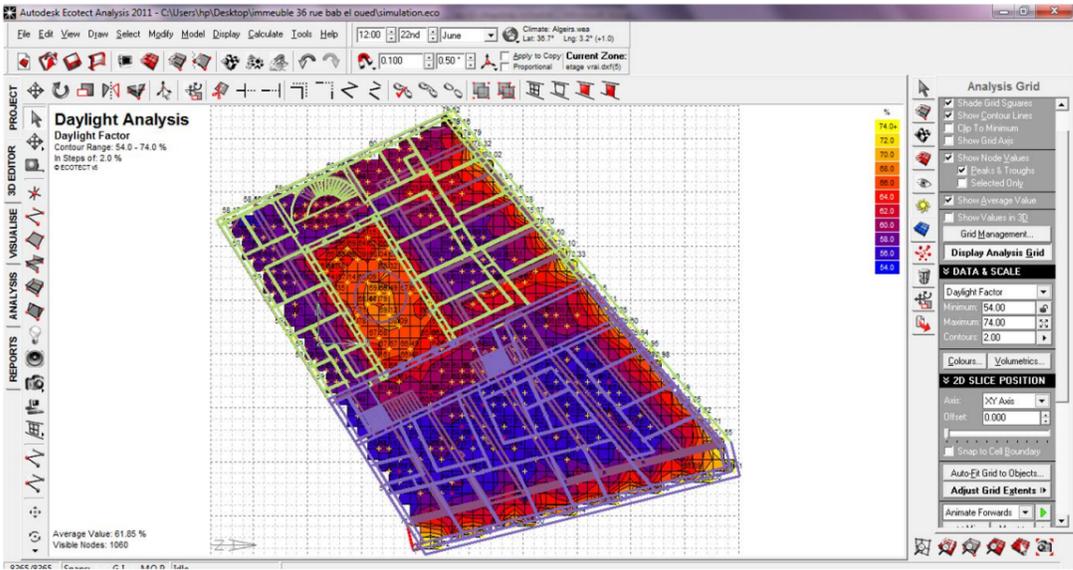
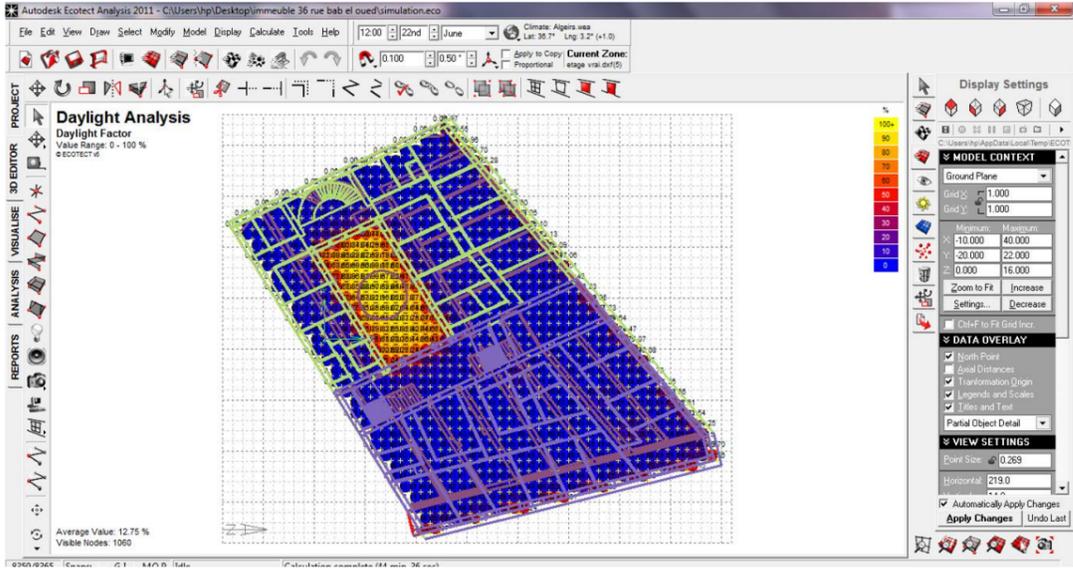
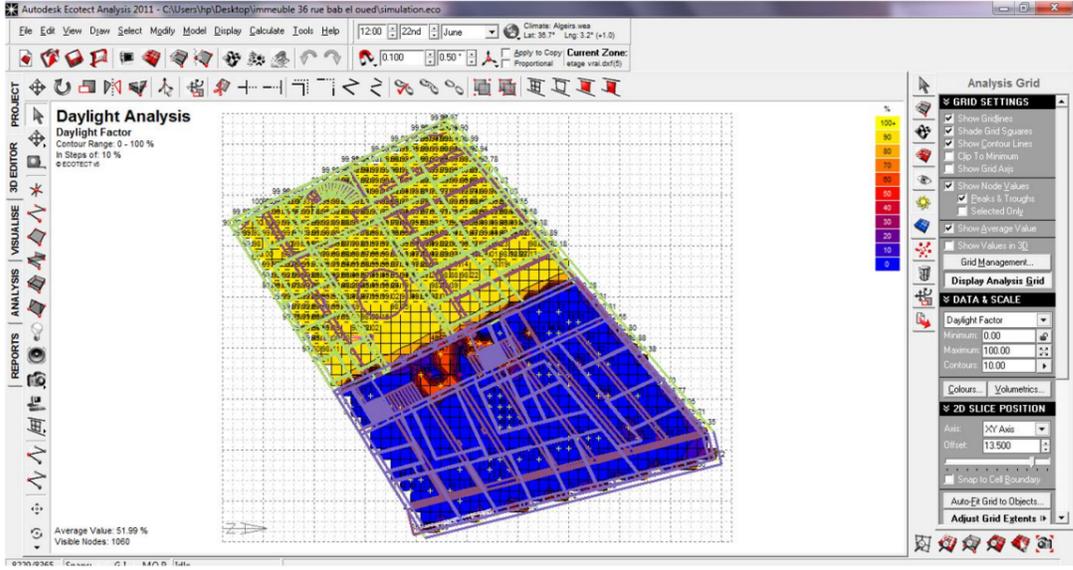
Niveaux	Saison/Heure	ETE	Interprétation des résultats
NIVEAU RDC	A 12h00		<p>Nous allons interpréter les résultats de simulation du cas d'étude, ainsi que de confirmer ou d'infirmer les hypothèses posées au début de notre recherche.</p> <p>Pour la simulation de l'éclairage naturel au niveau du deuxième cas d'étude l'immeuble de rapport, nous avons simulé l'éclairage dans les différents niveaux suivants : le RDC, le deuxième étage et l'étage attique de l'immeuble et cela dans la période estivale 21 juin à 12h00 (la période ou nous avons fait notre étude).</p>
Niveau ETAGE	A 12h00		<p>Niveau RDC : nous remarquons qu'au niveau de la cour intérieure de l'immeuble, le niveau d'éclairage est élevé presque 70% de l'éclairage de ce niveau de l'immeuble, dont l'éclairage décroît au niveau des galeries.</p> <p>Nous remarquons que le niveau d'éclairage au niveau des deux façades principales de l'immeuble, est élevé 20% de l'éclairage de ce niveau, cela est justifié par la présence de la galerie commerçante (arcades) au niveau de la rue Bab El Oued, ce qu'elle a joué le rôle de protection solaire et elle a diminué le niveau d'éclairage au niveau des boutiques qui donnent sur cette rue. Cependant, nous remarquons que les boutiques qui donnent sur la rue secondaire (02^{ème} façade principale) possèdent un éclairage naturel important.</p>
Niveau	A 12h00		<p>Les résultats qui concernent cet immeuble sont satisfaisantes en matière d'éclairage naturel, tout cela a un rapport direct avec le dimensionnement des ouvertures que ce soit latérales (fenêtres qui donnent sur la rue principale et sur la cour) ou zénithale (cour).</p>

