

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE  
LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOHAMED KHIDER DE BISKRA



FACULTE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE  
DEPARTEMENT D'ARCHITECTURE

N° d'ordre : .....

Série : .....

## MEMOIRE

Présenté pour obtenir le diplôme de Magistère en

*Architecture*

Option

*Architecture, formes, ambiances et développement durable.*

### ***ETUDE EXPERIMENTALE DE L'IMPACT DE LA BAIE ET DE LA COMPOSANTE REFLECHIE INTERNE SUR L'ENVIRONNEMENT LUMINEUX INTERIEUR***

***CAS DES MOSQUEES ALGERIENNES***

PAR  
**LACHEHEB SARA**

SOUTENU LE 23 06 2013

#### Devant le jury

Président :	MAZOUZ Said	Prof	Univ. BISKRA
Rapporteur :	BELAKEHAL Azeddine	M.c.	Univ. BISKRA
Examinatrice :	ROUAG-SAFFIDINE Djamilia	Prof	Univ. CONSTANTINE
Examineur :	BADA Yacine	M.c.	Univ. BISKRA

## ملخص

يتطرق البحث الحالي للجوانب الكمية للأجواء الناتجة عن الإضاءة الطبيعية في المجالات الداخلية وبخاصة قاعات الصلاة في المساجد الجزائرية التقليدية، مع مراعاة أنماطها السائدة و التقنيات المعمارية المتبعة من أجل توفير الإضاءة الطبيعية فيها اعتمادا على كل من الفتحات و خصائصها بالإضافة إلى الخصائص المتعلقة بالأسطح الداخلية سواء كانت متعلقة بالسطح (لون، ملمس،...) أو بالشكل (مستو/منحن ،...).

نتساءل عن التفاعل بين الضوء الطبيعي و الشكل المعماري، أو بصيغة أخرى عن الطريقة التي من خلالها يكشف لنا الفضاء المعماري عن الضوء الطبيعي أو العكس.

كما و نتطلع إلى تطوير نموذج لدراسة الأجواء الداخلية للإضاءة الطبيعية، اعتمادا على الفتحات و الانعكاسات الداخلية للضوء، و من ثم إلى تحليل التفاعلات المتواجدة بين المتغيرات المولية لهذين المفهومين.

نفترض أن التحكم في التفاعل بين الشكل المعماري و الضوء الطبيعي إنما هو راجع إلى الانسجام و التوفيق بين خصائص الفتحات و الخصائص الشكلية و السطحية للأسطح الداخلية للفضاء المعماري.

## Résumé

Le présent travail de recherche traite des aspects quantitatifs de l'ambiance lumineuse dans les espaces intérieurs des salles de prières des mosquées algériennes traditionnelles. Nous tenons compte des typologies dominantes de ces dernières et des dispositifs architecturaux d'éclairage naturel utilisés relativement à la baie et ses modalités ainsi que celles des surfaces internes notamment les caractéristiques surfaciques (texture, couleur,...) d'une part et formelles (verticalité/inclinaison, linéarité/courbure,...) d'autre part.

Un intérêt particulier est accordé à la rencontre spatiale entre la lumière amenée par les baies et ses interactions avec la conformation architecturale régie par ses formes et ses surfaces internes. Un modèle d'étude de l'éclairage naturel est élaboré.

Nous nous interrogeons sur l'interaction lumière/ conformation architecturale. Autrement dit, la manière dont la conformation architecturale révèle la lumière ou vice-versa et à quel point la baie et la conformation architecturale pourraient s'associer en vue de satisfaire l'intention architecturale, en matière d'ambiance lumineuse.

Notre intention est d'élaborer un modèle d'étude de l'ambiance lumineuse intérieure basé sur la baie et la composante réfléchie interne permettant l'analyse des interactions existantes entre les variables relatives aux deux concepts.

Il est supposé que l'interaction forme-lumière naturelle se tiendrait à une synergie entre les caractéristiques de la baie et celles des propriétés formelles et surfaciques des parois intérieures.

## 1. Éléments de problématique

Tel un nutriment essentiel, la lumière naturelle nous est indispensable pour la vie sur terre, intimement liée à notre vécu quotidien; elle influence notre équilibre physiologique et psychologique.

L'histoire de l'architecture démontre que la lumière est un élément déterminant de la forme architecturale. La question de la lumière dans l'architecture est essentielle, dans la mesure où les volumes et les matériaux ne sont révélés que par la lumière qui les baigne.

Au cours des dernières années, l'éclairage naturel a reçu une attention accrue par les spécialistes de la HQE, celui-ci représente une cible importante pour les bâtiments de haute qualité environnementale, et ce pour diverses et multiples raisons.

En ce qui concerne l'architecte en tant qu'initiateur d'espace et compositeur de la conformation architecturale, la lumière naturelle révèle un caractère ambiantal par excellence (Reiter et De Herde, 2004). Elle devient ainsi un élément structurant du projet architectural, dans un cadre d'ambiance lumineuse et de dynamique forme-lumière, permettant d'approcher ce paramètre environnemental de préoccupations très actuelles comme les économies d'énergie, la préservation de l'environnement et le développement durable.

Le verset dit de la lumière, 'Dieu est la Lumière des Cieux et de la Terre' (Coran XXIV, 35), montre que l'Islam, à l'instar de toutes les autres religions monothéistes, accorde une forte valeur à cette dimension sensorielle. Ce verset fut la source d'inspiration de divers mystiques musulmans. Le célèbre El Ghazali en fut même une introduction classique à la spiritualité musulmane (Belakehal et al, 2004). Cette valorisation sera transcrite au niveau architectural et urbain, voire culturel du monde islamique traditionnel. Les édifices cultuels islamiques, les mosquées en particulier, font partie des œuvres architecturales qui nous donnent un aperçu de la variété des approches et des réalisations en ce qui concerne la dynamique entre forme et lumière naturelle. La lumière y est synonyme de vie, mais sa dimension immatérielle, son caractère changeant, son invisibilité expliquent sa fascination sur l'homme.

Ainsi, diverses mosquées traditionnelles mettent en valeur cette dynamique relationnelle entre forme et lumière naturelle, à travers des dispositifs de l'éclairage naturel et /ou des dispositions de ces dispositifs, donnant une démonstration d'approche conceptuelle de la

lumière dans l'architecture. **La lumière diffuse qui pénètre à travers les baies et ses reflets dans l'édifice, sanctifient et embellissent l'espace architectural. La baie devient un filtre entre l'intérieur et l'extérieur, les différentes réflexions de la lumière créent un espace architectural manifestant la magnificence divine.**

**Les mosquées contemporaines** attestent au contraire, d'une pauvreté architecturale, et d'une maladresse affirmée quant à la qualité des ambiances lumineuses intérieures, consommation électrique excessives durant toute la journée, et tout au long de l'année, une architecture indépendante de l'environnement physique, générant des espaces tributaires de l'éclairage artificiel, qui ne peuvent répondre aux besoins psychiques et physiologiques des fidèles usagers.

Dans le but de satisfaire notre curiosité qui nous incite à croire que le savoir faire ancestral nous fournira des leçons d'éclairage naturel, cette intuition renforcée par le fait que les moyens d'éclairage électrique étaient encore quasi absents à cette époque.

Face à cette situation, notre étude tente de mettre en relief la contribution de l'architecture islamique traditionnelle en Algérie, tout en analysant les divers dispositifs voués à l'éclairage naturel, afin d'en tirer des leçons.