Tableau 4 : Résultats de calcul et évaluation des niveaux d'éclairage par une simulation numérique (Logiciel ECOTECT). (Source Auteure)

CONCLUSION GENERALE

(SYNTHESE DES ACQUIS ET PERSPECTIVES).

La présente recherche a porté sur l'objet de l'évaluation de l'éclairage naturel dans l'architecture résidentielle ottomane et coloniale du XVIII^{ème} XIX^{ème} siècle dans le périmètre du secteur sauvegardé de la casbah d'Alger, où deux 02 bâtiments ont fait l'objet du corpus d'étude. Une maison traditionnelle à patio partiellement introvertie et un immeuble de rapport datant de la période coloniale. Ces deux échantillons ont été choisis essentiellement selon le critère du style et de la richesse architecturale qu'ils représentent. La lumière naturelle est une notion architecturale riche et dimension très sensible de l'architecture, a donc fait l'objet d'une étude approfondie dans la présente recherche, appliquée sur deux typologies des plus représentatives dans la casbah d'Alger à savoir l'architecture ottomane et coloniale. Ce travail a pour objectif de sensibiliser les gens à la préservation du patrimoine, ses ressources ainsi que d'identifier l'architecture traditionnelle et coloniale (typologies et caractéristiques), comprendre les paramètres liés à l'éclairage naturel à l'intérieur de secteur sauvegardé de la casbah d'Alger et d'évaluer le niveau d'éclairage naturel à l'intérieur des pièces, et de déterminer la quantité de la répartition de la lumière naturelle pénétrante, cela à l'aide de la simulation numérique, afin de proposer des recommandations techniques à propos de l'amélioration de l'éclairage intérieur.