De ces faits, la présente problématique que nous étayons au cours de l'élaboration de cette recherche, porte un regard **plutôt quantitatif que qualitatif sur la rencontre spatiale entre forme et lumière**, tout en ayant comme objectifs :

i) la détermination du rôle de la conformation architecturale dans la caractérisation de l'environnement lumineux, ii) l'élaboration d'un répertoire référentiel de conformations architecturales associant caractérisations morphologiques et photométriques.

La composition d'une conformation architecturale dont l'environnement lumineux intérieur est optimal, désigne l'exploitation rationnelle de la lumière naturelle. Cette dernière exige une connaissance des différentes composantes de la conformation architecturale influençant le modèle de l'ambiance lumineuse : i) espace architectural, ii) environnement lumineux intérieur, iii) usager et enfin iv) contexte. L'architecte, dans sa démarche conceptuelle ne peut directement agir que sur **l'espace architectural** et l'environnement lumineux intérieur. Pour les deux autres composantes du modèle, son action directe se limite à un seul paramètre du contexte, à savoir, l'orientation par rapport au soleil, et ce en fonction des choix offerts par le site. **C'est pourquoi notre étude s'intéresse particulièrement aux caractéristiques de l'espace architectural et leur impact sur l'environnement lumineux intérieur** et tente de répondre à trois questions :

- 1/ Comment la lumière est-elle en interaction avec la conformation architecturale? Autrement dit, comment la conformation architecturale révèle-t-elle la lumière ou vice-versa?
- 2/ Par quels moyens le bâtisseur procéda-t-il à la création d'une ambiance lumineuse en respect de ses propres intentions ?
- 3/ A quel point la baie et la conformation architecturale pourront s'associer en vue de satisfaire l'intention architecturale en matière d'ambiance lumineuse ?

Une hypothèse est formulée en vue de rendre cette recherche opérationnelle et prête à être soumise à la vérification :

L'interaction forme-lumière naturelle se tiendrait à une synergie entre les caractéristiques de la baie et les propriétés formelles et surfaciques des parois intérieures.

Pour circonscrire les concepts, l'étude tente d'isoler ceux-ci pour en définir les actions. Il est alors impératif de procéder par une **approche expérimentale** permettant d'**agir sur les différentes modalités des variables indépendantes**. Celles-ci engloberaient : i) **les modalités de baie** : orientation, dimensions, position et forme, et ii) **les modalités des surfaces internes** de la conformation architecturale à savoir **les caractéristiques surfaciques** (texture, couleur, rugosité,...) d'une part **et formelles** (verticalité/inclinaison, linéarité/courbure,...) d'autre part. Chacune de ces dernières possède un impact sur la qualité de la lumière naturelle. En général, les conditions finales sont les résultats de l'ensemble des impacts de ces variables. Dans ce sens, il revient au concepteur de trouver la plus optimale des corrélations entre toutes les variables influençant la lumière naturelle et d'adopter les diverses techniques afin de **mieux contrôler l'admission, la réflexion et la distribution de la lumière naturelle à l'intérieur de la conformation architecturale**.

La méthode d'expérimentation proposée utilise **la simulation informatique** comme technique de recherche. **La simulation permet de tester des concepts innovants et de vérifier la pertinence des choix architecturaux** en répondant à la question : que se passerait-il si... ?

Une attention toute particulière est accordée aux outils de simulation en éclairage. Ce sont des **outils de représentation** (réalité virtuelle, rendu photo réaliste) et leur couplage avec les logiciels de dessin actuels facilite leur exploitation et explique leur succès. Parallèlement, ces outils sont des **aides à la conception** en permettant une **meilleure compréhension des**

phénomènes liés aux différentes facettes de l'utilisation de la lumière dans les bâtiments (Reiter et De Herde, 2004).

Un corpus d'édifices culturels, en l'occurrence des mosquées Algériennes, est constitué en vue de sélectionner les paramètres à prendre en compte pour l'expérimentation par simulation informatique; des mosquées Algériennes traditionnelles du type hypostyle et à coupole centrale à l'issue d'une étude, portant sur les dispositifs architecturaux d'éclairage naturel et de leur disposition dans les salles de prière, menée sur ces mosquées. Quatre modèles structurels représentatifs des propriétés intrinsèques déterminant baies et propriétés formelles et surfaciques de la conformation architecturale, des mosquées algériennes à salle de prière hypostyle et à salle de prière à coupole centrale également, ont été mis au point pour l'étude.

Ces modèles vont être mis au profit de la compréhension des interactions entre les concepts étudiés, en vue de fournir les concepteurs d'une palette qui conditionnera les choix de leur architecture quant à une ambiance lumineuse confortable, et surtout quantitativement suffisante pour l'exercice des tâches appropriées.

## 2. Structuration du travail de recherche

Le présent mémoire est structuré en deux parties ; théorique et pratique.

La première englobe trois chapitres tandis que la seconde comporte quatre.

- Dans le premier chapitre de la partie théorique (***Lumière et espaces culturels***), nous examinons la signification de la lumière en rapport avec la divinité, sa symbolique, les dispositifs architecturaux mis en service pour exprimer ceci, depuis l'antiquité jusqu'à nos jours.
- Dans le second chapitre (***Développement d'un modèle de l'éclairage naturel***), nous définissons un modèle préalable hypothétique spécifique à l'éclairage naturel fondé sur celui de Fuller Moore.

Ensuite, nous construisons un modèle d'analyse basé sur la baie, la composante réfléchie interne et les dispositifs architecturaux qui les constituent.

- Dans le troisième chapitre (***L'éclairage naturel dans les mosquées***), une étude sur l'évolution de l'architecture des mosquées sera faite. Il sera donc question de situer la

mosquée algérienne vis-à-vis des types existant de mosquées en se basant sur la salle de prière, de passer style par style (le corpus d'étude) et d'en dégager un inventaire des dispositifs de l'éclairage naturel et de leurs dispositions pour en constituer le modèle structurel représentatif.

- Nous présentons, dans le premier chapitre de la partie expérimentale (***Radiance outil de la simulation de l'éclairage naturel***), le logiciel Radiance et ses avantages par rapport au contexte de l'étude.

Une application, sur une des mosquées du corpus d'étude relatif aux mosquées à salle hypostyles, est montrée avec ce logiciel, une lecture des résultats est faite par la suite.

- Dans ce deuxième chapitre (***Les tests pilotes***), nous testons l'effet des variations clés de l'expérimentation en vue de déceler l'ampleur de leur impact sur l'environnement lumineux intérieur, tout en se basant sur deux indicateurs, à savoir l'éclairement et la luminance.

Ces tests permettent la sélection des dispositifs et caractéristiques à prendre en compte lors des simulations.

- Nous effectuons, dans le troisième (***La mosquée à salle de prière hypostyle***) et le quatrième chapitre (***La mosquée à salle de prière à coupole centrale***) de la partie expérimentale, des simulations informatiques de la lumière naturelle en vue de pourvoir notre étude de résultats nécessaires au sujet de l'ambiance lumineuse intérieure comme produit de l'interaction Baie/CRI, le cas des mosquées à salle hypostyles et à salle à coupole centrale en Algérie, en effectuant les principales manipulations sur les quatre modèles développés dans le chapitre trois de la partie théorique. Une fois les résultats obtenus nous procédons à leur organisation ensuite à leur interprétation et à la lumière des enseignements tirés nous passons à la conclusion.
- Comme toute recherche, la notre se termine par une conclusion générale où nous exposons les limites de la présente recherche, les principaux résultats et les recommandations à en tirer et les axes pour un éventuel développement futur.