La pré enquête, fondée sur les visites des lieux, les observations et les constats relatifs à l'aspect de l'éclairage naturel, sans oublier l'étape de relevé, nous a permis d'assembler des données importantes présentant un début de confirmation à nos hypothèses de recherche. Ces données concernaient en premier lieu les différents dispositifs mis en place pour l'éclairage naturel, ou nous avons pu démontrer la richesse et la diversité de ces derniers dans l'architecture résidentielle de XVIII^{ème} et XIX^{ème} siècle.

Pour confirmer notre hypothèse, il a fallu procéder en trois temps pour engager ce travail. Il était nécessaire en premier lieu de commencer le mémoire en introduction de toute la problématique de l'éclairage naturel en architecture du XVIII^{ème} et XIX^{ème} siècle. Puis d'illustrer et embellir le travail par la précision des cas d'étude. La deuxième partie est théorique, elle est structurée comme suit : un cadre d'analyse comprend un état de l'art sur le sujet de l'éclairage naturel, quelques repères historiques concernant l'utilisation de la lumière naturelle dans l'architecture du XVIII^{ème} et XIX^{ème} que ce soit latéral ou zénithal à travers les différents types des ouvertures ainsi que les différents paramètres qui influent sur la lumière dans le bâtiment, nous distinguons deux ensembles : Le premier concerne le site et les contraintes physiologiques de l'homme. Ces variables décrivent le site, la saison et l'heure, état du ciel, depuis le ciel serein jusqu'au ciel couvert, le site ou l'environnement direct, Le deuxième ensemble de paramètres concerne les différents éléments d'architecture. Ces paramètres sont l'orientation, la taille, la forme et l'emplacement des ouvertures, les dimensions du local et le type du vitrage, ensuite on a défini

les Stratégies liées à l'éclairage naturel. Dans cette même partie, un cadre d'analyse plus approfondie est ensuite exposé à faire un résumé sur une étude porté sur le même sujet et enfin un descriptif sur les outils de simulation de l'éclairage naturel. Nous avons par la suite présenté dans la troisième partie, les cas d'études, la présentation des différents outils d'évaluation de l'éclairage naturel dans la partie précédente nous a conduits à choisir les simulations numériques pour la validation de notre travail. Donc, nous avons utilisé un logiciel disponible au niveau de l'EPAU: **AUTODESK ECOTECH ANALYSIS 2011**, tout en prenant en considération les données climatiques de la ville d'Alger. Ensuite, nous avons entamé la simulation à l'aide d'outil informatique, deux différentes possibilités d'éclairer les espaces et cela à travers une cour et un patio 'éclairage zénithale' et avec les ouvertures sur la façade 'éclairage latéral'.

Cette recherche est donc organisée en plusieurs parties distinguées entre la théorie, la pratique et l'expérimentation.

Recommandations :

Nous retenons que pour pouvoir garantir un bon éclairage à l'intérieur des pièces, une prise en compte d'un ensemble de paramètres est primordiale :

- Une bonne orientation du bâtiment, qui contribue à réduire les consommations de l'énergie électrique et qui permet de profiter d'un ensoleillement avantageux.
- Un choix d'une surface d'ouverture plus favorable afin de satisfaire les besoins de l'éclairage.
- Un choix de matériaux favorisant l'apport de réflexion des rayons solaires.
- L'utilisateur contribue également à travers son comportement à assurer cette satisfaction en matière d'éclairage, pour cela il faudrait le sensibiliser.

Limites de recherche :

Cette étude nous a permis d'arriver à des résultats important. Cependant comme toute recherche scientifique elle présente des limites :

- L'étude a été limitée pendant la période estivale qui correspond à la période de déroulement de notre recherche.
- L'étude n'a pas pu englober l'évaluation de tous les paramètres, vu la nécessité d'accorder au logiciel AUTODESK ECOTECH un temps non négligeable afin de pouvoir obtenir des résultats.

Plusieurs objectifs que nous sommes fixés au début ont été atteints à l'issue de ce travail,

- ✓ Nous avons pu identifier l'architecture ottomane et coloniale dans le périmètre de la casbah d'Alger.
- ✓ Nous avons abordé les paramètres liés à l'éclairage naturel à l'intérieur de secteur sauvegardé de la casbah d'Alger.
- ✓ Nous avons Evalué le niveau d'éclairement naturel à l'intérieur des pièces, et déterminé la quantité de la répartition de la lumière naturelle pénétrante, cela à l'aide de la simulation numérique.

Enfin de recherche, se dégagent en perspective :

- L'utilisation de l'outil informatique dans l'étude de l'éclairage naturel, comme approche objective a bien été menée dans cette étude. Toutefois il serait intéressant et très enrichissant de prendre en compte dans une future recherche l'appréciation de la qualité d'éclairement lumineuse exprimé par les usagers, d'essayer de conduire un questionnaire au sein des immeubles du périmètre de la casbah d'Alger, dans le but de vérifier la satisfaction des habitants vis-à-vis la qualité de la lumière généré par les dispositifs d'éclairage (latéral ou zénithal) dans les espaces (les pièces) d'habitation, il serait aussi intéressant de mener une approche subjective qui sont en mesure d'établir une lecture croisée entre les résultats de la simulation et les résultats du questionnaire.
- Il serait de même important de vérifier les conditions d'éclairement avec d'autres outils de simulation plus poussés et plus spécialisés qui permettrait d'avoir des résultats plus précis, sous formes d'images réalistes des espaces en questions comme par exemple le logiciel RADIANCE.
- A la fin il apparait nécessaire de reprendre cette méthodologie du travail dans une future recherche, en tenant compte de l'effet de la végétation et l'environnement immédiat (mitoyenneté...).

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

OUVRAGES :

1. DAVID RODITI, VENTILATION et lumière naturelles, Edition EYROLLES, Paris, 2011.
2. RAVEREAU.A. La Casbah d'Alger, et le site créa la ville. Edition Sindbad, Paris, 1989.
3. Sakina missoum, Alger à l'époque Ottomane la médina et la maison traditionnelle, édition INAS, Alger, 2003.
4. Sigrid Reiter et André de Herde. L'ECLAIRAGE NATUREL DES BATIMENTS. UCL Presse universitaire de Louvain. Prix Roberval. 2003.
5. Alain Liébard, André De Herde. TRAITE D'ARCHITECTURE ET D'URBANISME BIOCLIMATIQUE, Edition LE MONITEUR, La France 2005.
6. DEREK PHILIPS. the reference book for daylighting in architecture, (2004), Elsevier, Linacre House, Jordan Hill, Oxford OX28DP.
7. L'éclairage naturel, les guides bio-tech, groupe de travail de l'ICEB, ISBN EAN : 978-2-911533-12-9, Mars 2014.

ARTICLES ET REVUES :

1. M.BENABBAS, D.DJAGHROURI, R.AFREN, PATRIMOINE ET DEVELOPPEMENT DURABLE DANS LE CONTEXTE ALGERIEN:UNE DUALITE COMPLEMENTAIRE OU OPPOSEE ? Courrier du Savoir – N°24, Septembre 2017, pp.09-18, Université Mohamed Khider – Biskra, Algérie, 2017.
2. ICOMOS France Euromed Heritage, Le patrimoine : un modèle de développement durable. Quelles performances énergétiques pour le patrimoine architectural et urbain en Europe et en Méditerranée ? Actes du Colloque. Paris, les 4 et 5 octobre 2010.
3. BELAKEHAL.A. TABET AOUL.K. 2003. L'éclairage naturel dans le bâtiment. Reference aux milieux arides à climat chaud ET sec. Daylighting in buildings. Reference to hot arid lands. Courier du savoir N°04, Juin 2003, pp. 03-13. Université Mohamed Khider – Biskra, Algérie, 2003.
4. **Djaffar LESBET**, Patrimoine national : entre accommodements et paradigmes des concepts, dossier Patrimoine, visions croisées. Vies de villes = Numéro 09 Mai 2008.
5. BELAKEHAL Azeddine*, BENSALÉM Farid** et TABET AOUL Kheira**, L'ECLAIRAGE NATUREL DANS L'ARCHITECTURE DE LA PERIODE OTTOMANE EN ALGERIE, *Laboratoire de Conception et de Modélisation des Formes et des Ambiances Urbaines et Architecturales (*LACOMOFA*), Département

d'architecture, Université KHIDER Mohamed Biskra, BP 145 RP, 07000 Biskra, Algérie,
**Département d'architecture, USTO Oran.

MEMOIRES ET THESES :

1. TIZOUIAR Ouahiba (2012) Disponibilité de l'éclairage naturel en milieu urbain dense, sous la direction de Mr BENSALÉM, mémoire de magister, EPAU d'Alger.
2. MAGRI ELOUADJRI Sahar (2006). « Rapport entre éclairage naturel et confort thermique dans les milieux à climat chaud aride », sous la direction du Mme BOUSSOUALIM Aïcha. Mémoire de magister, EPAU.
3. MATALLAH.Z. « Etude des effets de l'orientation sur le confort visuel dans les salles de cours avec éclairage naturel latéral, cas d'étude salles de classes de l'université de Laghouat ». Mémoire de magister. Université Mohamed Kheider – Biskra.20..
4. BENHARKAT Sarah, (2005-2006), IMPACT DE L' ECLAIRAGE NATUREL ZENITHAL SUR LE CONFORT VISUEL DANS LES SALLES DE CLASSE CAS D' ETUDE : BLOC DES LETTRES DE L'UNIVERSITE MENTOURI CONSTANTINE, sous la direction de Dr. SAFFIDINE Djamila, mémoire de Magister, université MENTOURI Constantine.
5. HASSAS Ep. KHALEF Naïma, ETUDE DU PATRIMOINE ARCHITECTURAL DE LA PERIODE OTTOMANE : ENTRE VALEURS ET CONFORT, UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU, 30/06/2012.