*"Lumière sur lumière."*

*"Allah est la Lumière des cieux et de la terre. Sa lumière est semblable à une niche dans laquelle se trouve une lampe. La lampe est dans un verre. Le verre est comme un astre resplendissant. Elle tire sa flamme d'un arbre béni, un olivier qui n'est ni d'orient ni d'occident. Peu s'en faut que son huile n'illumine sans même que la touche le feu. Lumière sur lumière ! Allah guide vers Sa lumière qui Il veut. Allah fait des symboles pour les hommes et Allah connaît toutes choses"*

Le verset dit de la lumière, (Coran. 24, 35).

### **Introduction :**

Pour la raison que la planète Terre tourne autour du soleil, l'homme a ajusté sa vie selon un rythme diurne de la journée (succession de clarté et d'obscurité), la durée du jour varie selon la saison. Et puisque cet organisme éternel doit avoir été créé par Dieu, le soleil lui-même, comme source de lumière, était adoré et vénéré comme Dieu : comme en Egypte, Ammon ou Aton et le dieu Râ, et plus tard par les Grecs comme Zeus, et par les Romains comme Jupiter, le maître de l'univers, en Amérique centrale et en Amérique du Sud, les Aztèques sont le peuple élu du Soleil. Au Pérou, les Incas avaient pour souverain le grand Inca, fils du soleil et vénéré comme lui. En Chine, Bouddha est appelé l'homme d'or.

**L'espace sacré est l'espace central autour duquel gravite le monde.** Dès lors, l'incarnation du spirituel dans un objet ou une forme sensible (matérielle) accessible à nos sens, a été, depuis toujours, la plus grande préoccupation de l'humanité, Il est remarquable qu'il leur ait toujours élevé des monuments ou des temples pour leur rendre hommage.

**L'architecture à travers la lumière naturelle, donne à voir le contenu du message de la religion** en mettant en évidence des formes et des proportions qui sont en correspondance avec celles du cosmos, et qui en sont une clé d'intelligibilité.

**La lumière naturelle comme représentant du divin est vénérée par les religions et particulièrement celles monothéistes.**

Quelle que soit la culture, la religion, le Soleil et sa lumière ont toujours eu une connotation divine, que ce soit en tant que divinité à part entière ou d'un attribut divin.

Les premières manifestations de conception consciente de la lumière du jour sont constatées particulièrement dans les constructions sacrées, dont l'usage religieux ou symbolique. Toutes les littératures montrent que les différentes religions du monde ont fait usage de la lumière dans leurs rituels où elle est un symbole de la divinité (Seringe, 2003).

De cette origine cosmologique l'édifice religieux garde une dimension symbolique très forte, en Occident comme en Extrême-Orient.

*"And God said, Let there be **light**: and there was **light**.  
And God saw the **light**, that it was good:  
and God divided the **light** from darkness."*

(Genèse 1, 3-4.)

*"Au commencement était le Verbe... En lui était la vie et la vie était la **lumière** des hommes, et la **lumière** brille des hommes, et la **lumière** brille dans les ténèbres et les ténèbres ne l'on pas comprise... Le Verbe était la vraie **lumière** qui, venant dans le monde, **illumine** tout homme."*

(Evangile selon saint Jean 1, 1-9.)

Selon le texte de la Genèse, Dieu, considérant que la lumière était bonne, l'a isolée des ténèbres. La dualité lumière-ténèbres est présente dans l'histoire des religions.

*"**Lumière sur lumière.**"*

*"Allah est la **Lumière** des cieux et de la terre. "*

Le verset dit de la lumière, (Coran. 24, 35).

Le verset dit de la lumière, montre que l'Islam ainsi que toutes les autres religions monothéistes accorde une forte valeur à cette dimension sensorielle.

## 1. Lumière et espaces culturels à travers l'histoire :

Au fil du temps, la lumière naturelle acquies des usages et des significations propres à chaque civilisation. Ces acquis se manifestent au moyen de dispositifs architecturaux que cette recherche tente de mettre en exergue.

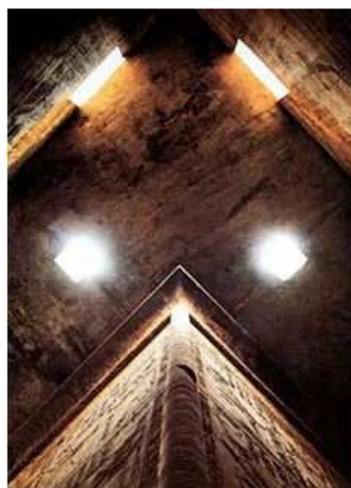
### 1.1 Egypte antique :

Les temples monumentaux en pierre dans le paysage du désert manifestent la profonde compréhension des effets de la lumière du soleil et de sa diffusion à partir de la tradition vernaculaire, mais interprètent cela par des moyens novateurs sur une grande échelle (Figure1) et (Figure2). Le rôle n'est plus simplement de protection et d'intimité, mais de créer une atmosphère propice à l'engagement des dieux ou des rois. L'architecture culturelle égyptienne conçoit les édifices avec la notion d'éternité. Cette notion est liée aux phénomènes célestes et au culte des morts.



**Figure 1 :** Les claires-voies du grand temple d'Amon à Karnak, Egypte (1530-323 avant JC)

**Source :** (Thanachareonkit, 2008)



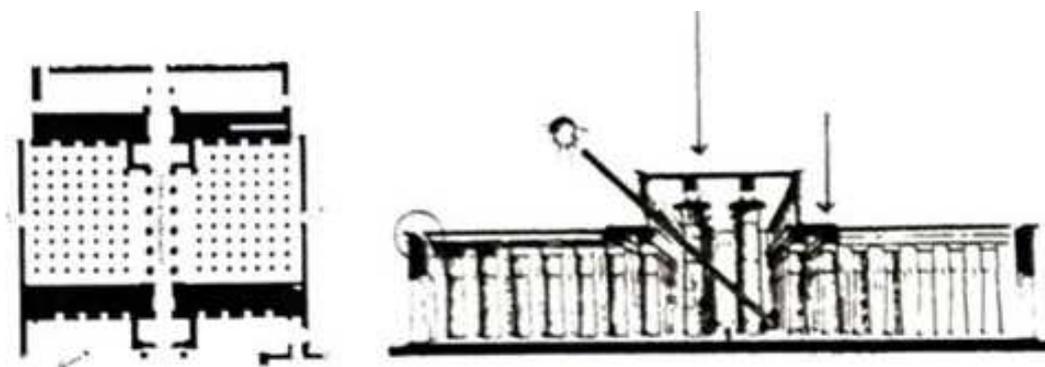
**Figure 2 :** Directeurs de lumière dans le temple d'Horus à Edfou, Egypte (237-57 avant JC)

**Source :** (Thanachareonkit, 2008)

Les pyramides, édifiées afin de faciliter l'ascension de l'âme du roi décédé vers son père Rê le Soleil, étaient revêtues de calcaire blanc et couronnées par un pyramidion de métal brillant précieux qui capture la lumière du soleil naissant.

Les obélisques aussi seraient plafonnés d'or pour capter la première et la dernière lumière de la journée. Les monuments usent de la force de la lumière solaire pour révéler la forme en trois dimensions, à travers le contraste de lumière et d'ombre (Baker et Steemers, 2002).