COURS :

1. Dr Maha MESSAOUDENE, Cours méthodologie générale, EPAU, 2015.

DOCUMENTS ADMINISTRATIFS :

1. PLAN PERMANENT DE SAUVEGARDE ET DE MISE EN VALEUR DU SITE SAUVEGARDE de la casbah d'Alger, rapport de présentation : Edition finale, G.CNERU, Novembre, 2009.
2. PLAN PERMANENT DE SAUVEGARDE ET DE MISE EN VALEUR DU SITE SAUVEGARDE de la casbah d'Alger, Manuel des typologies architecturales, constructives et architectoniques).
3. PLAN PERMANENT DE SAUVEGARDE ET DE MISE EN VALEUR DU SITE SAUVEGARDE de la casbah d'Alger, Règlement, 54 pages : Edition finale Avril, 2010.

DOCUMENTS ELECTRONIQUES :

1. S.I.A (eds), 1990. Le soleil, chaleur, lumière dans le bâtiment. EPFL, Lausanne, extrait de l'article du : BELAKEHAL.A. TABET AOUL.K. 2003. L'éclairage naturel dans le bâtiment. Reference aux milieux arides à climat chaud ET sec. Daylighting in buildings. Reference to hot arid lands. Courier du savoir N°04, Juin 2003, pp. 03-13. Université Mohamed Khider – Biskra, Algérie, 2003.consulté le 18/06/2018.
2. ARCHITECTURE ET CLIMAT, 2012. Site Energie+. In : [en ligne]. septembre 2018. Disponible à l'adresse : <http://www.energieplus-lesite.be/>. Consulté le 20/06/2018.
3. TERRIER. Christian et VANDEVYVER. Bernard. "L'éclairage naturel", fiche pratique de sécurité, Paris : ED 82, Travail et Sécurité, (Mai 1999), p1 [En ligne] www.inrs.fr (Page consultée le 20/08/2018). Consulté le 20/06/2018.
4. <https://evaluationcanada.ca/fr/quest-ce-que-levaluation> consulté le 18/09/2018.
5. <https://fr.graitec.com/archiwizard/> consulté le 18/09/2018.
6. Définition de l'immeuble de rapport: http://fr.wikipedia.org/wiki/immeuble_de_rapport.
7. GOOGLE EARTH. Disponible sur le site : <https://earth.google.com/web>. Consulté le 30/09/2018.

DOCUMENTS GRAPHIQUES :

1. PLAN PERMANENT DE SAUVEGARDE ET DE MISE EN VALEUR DU SITE SAUVEGARDE de la casbah d'Alger, Edition finale, G.CNERU, Novembre, 2009.
2. PLANS DE DIFFERENTS NIVEAUX DE LA MAISON TRADITIONNELLE, RELEVÉ CASBAH D'ALGER ILOT G02, FICHE D'EXPERTISE ET MESURES D'URGENCE, CABINET TECHNIQUE D'ARCHITECTURE ET D'URBANISME / BOULEMKAHEL Chef de Projet : M. BOUGDAL. k, DIRECTION DE LA CULTURE DE LA WILAYE D'ALGER, PPSMVSS

LOGICIELS:

1. AUTODESK AUTOCAD 2011_FRANÇAIS.
2. SKETCHUP PRO 2015.
3. ADOBE PHOTOSHOP CS6.
4. AUTODESK ECOTECH ANALYSIS 2011.
5. CLIMATE CONSULTANTE 6.0.