Pour éclairer l'intérieur des temples, la lumière est introduite dans les profondeurs des plans par des éléments de **claire-voie** (Figure3) constitués de fentes étroites creusées dans les dalles de pierre, qui servent de **moucharabieh géant** en pierre (certains sont à ce jour, intacts). L'intensité et la localisation de la lumière renforcent l'axe du chemin principal de la procession. Par exemple, dans la salle hypostyle du grand temple d'Ammon la lumière est apportée par le biais des claires-voies en plaques à fentes au-dessus de l'axe central, supportées par les colonnes dont les chapiteaux sont en forme de **lotus ouvertes** (symbole de la lumière) (Figure3). Afin de souligner l'étendue de la salle plus sombre, dans les deux sens, le toit abaissé est soutenu par des colonnes à chapiteaux en forme de **lotus fermées** (symbole de l'obscurité), une quantité de lumière relativement faible, est autorisée à être filtrée à travers les fentes, autour de la périphérie de l'enceinte. Cette lumière crée un nouvel horizon artificiel de pierre faiblement éclairée qui révèle la forêt de colonnes. L'ensemble du bâtiment, à partir des séquences des espaces, est manipulé pour accentuer le mouvement de procession de la lumière à l'obscurité (Baker et Steemers, 2002).



**Figure 3** : Grand Temple d'Amon, à Karnak, en Egypte (1530-323 avant JC). Plan, coupe et détail de la salle hypostyle indiquant comment la lumière intense du soleil est diffusée et filtrée dans la salle par des fentes de pierre afin de fournir un environnement lumineux intérieur frais.

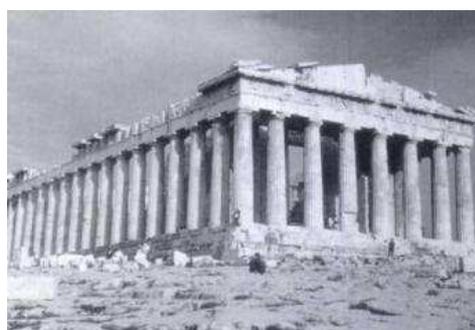
**Source** : (Baker et Steemers, 2002).

## 1.2 Grèce antique :

Plus au nord, les temples grecs démontrent aussi une compréhension claire de la géométrie solaire et les effets d'éclairage.

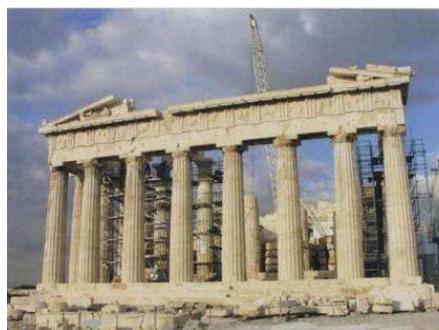
L'orientation Est des portes permet au soleil du matin à angle faible (la première lumière rajeunissante de la journée) de pénétrer, profondément dans l'intérieur, et de révéler les statues de divinités. Extérieurement, la profondeur de la façade, en étroite collaboration avec des couches de colonnes espacées, en face des murs solides de pierre, est révélée par la forte lumière du jour (Figure4, Figure5).

Entablements et sculptures en bas-relief du fronton, se révèlent dans la lumière vive. En outre, cette lumière est dynamique, tant dans son intensité que dans sa directivité, imprégnant architecture et sculpture avec la vie.



**Figure 4** : La façade Est du Parthénon, Le Parthénon, Athènes. Les colonnes fortement cannelées et le bas relief de la frise exploitent la lumière du soleil directe et oblique pour animer l'architecture.

**Source** : (Moffett, Fazio et al, 2003)



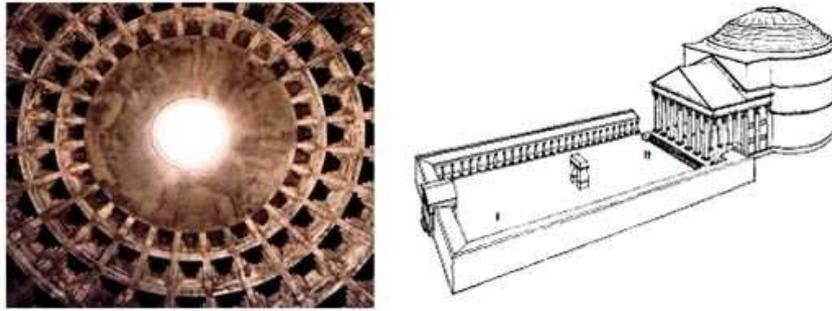
**Figure 5** : façade Est du Parthénon, sous construction, 2002. Photo: K. Schwab.

**Source** : (Moffett, Fazio et al, 2003)

### 1.3 Rome antique :

Le Panthéon de **Rome**, construit, par le célèbre architecte Apollodoros, pour les dieux, entre les années 120 et 124 de notre ère (Figure6), montre un usage subtil et habile de la lumière. Un **puits de lumière** du jour très haut, pénètre dans l'espace sphérique, à travers **l'oculus**. Comme le soleil se déplace, les taches du soleil tracent un chemin à travers l'intérieur. La production de fortes ombres ainsi que la diffusion de la lumière, dans le vaste intérieur, révèlent sa complète plasticité architecturale.

Toutefois, ce n'est pas seulement la qualité lumineuse de l'intérieur qui rend le Panthéon un exemple, particulièrement beau, de la conception de la lumière du jour. C'est l'approche de l'entrée de la lumière par la **coupole** qui module le décor et laisse une impression de profondeur (Rasmussen, 1964 ).



**Figure 6** : La coupole qui mesure 43m de diamètre est percée d'une ouverture centrale circulaire (oculus), qui constitue le seul éclairage naturel du temple. La rotonde mesure 58m de diamètre extérieur, elle est entièrement aveugle. L'intérieur est orné de colonnades, niches et petites constructions qui donnent, sous la lumière de l'oculus, du rythme à la construction circulaire.

**Source** : (Fontoynt, 1999) et (Donald et Pinto, 2002)

## 1.4 Gothique :

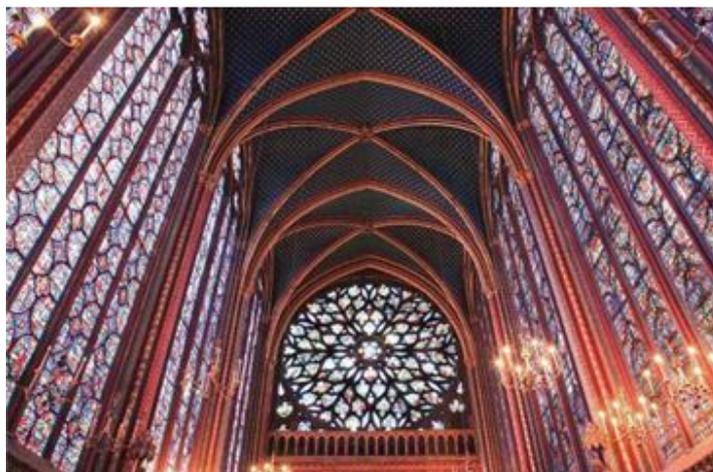
L'architecture gothique s'est essentiellement manifestée dans des édifices religieux.

L'art gothique rompt avec la pénombre des églises, suite à l'impulsion de l'abbé Suger, qui inaugure, au début du XIIe siècle **un nouveau rapport à la lumière**, il débute l'agrandissement de la vieille église carolingienne. La pensée scolastique imprègne Suger qui estime nécessaire d'éclairer la foi par la raison, et la raison par l'imagination et les sens. Convaincu que notre esprit peut s'élever à ce qui n'est pas matériel conduit par ce qui il est, il croit à l'importance du bâtiment abritant le culte. Il commande d'**immenses vitraux** illustrant les Saintes Écritures, pour **illuminer la nef**. La lumière qui pénètre dans l'espace sacré représente la parole de Dieu pénétrant les esprits. C'est donc cette lumière filtrant à l'intérieur par les vitraux, transformée, éclaircie, et non pas celle telle qu'elle nous parvient naturellement du Soleil, qui est admirée et recherchée (Figure7).