LISTES DES FIGURES ET DES TABLEAUX

Figure 40 : Démarche méthodologique du mémoire. (Source Auteure).....	7
Figure 41:Structure du mémoire. (Source Auteure).....	9
Figure 42:Pénétration de a lumière naturelle à l'intérieur de la maison traditionnelle. Source : AVEREAU.A.....	13
Figure 43:Schéma représentant la composition en plan de l'environnement lumineux dans l'architecture résidentielle : une série d'anneaux radioconcentriques de niveaux d'éclairage lumineux décroissants en allant du patio vers les pièces périphériques (Source : AZEDDINE BELAKHEL).....	13
Figure 44:Représentation schématique de la composition en plan de l'environnement Lumineux des pièces de l'habitation : une adjacence de zones de niveaux d'éclairage lumineux décroissants en allant de l'axe, formé par la porte et l'alcôve, vers les côtés (Source : AZEDDINE BELAKHEL).....	14
Figure 45:Dispositifs d'éclairage naturel. (Source Auteure).....	15
Figure 46 : Immeuble de la période coloniale sis Rue Larbi Ben M'Hidi (Source : les échos d'Alger).....	17
Figure 47 : Eclairage latéral au niveau des immeubles de la période coloniale (Source : site web).....	17
Figure 48 : Eclairage zénithal au niveau de 02 immeubles sis à la rue Larbi Ben M'Hidi. (Source Auteure).....	18
Figure 49:Plan de prescriptions réglementaires général du secteur sauvegardé de la casbah d'Alger source : L'Agence Nationale Des Secteurs Sauvegardés, 17, rue Hadj Omar, DAR EL KADI basse casbah. Voir annexe.....	21
Figure 50:Position de la terre par rapport au soleil au cours de l'année (Source : https://www.energieplus-lesite.be).....	23
Figure 12:Schéma représentant la hauteur et l'azimut du soleil. Source : E. Mazria.....	24
Figure 13:Influence du site sur l'éclairage.....	25
Figure 51:Niveau d'éclairage intérieur (avec et sans masque solaire) Source : Alain Liébard, André De Herde.....	25
Figure 15:Niveau d'éclairage dans un local selon différente latitude. (15 Mars, ciel clair, début d'après midi, orientation Sud)Source : Magri sahar.....	26
Figure 16:La disponibilité de la lumière en fonction de la saison. (Ciel clair, début d'après midi, orientation Sud) Source : Magri sahar.....	26
Figure 17 : L'effet de l'heure sur l'éclairage naturel. Source : Alain Liébard, André De Herde.....	27
Figure 18:Différents types de ciels. Source : Alain Liébard, André De Herde.....	28
Figure 19:Prise de jour latérale et zénithale. Source : Magri sahar.....	29
Figure 20:L'effet de l'orientation des ouvertures sur la quantité de l'éclairage naturel 15 Mars, ciel clair, fin d'après midi. Source : Magri Sahar.....	30
Figure 21 : L'effet de la dimension des ouvertures sur l'éclairage naturel. Source : Magri Sahar.....	30
Figure 52:Terminologie de la surface absolue des ouvertures. Source: the reference book for daylighting in architecture.....	31
Figure 53:L'effet de la forme des ouvertures sur l'éclairage naturel.Source : Alain Liébard, André De Herde.....	31
Figure 24:L'effet de l'emplacement des ouvertures sur l'éclairage naturel. Source : Alain Liébard, André De Herde.....	32
Figure 54: Surfaces claires : Une pièce plus éclairée.....	32
Figure 55:L'effet de la profondeur du local sur l'éclairage naturel.Source : Magri Sahar.....	33
Figure 56:L'effet de la hauteur du local sur l'éclairage naturel. Source : Magri Sahar....	33

Figure 28 : Coefficient de transmission lumineuse pour différents types de vitrages.Source : Magri Sahar	34
Figure 29:Stratégies de l'éclairage naturel. Alain Liébard, André De Herde.....	35
Figure 57:Eclairement lumineux / Rapport éclairement-intensité lumineuse / Exemples de niveaux d'éclairéments. Source : Alain Liébard, André De Herde.....	36
Figure 58:Eclairement des différentes sources de l'éclairage naturel.Source : Alain Liébard, André De Herde.....	36
Tableau 5 : Conditions d'éclairage (Source NEUFERT, 1983).....	37
Figure 592:Facteur de lumière de jour. Source: Alain Liébard, André De Herde.....	39
Figure 60:La distribution lumineuse dans un local ouvert d'une manière latérale. (Ouverture Sud) Source : Alain Liébard, André De Herde.....	41
Figure 61:La distribution lumineuse dans un local ouvert d'une manière bilatérale. (Ouvertures Sud + Nord). Source : Alain Liébard, André De Herde.....	41
Figure 62:La distribution lumineuse dans un local ouvert d'une manière multilatérale. (Ouvertures Sud + Nord + Est et Ouvertures Sud + Nord + Est + Ouest). Source : Alain Liébard, André De Herde.....	41
Figure 63 : Dispositifs d'éclairage zénithal. (Source : l'éclairage naturel, les guides bio-Tech).....	42
Figure 64 : Caractéristiques de dispositifs d'éclairage zénithal. (Source : l'éclairage naturel, les guides bio-Tech).....	43
Figure 65:Résultats obtenues de calcul et d'évaluation de niveau d'éclairément d'un bâtiment en R+5 . Source : Tizouiar Ouahiba, 2012.....	47
Figure 39:Luxmètre LX 200.....	50
Figure 66:Résultats de simulation sous Ecotect (éclairage naturel, à gauche et éclairage artificiel à droite) (Source : Ecotect Help).....	51
Figure 67:Résultats de simulation sous Ecotect.....	51
Figure 68:Simulation avec Radiance (à gauche les éclairéments, à droite les luminances).....	51
Figure 69:Calcul de l'éclairément naturel et artificiel immédiat et précis.....	52
Figure 70 : Délimitation administrative de la commune de la Casbah d'Alger. (Source : ASKEUR Zineb, Architecte).....	56
Figure 71 : La Médina d'Alger dans son site naturel. (Source Google Earth).....	56
Figure 72 : Colline abritant le site de la Casbah, données physiques. (Source HASSAS Ep. KHALEF Naïma).....	57
Figure 73 : Température mensuelle moyenne. (Source : Météonorm ; 1991-2010).....	58
Figure 74 : Précipitation. (Source : Météonorm ; 1991-2010).....	58
Figure 49 : Humidité relative d'Alger (Source WeatherTool Ecotect Analyses 2011).....	59
Figure 75 : Vents dominants d'hiver et d'été. (Source Climate consultant 6.0).....	59
Figure 76 : Durée d'enseillement mensuelle. (Source : Météonorm ; 1991-2010).....	60
Figure 77 : Rayonnement global et diffus mensuel / annuel. (Source : Météonorm ; 1991-2010).....	60
Figure 53 : Situation géographique du cas d'étude.....	61
Figure 54 : Emplacement de la maison dans le tissu traditionnelle de la casbah d'Alger (source auteure.....	61
Figure 55 : Forme et dimension de l'immeuble. (Source : Auteure).....	61
Figure 56 : Plans de différents niveaux de la maison sis 36, Rue N' Fissa Ramdane la Casbah d'Alger (Source : Auteure).....	62
Figure 78 : Coupes longitudinale. (Source auteure).	62
Figure 58 : Coupe sur la façade intérieure OUEST. (Source Auteure).....	63
Figure 59 : Coupe sur la façade intérieure NORD. (Source Auteure).	63
Figure 60 : Coupe sur la façade intérieure SUD. (Source Auteure).....	63
Figure 61: Coupe sur la façade intérieure OUEST.	63