"The elimination of the massive wall structure and the frontality of Romanesque churches in favour of a lighter and more diaphanous structure with an emphasis on diagonal lines and views." (Watkin, 2005).

Les bâtisseurs conçoivent des vitraux de plus en plus grands, tendant vers la limite idéale qu'est le **mur vitrail**.

Les édifices gothiques s'ouvrent largement à la lumière par des fenêtres plus grandes et plus nombreuses. Cette évolution a été rendue technologiquement possible grâce à l'adoption de l'arc brisé. La dématérialisation de la paroi opaque et l'ouverture de l'espace à la lumière se poursuivent jusqu'aux limites des possibilités techniques de l'époque.

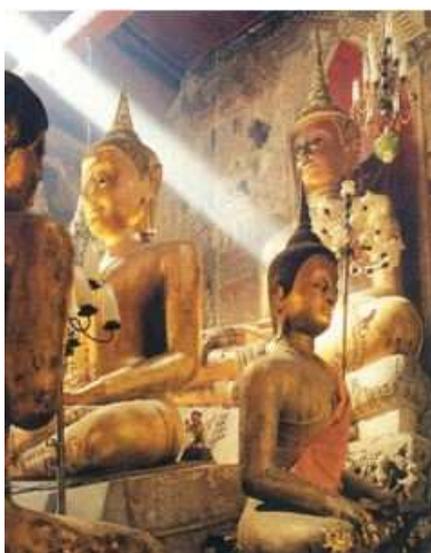


**Figure 7** : L'édifice gothique dont l'un des exemples les plus lumineux la Sainte Chapelle à Paris est fait pour capter cette lumière divine, la colorer, c'est-à-dire l'humaniser par son passage à travers les vitraux. (Zuppiroli, Bussac et al. 2009).

**Source** : (Grive et Santini, 2010)

### 1.5 bouddhiste :

Dans l'architecture asiatique aussi les ouvertures apportaient une **lumière sacrée** dans l'espace religieux, comme souvent montrée dans les **temples thaïlandais** (Figure8) où la lumière du jour est guidée dans l'ambiance intérieure afin de sanctifier l'image dorée du Bouddha.



**Figure 8** : La lumière divine dans un temple thaïlandais, des faisceaux lumineux pénètrent à l'intérieur du temple et illuminent les statuts des divinités.

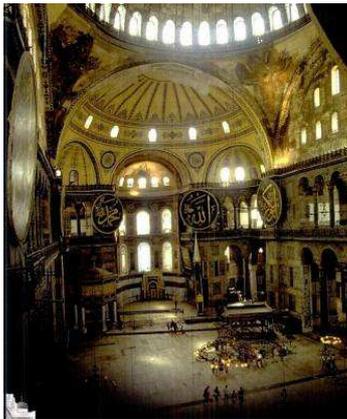
**Source** :(Thanachareonkit, 2008)

## 1.6 Byzance :

A Byzance l'effet lumineux devient un facteur important. Par exemple à **Sainte-Sophie** (Figure 9), basilique, église chrétienne byzantine de Constantinople (aujourd'hui Istanbul), datant du VI<sup>e</sup> siècle et dédiée à la Sainte Sagesse (*Hagia Sophia*), puis transformée en mosquée à l'époque ottomane.

"...on donne une importance particulière aux **illusions optiques** dans **l'admission de la lumière du jour** à l'intérieur de l'édifice." (*Bolak*).

La lumière qui **s'infiltr**e à travers les quarante fenêtres entourant la coupole centrale, **brille** intensément par rapport à **l'obscurité** de la coupole centrale, à cause de son inclinaison, ce **contraste** est d'autant plus fort que les fenêtres sont en retraits (Figure9, Figure10), et **les faisceaux lumineux en s'unissant par l'é étroitesse des intervalles entre les fenêtres prenant la forme d'un collier** (Figure11).



**Figure 9** : La coupole centrale, haute de 56m, repose sur quatre larges piliers ; elle est contrebutée par deux demi-coupoles.

**Source** : (Byfield, 2004)



**Figure 10** : Vue intérieure vers l'abside de la basilique Sainte-Sophie. On remarque les voûtes en cul-de-four et deux des quatre pendentifs sur lesquels repose la coupole.

**Source** : (Inc, 2004)



**Figure 11** : La coupole de Sainte-Sophie a un diamètre de 32 mètres et culmine à 65 mètres de hauteur. On voit ici l'amorce des deux demi-coupoles qui l'épaulent. Grâce au nombre élevé des baies, la lumière se diffuse largement à l'intérieur de l'édifice.

**Source** : (Inc, 2004)

La lumière qui entre directement dans le volume à travers les quarante fenêtres placées entre les piliers obscurs rompt la continuité de l'espace entre le sol et la coupole.

## 1.7 Omeyyade :

**La Coupole du Rocher** (Figure12) qui est le plus ancien monument islamique conservé, édifiée, en 691, par le calife Abd al-Malik, de plan octogonal, se compose d'une salle à coupole centrale et d'un double déambulatoire.

L'harmonie des proportions résulte de correspondances subtiles, entre la longueur des côtés de l'octogone, la hauteur de la partie centrale et le diamètre de la coupole (un peu plus de 20 mètres).



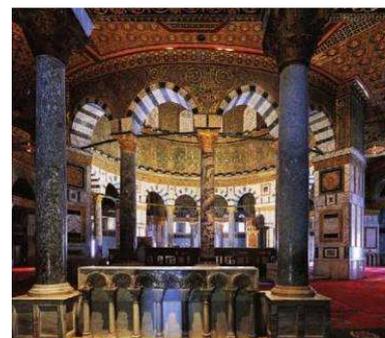
**Figure 12:** Le sanctuaire musulman doit toute sa beauté à l'articulation contrastée de ces mêmes éléments, à savoir l'hémisphère de la coupole sur son tambour circulaire et l'octogone cristallin qui l'entoure.

**Source :** (Al-Shaaref, 2011)



**Figure 13 :** Vue du rocher sacré, prise du côté est de la galerie à la base du dôme. La lumière tombe d'en haut sur le tambour de la coupole, qui est un dôme de mosaïques à fond d'or, et illumine le rocher sacré.

**Source :** (Burckhardt, 2009)



**Figure 14 :** Le dôme du Rocher, vue intérieure depuis le Nord, Les murs de l'octogone, désormais ornée de carreaux Turques de céramique, étaient autrefois recouverts de mosaïques. Quatre portails s'ouvrent sur les quatre points cardinaux, plaçant ainsi le bâtiment symboliquement au centre du monde.

**Source :** (Necipoğlu et Bailey, 2008)

L'édifice associe le prestige d'un espace sacré ancestral (le rocher) à un savoir-faire architectural hérité de Byzance et à un décor épigraphique proprement arabo-musulman. Sa signification traditionnelle (comme point de départ du voyage nocturne du Prophète vers le ciel) est postérieure à sa construction ; à l'origine elle devait symboliser la gloire de la dynastie omeyyade (Inc, 2004) .

On sent qu'ici pour la première fois une coupole acquiert toute la force rayonnante, qui est caractéristique de l'architecture islamique, accentuée par les rayonnements lumineux entrants par les carreaux des ouvertures de la coupole.

La Mezquita de **Cordoba** (ou mosquée en espagnol) est un fascinant bâtiment qui symbolise les nombreux changements religieux qu'a subi Cordoba au cours des siècles,

aujourd'hui, transformée en cathédrale (officiellement la **Cathédrale de St. Mary de l'Assomption**).

Lorsque les musulmans ont conquis l'Espagne, au début du 8ème siècle, ils ont commencé à construire leur grande mosquée, qui - à l'importance de Cordoue en tant que centre du pouvoir musulman en Espagne - est devenue la plus grande mosquée de l'islam après celle de la Kaaba.

La mosquée a été imprégnée, tout autour, avec **des arcs ouverts de sorte que la lumière du soleil pourrait inonder le chemin conduisant le fidèle à l'ombre de la zone centrale**, pour représenter son voyage mystique vers Dieu (Figure15).

Le bâtiment original n'était que d'environ 20% de sa taille actuelle, située dans la partie intérieure de la paroi de l'Est (la plus proche de la rivière), une partie octogonale entourée de **hautes fenêtres cintrées** (Figure17), et richement ornée de mosaïques: tel est le mihrab, l'espace le plus sacré dans toutes les mosquées indiquant la direction de la Mecque.

La caractéristique la plus distinctive de la Mezquita, est la forêt de colonnes qui soutiennent le toit. Mais les colonnes étaient, pour la plupart, de sept ou huit pieds de haut, ce qui signifie que l'immense plafond esthétiquement modelé serait trop faible. Ainsi, les musulmans ont brillamment inventé une construction de **deux étages à colonnes et une arche, en créant une structure de dentelle** (Figure16), qui a permis d'augmenter la hauteur de la partie centrale, sans couper la **lumière du jour pénétrant à travers les baies**



**Figure 16** : L'effet des faisceaux lumineux guidés dans toutes les directions, à travers les colonnes, inondant l'espace intérieur.

**Source** : (Fazio, Moffett et al, 2003 )



**Figure 17** : Le développement et la multiplication des cellules muqarnas accentuent le jeu de la lumière du jour par leur fonction dans la réflexion et la réfraction.

**Source** : (Fazio, Moffett et al, 2003 )

**Figure 15** : Vue intérieur de la Mezquita ou Mosquée de Cordoue, à l'origine un bâtiment islamique, qui contient maintenant une cathédrale chrétienne, site du patrimoine mondial de l'UNESCO, Cordoue, Andalousie (Andalousie), Espagne, Europe.

**Source** : (Pictures, Photos et al, 2008)

## 1.8 Abbasside :

La mosquée Ibn Touloun, construite entre 876 et 879 après JC par Ibn Touloun, un gouverneur turc au service des Abbassides (Burckhardt, 2009). Cette mosquée constitue le plus ancien témoignage architectural resté intact de l'art islamique en Egypte.

Longé sur trois cotés par un chemin de ronde, l'édifice, tout en brique revêtu de plâtre, ne présente qu'une seule façade aux passants. Dès l'entrée du sahn ou cour centrale franchie, le visiteur est happé par l'impression de grandeur qui en émane (Figure18).

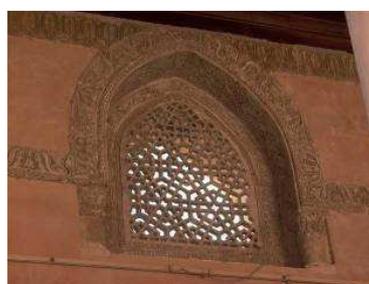
Au centre de la cour, la grande fontaine aux ablutions que coiffe un dôme dont la coupole est nue a été édifée par le sultan Hassan (Wijdan, 1999 ) (Figure20).

La salle de prière est divisée en 5 travées séparées par des piliers dotés de colonnettes engagées. Six mihrabs sont inscrits dans le mur du fond ; le principal est coiffé d'une petite coupole de bois. Datant de la fin du 13<sup>e</sup> s, le minbar est un superbe ouvrage d'ébénisterie dont les incrustations d'ivoire et d'ébène ont en partie disparu. De l'autre coté da la cour, le minaret, de forme hélicoïdale, fait unique en Egypte, est le seul élément bâti en pierre. Il fut probablement ajouté par le sultan Hassan. On peut y accéder (Petersen, 1999).



**Figure 18** : Les portiques forment une succession d'arcs à peine outrepassés dont les intervalles sont percés d'une fenêtre reproduisant le même dessin.

**Source** : (Yeomans, 2006)



**Figure 19** : Fenêtre grillagée avec des arabesques en stuc à la mosquée d'Ibn Touloun adoucissant et laissant s'infiltrer, à travers, la lumière du jour.

**Source** : (Corp, 2003-2010)



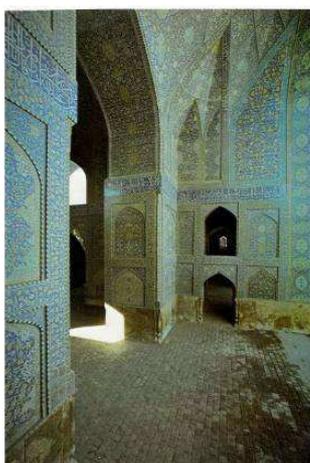
**Figure 20** : Mosquée Ibn Touloun, plafond intérieur du sabil (Fontaine d'ablution), au centre de la cour se trouve un dôme avec quatre entrées en arcades et au centre, une fontaine pour les ablutions. Les ouvertures du plafond sont des modules des cellules du muqarnas participant ainsi à l'ambiance lumineuse du sabil.

**Source** : (Pictures, Photos et al, 2008)

## 1.9 Persane :

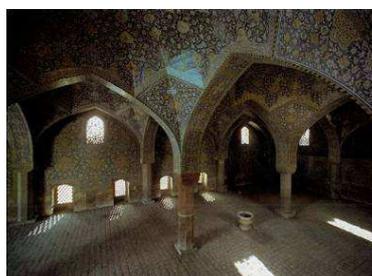
La mosquée du Shah à Ispahan a été construite par le souverain safavide Shah Abbas 1er entre 1612 et 1630, elle est aussi nommée mosquée de l'Imam en référence à l'imam Khomeiny (Figure21, Figure22, Figure23).

Symbole de pouvoir à la fois royal et spirituel, cette mosquée séduit par son raffinement : iwans (salles dont un côté est totalement ouvert), salles voûtées et cours ornées de bassins flanquant l'axe principal orienté vers la Mecque.



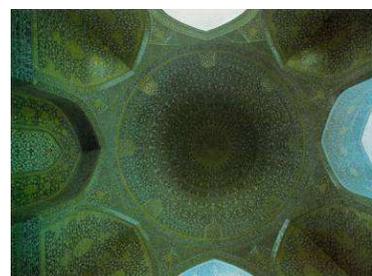
**Figure 21** : Intérieur du sanctuaire de la mosquée du Shah, Ispahan, l'art de cette période étant surtout connu par ses manuscrits à peintures et un raffinement, très exceptionnel dans les coloris.

**Source** : (Burckhardt, 2009)



**Figure 22** : La salle de prière d'hiver de la mosquée du Shah, dominée par une coupole. Les différentes parties du complexe communiquent entre elle ou avec l'environnement extérieur par des baies grandes ouvertes.

**Source** : (Burckhardt, 2009)



**Figure 23** : Coupole intérieure du sanctuaire de la mosquée du Shah, Ispahan. Tapissée de faïence coupée à la main.

**Source** : (Burckhardt, 2009)

La mosaïque de l'ensemble, accordée à l'effet de la lumière pénétrante, permet une grande profusion d'ornements et refoule les contrastes en faveur d'une teinte d'ensemble.