Figure 62 : façade extérieure EST et SUD-EST . (Source Auteure).....	63
Figure 63 : Composition structurelle apparente d'une maison en ruine (source PPSMVSS).....	64
Figure 64 : Mur à double strates régulières: horizontale et en épis (45°) (Source : PPSMVSS, Manuel des typologies architecturales, constructives et architectoniques page 99, traitée par auteure).....	64
Figure 65 : La structure verticale des maisons traditionnelles a une structure flexible, elle se compose de: colonnes et arcades.....	64
Figure 66 : Plancher sur rondins de thuya et voligeage de bois (Source : PPSMVSS, Manuel des typologies architecturales, constructives et architectoniques page 116, traitée par Auteure).....	64
Figure 67 : Détail constructif de l'escalier.....	64
Figure 68 : vue sur l'encorbellement sur façade. (Source : Auteure).....	64
Figure 69 : Emplacement de l'immeuble dans le tissu mixte de la casbah d'Alger (Source Google earth).....	65
Figure 70 : dimensionnement de l'ilot.	65
Figure 71: Emplacement de l'immeuble dans le tissu mixte de la casbah d'Alger (Source Google earth).....	66
Figure 72 : Rapport de l'immeuble à l'espace public.....	66
Figure 73 : dimensionnement de la parcelle.	66
Figure 74 : Système distributif.....	66
Figure 75: Plans de différents niveaux de l'immeuble de rapport sis 36, Rue BAB EL OUED, la Casbah d'Alger (Source : Auteure).....	67
Figure 76 : disposition des ouvertures au niveau des deux façades principales de l'immeuble.	68
Figure 77 : disposition des ouvertures donnant sur la cours découverte au niveau de la façade intérieure de l'immeuble. Coté Nord. (Source : Auteure).....	68
Figure 78: disposition des ouvertures donnant sur la cours découverte au niveau de la façade intérieure de l'immeuble. Coté Sud. (Source : Auteure).....	68
Figure 79: Détail du plancher Klein.....	69
Figure 80 : Mur constitué de la pierre bleue apparente à cause de grattage du mur. (Source Auteure).....	69
Figure 81 : Richesse architecturale de la façade intérieure de l'immeuble.(Source Auteur).....	70
Figure 82 : Richesse architecturale de la façade intérieure de l'immeuble.(Source Auteur).....	70
Figure 83 : ordonnancement de la façade de l'immeuble.(Source Auteur).....	70
Figure 84 : Interface du logiciel ECOTECT ANALYSIS 2011 (Source Auteure).....	71
Tableau 6 : Etapes de la simulation faite à l'aide du logiciel AUTODESK ECOTECT ANALYSIS 2011. (Source Auteure).....	74
Tableau 7 : Résultats de calcul et évaluation des niveaux d'éclairément par une simulation numérique (Logiciel ECOTECT). (Source Auteure).....	75
Tableau 8 : Résultats de calcul et évaluation des niveaux d'éclairément par une simulation numérique (Logiciel ECOTECT). (Source Auteure).....	76

ANNEXES

✚ **Généralité sur les immeubles de rapport :**

L'immeuble de rapport est un immeuble à un ou plusieurs escaliers collectifs offrant des appartements superposés à grandes surfaces qui se développe en hauteur.