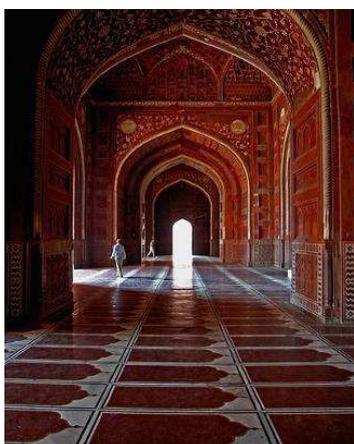
## 1.10 Inde Islamique :

Le Taj Mahal, mausolée de l'épouse du souverain moghol Shah Jahan, a été construit à Agra, Inde, entre 1631 et 1647 (Necipoğlu et Bailey, 2005).

Le Tadj Mahall s'élève sur une plate-forme, au fond d'un vaste jardin quadripartite, orné de canaux et de bassins. L'entrée monumentale s'ouvre sur une allée axiale, qui permet

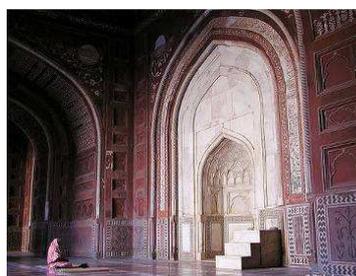
d'accéder à la terrasse principale. Située au sud, celle-ci porte le mausolée, de plan centré, surmonté d'une coupole qui culmine à 61 mètres de hauteur. L'édifice en marbre blanc translucide est encadré par deux bâtiments en grès rouge (une mosquée et une maison d'hôtes) (Figure24, Figure25, Figure26). La terrasse et le groupe d'édifices se reflètent dans la rivière qui longe l'ensemble au sud (Bastien, 2010).

Le Tadj Mahall n'est ni le premier ni le dernier des mausolées moghols, mais l'harmonie de ses formes et de ses couleurs, le raffinement de son décor sculpté en méplat et incrusté de pierres magnifient ce monument, unique dans l'architecture du monde islamique (Pile, 2005).



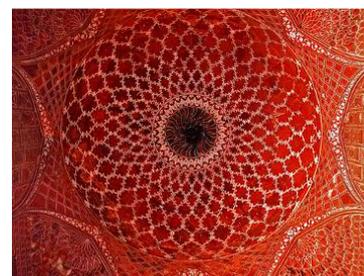
**Figure 24** : L'intérieur de la mosquée Taj Mahal, en grès avec une porte de marbre le matériau est ici d'une très belle qualité.

**Source** : <http://www.insecula.com>



**Figure 25** : La mosquée au sein du complexe du Taj Mahal. Il ya deux mosquées miroir sur les côtés du mausolée, dont une seule permet une prière face à la Mecque car l'autre n'est ajoutée que pour la symétrie.

**Source** : <http://www.insecula.com>



**Figure 26** : Plafond de la mosquée Taj Mahal, en grès décorée de marbre et d'incrustations florales, Typiques de Shah Jahan, les colonnettes d'angles présentent à leur base un bulbe, tandis que des fleurs à pétales couronnent la base des coupoles (Bastien, 2010).

**Source** : <http://www.insecula.com>

**La couleur rouge du grès à l'intérieur de la mosquée varie selon la lumière du jour répandue, par les parois parfaitement lisses, à l'intérieur du monument.**

### 1.11 Ottomane :

La mosquée Sultan Ahmed Camii construite entre 1609 et 1617, est une des mosquées historiques d'Istanbul, elle comporte également une tombe du fondateur, une medersa et un hospice. Connue sous le nom de Mosquée Bleue pour les mosaïques bleues qui ornent les murs de son intérieur (Günay, 2007).

C'est la seule mosquée d'Istanbul qui possède six minarets.

Les murs sont couverts de céramique bleue (Figure28, Figure29) et la coupole (Figure27) est peinte dans les mêmes tons. **L'ensemble donne une lumière douce et agréable.** Quatre piliers principaux supportent la coupole dont le diamètre est de 22,20 m et la hauteur 43 m. La chaire (*mimber*) est en marbre blanc comme l'est également la niche du *mihrab* dans laquelle a été inséré un fragment de la pierre noire de la Kaaba (Figure29). C'est l'une des dernières grandes mosquées sultaniennes témoin de l'apogée de l' Empire Ottoman tant sur le plan politique qu'artistique.

Un mausolée au nord -est de la mosquée contient les restes des sultans Ahmed I, Osman II et Murad IV (Leduc, 1998).



**Figure 28** : Le plafond complexe de Mosquée du Sultan Ahmed.

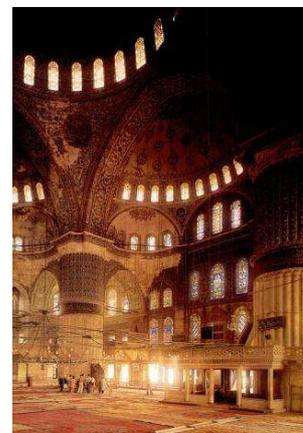
L'imposante coupole, culminant à 43 m, repose sur quatre piliers cannelés circulaires, d'un diamètre de 5m, appelés "pieds d'éléphant"(Bonechi, Magi et al, 1996).

**Source** : (mouzhik, 2011)



**Figure 27** : Les 21043 carreaux de faïence bleue -vert, des XVI et XVII siècles, revêtent murs et piliers jusqu'à un tiers de la hauteur, où tulipes, roses, œillets, lilas et autres ornements composent des **nuances de tons d'une variété infinie.**

**Source** : (mouzhik, 2011)



**Figure 29** : Cet ensemble d'une beauté rare et d'une harmonie parfaite est particulièrement bien mis en valeur par l'ornementation intérieure à dominance bleue.

**Source** : (Maai et al. 1996)

L'intérieur de plan carré donne une grâce aérienne à la grande salle **éclairée par 260 fenêtres dont la lumière modèle librement les surfaces.**

### 1.12 Maghrébine :

La Mosquée Al Quaraouiyine (القرويين), à Fès, la construction de la médersa débute en 859 sous le règne de la dynastie idrisside. Elle devient, du Xe siècle au XIIe siècle, un important centre d'enseignement et une des premières universités au monde.

La mosquée mesurait environ 35 mètres de longueur. Elle comprenait quatre nefs, une petite cour qui constitue la source principale de la lumière naturelle (Figure30).

Toutefois, la lumière peut aussi inonder le bâtiment en passant à travers les fenêtres en stuc au verre transparent. Ajoutons l'existence également des fenêtres hautes singulières, jumelées (Figure31) ou même sous forme de rangée de fenêtres de petites dimensions (Figure33), ou fenêtres décorées de verre coloré comme celles en haut du mihrab (Figure32), ainsi que d'autres ouvertures dans le tambour du dôme de la coupole précédant le mihrab afin de laisser entrer la lumière zénithale dans l'édifice. De plus, afin d'accroître la beauté de la lumière et de la rendre encore plus vive, les surfaces intérieures sont en plâtre blanc.