L'immeuble de rapport est un immeuble abritant plusieurs logements loués par un ou plusieurs propriétaires⁹⁴ situé à l'alignement des rues comme les immeubles collectifs plus anciens. Il est souvent constitués d'une organisation spatiale spécifique allant du modèle des pièces à enfilades, d'un atrium et d'un gabarit qui ne dépasse pas les cinq ou six étages (R+5 / R+6). Ses façades s'organisent généralement en trois parties : le soubassement (comprenant le rez-de-chaussée et parfois un entresol), les étages courants et le couronnement formé par un dernier étage souligné par un balcon, une corniche ou un décor particulier des parties hautes. De même, elles sont ordonnancées grâce aux percements respectant les alignements verticaux et horizontaux.

Ces constructions ont bénéficié des nouvelles techniques et de l'industrialisation des éléments constructifs (tuiles techniques, briques, moellons, céramiques ... etc.) d'où l'agrandissement des ouvertures et leur spécialisation (grandes fenêtres pour les pièces principales, petites ouvertures pour les pièces de service) ainsi que les éléments décoratifs concentrant au pourtour des ouvertures en créant souvent un contraste de couleurs et de matériaux soulignent cette évolution.

De même la personnalisation se manifeste au niveau des ouvertures par un changement dans le rythme des fenêtres, ce qui permettait d'afficher la distribution intérieure en changeant le type d'ouverture selon la nature de la pièce. Cela va permettre l'apparition des balcons à large ouverture sur la rue notamment dans les pièces de réception et les chambres principales, tandis que les cuisines et les pièces secondaires attribuées aux domestiques donnent sur les cours et les puits de lumière qui était souvent gênés par la hauteur des constructions.

○ **Caractéristiques des immeubles de rapport :**

L'identification de ces caractéristiques sera en mesure des paramètres qui nous serviront dans notre corpus d'étude, à savoir : la forme (compacité), organisation spatiale, orientation, matériaux et techniques de construction.

– **Forme des bâtiments :**

La meilleure utilisation du terrain a permis la construction des immeubles qui se développent en hauteur tout en prenant en considération la morphologie de la parcelle sur

⁹⁴ Définition donnée par le site : http://fr.wikipedia.org/wiki/immeuble_de_rapport.

laquelle ils sont conçus et dont ils reçoivent les caractéristiques suivantes : situation et mitoyenneté, forme et dimensions et topographie.

Forme géométrique compacte « quadrangulaire », subit des transformations au niveau des fronts des immeubles, dans lesquels les cours corrigent les déformations en adoptant des formes régulières.

– **Organisation spatiale :**

L'immeuble de rapport est inscrit dans une hiérarchie verticale tripartite comportant un soubassement à boutiques, des étages courants destinés à usage résidentiel et un couronnement qui sert d'un étage d'attique.

Concernant la hiérarchie horizontale, tous les étages supérieurs de l'immeuble présentent une organisation spatiale identique à l'exception de l'étage d'attique mis en retrait par rapport au plan verticale de la façade.

L'organisation spatiale est en rapport avec une distribution par cour et par double ou multiples cage d'escalier dont le nombre et l'éclairage dépend de la profondeur de la parcelle. D'ailleurs, la cour centrale est réalisée à partir d'une corrélation de plusieurs immeubles 02 et elle suppose une prise en charge commune des servitudes et des distributions. Cette mise en commun de la cour permet d'agrandissement de ses dimensions afin de s'éloigner des cours – puits insalubres qui ont été tant décriés par les hygiénistes. Sur le plan morphologique, la configuration et le dimensionnement de ces vides ilots sont tributaire non seulement du prospect mais aussi de la distribution des espaces ouvrants sur eux.

– **Les matériaux :**

Les matériaux utilisés dans la construction des immeubles de rapport sont choisis selon le prestige de l'immeuble au sein de lequel il se situe. La façade de l'immeuble est en pierre de taille présentée sous forme de blocs, pierre calcaire et moellon, recouvert par un parement en plâtre ou en ciment peint. Cependant les éléments de structures sont constitués à base de métal ou en béton.

**1. PLAN PERMANENT DE SAUVEGARDE ET DE MISE EN VALEUR DU SITE SAUVEGARDE DE LA CASBAH D'ALGER,
EDITION FINALE, G.CNERU, NOVEMBRE, 2009 :**

**2. PLAN PERMANENT DE SAUVEGARDE ET DE MISE EN VALEUR DU SITE SAUVEGARDE DE LA CASBAH D'ALGER,
PAR SOUS SECTEUR, EDITION FINALE, G.CNERU, NOVEMBRE, 2009 :**