**Figure 30 :** La cour adjacente à la salle de prière constitue une amenée de la lumière naturelle.

**Source :** (Pictures, Photos et al, 2008)



**Figure 31 :** Les fenêtres jumelées au fond de la travée, éclaire l'espace intérieur.

**Source :** Pictures, Photos et al, 2008)



**Figure 32 :** Les fenêtres à vitres colorées en haut du mihrab, embellissent et illuminent la zone du mihrab.

**Source :** (Pictures, Photos et al, 2008)



**Figure 33 :** La rangée des fenêtres sur le mur du pignon apportent un éclairage haut à la salle de prière.

**Source :** (Pictures, Photos et al, 2008)

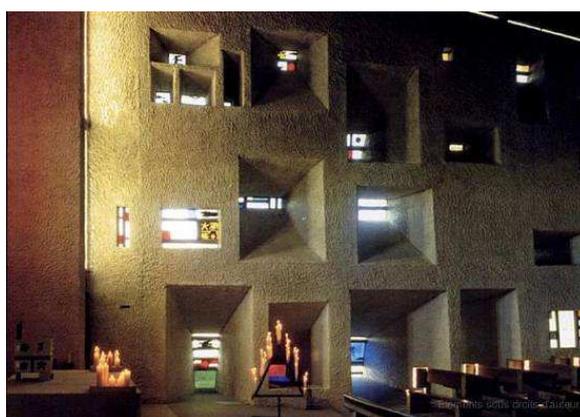
### 1.13 Moderne :

La chapelle Notre-Dame-du-Haut (1950-1955), là où le Corbusier fait l'ambitieuse tentative de capter la direction de la lumière divine. Seule l'extrême dévotion d'un résultat si bouleversant, capté par un **puits de lumière** (Figure36), adoucie par sa diffusion sur les blanches et granuleuses parois du puits, le rayonnement solaire inonde finalement un autel, où la faible lumière d'une chandelle rappelle la vacillante lueur de la foi humaine, confrontée à la lumière divine à laquelle elle se mêle intimement. Ailleurs, là où se réunissent les fidèles(Figure35), la pourpre intense d'un vitrail humanise la lumière divine qui prononce le nom de Marie écrit de la main même de l'artiste (Figure34) (Zuppiroli, Bussac et al, 2009).



**Figure 34 :** L'église de le Corbusier à Ronchamp. La lumière change de couleur à travers les fenêtres colorées dans l'épaisseur des murs.

**Source :** (Phillips, 2004)



**Figure 35 :** vingt sept fenêtres animent l'impressionnant mur sud, photographiés lors de conditions de ciel clair. Le mur sud est percé d'une série de pyramides tronquées qui apportent avec une grande subtilité la lumière colorée par les vitraux.

**Source :** (Fontoynt, 1999)



**Figure 36 :** Un espace interstitiel entre les murs et la voûte de béton permet à la lumière de passer ce qui allège visuellement la masse du couvrement.

**Source :** (Phillips, 2004)

**Le travail de la lumière est plus sensible encore dans la chapelle, son intrusion contredit l'épaisseur des murs et la massivité du couvrement.**

#### 1.14 Contemporaine :

L'église du Jubilé, officiellement connue sous le nom de Dio Padre Misericordioso, construite par Richard Meier est inaugurée en Octobre 2003 (Richardson, 2004).

Richard Meier poursuit, à Rome, dans la réalisation de son église, un parcours cohérent et rigoureux, qui transcende la culture architecturale moderne en un continuum en perpétuel devenir. Sa recherche sur la plastique de la lumière l'amène à engendrer de véritables expérimentations spatiales (Figure37, Figure38, Figure39). Il compose des géométries inquiètes, qui trouvent leur équilibre dans la formulation synthétique de leur complexité (Cimbéton, 2004, p.10).



**Figure 37 :** Les modèles de grille en fonte asymétrique traverse le long de la paroi intérieure, ce qui rend l'espace blanc un spectacle de lumière et d'ombre.

**Source :** (Spiro, 2011)



**Figure 38 :** L'église de Meier montre une grande considération à la puissance de la lumière dans l'espace sacré, bien que la structure est lourde, en réalité, l'abondance de la lumière allège l'espace et permet son élévation.

**Source :** (Spiro, 2011)



**Figure 39 :** Faire de béton, marbre et verre, l'église de Richard Meier célèbre la lumière naturelle dans le bâtiment. La lumière pénètre par le haut et par les découpes dans les murs latéraux.

**Source :** (Yusheng, 2010)

Meier a mis l'accent sur la lumière :

*« La lumière est protagoniste qui nous fait comprendre et lire l'espace. La lumière est le moyen par lequel nous sommes en mesure de faire l'expérience de ce que nous appelons le sacré. La lumière est à l'origine de ce projet. » (Jodidio, 2004, p.420).*

## 2. Synthèse :

D'un aspect primitif au début de l'ère de l'humanité, associée à sa source principale, le soleil, la lumière participe à la représentation du divin : pyramides dédiées au soleil, temples baignés de lumière jusqu'aux constructions incroyables que sont les mosquées, les cathédrales, ... qui expriment les rapports entre le Créateur et sa création, entre la raison divine et le cosmos.

Cette expression du divin varie entre la pénombre des cathédrales et églises anciennes, l'ambiance lumineuse à caractère humain des mosquées traditionnelles et l'irradiation des

mosquées ottomanes et quelques exemples de l'architecture culturelle contemporaine où baies et surfaces internes s'associent pour donner naissance à une architecture de lumière.

Au fil du temps, les parois externes de la conformation architecturale connaissent une évolution relativement au percement, latéral ou zénithal, permettant de faire pénétrer la lumière, défini par une forme simple ; rectangulaire, circulaire ou ogivale, le détail de leur contour s'est complexifié puis extrêmement simplifié. La taille de ce percement était fortement limitée par les structures traditionnelles jusqu'à l'apparition du béton armé qui a permis plus de transparence, l'usage du métal aboutit à la suppression totale des éléments opaques.

Tandis que, les surfaces internes changent de forme, de couleur et de texture suivant les civilisations et les ambiances souhaitées.

### **Conclusion :**

La forte relation de la lumière avec la vie est susceptible d'être la raison de ses associations spirituelles d'aujourd'hui. C'est ce qui est révélé le plus puissamment à travers l'architecture religieuse et cérémonielle des civilisations passées.

Durant la période antique, Egyptienne, Grecque ou Romaine l'architecture n'éprouvait pas encore de nécessité pour la fonctionnalité des édifices culturels ; elle ne s'ouvrait quasiment que pour illuminer les statuts ou les objets qui symbolisaient le divin. Les baies étaient de petites tailles percées dans l'épaisseur des murs massifs en pierre. Aussi, les surfaces internes étaient de formes simples, couleurs sombres et texture peut réfléchissantes de lumière.

Contrairement à l'architecture gothique qui crée une nouvelle relation à la lumière en usant d'une nouvelle forme de l'arc et surtout du matériau verre à travers les grands vitraux, dont les parois intérieures sont constituées essentiellement de la multiplication des baies colorées et des sols monochromes. Cette coloration de la lumière du jour l'adouci et l'humanise.

Encore plus, dans l'espace culturel islamique à caractère introverti les ambiances lumineuses sont vouées à l'homme ; utilisant, pour le revêtement des parois intérieures, des matériaux locaux tels que le bois de couleur foncée et le plâtre blanc réfléchissant la lumière avec de petites baies percées dans les surfaces latérales de la conformation architecturale

discrètement baignée de lumière naturelle. Tout en se référant à l'architecture byzantine, l'architecture ottomane s'irradie de lumière surplombée d'une grande coupole percée de baies avec ses parois intérieures suffisamment transparentes à lumière du jour rependu par le revêtement de céramique luisante.

C'est grâce à l'appréciation critique des précédents, et la compréhension de la science de la lumière, que l'art de construire avec la lumière naturelle, instillé dans le processus de conception, dans l'architecture, peut être amendé. Une enquête du rôle de la lumière à travers l'histoire révèle à la fois la puissance et la beauté de la lumière dans l'architecture. La manipulation de la lumière du jour, grâce à la conception des bâtiments du patrimoine architectural, montre l'ingéniosité de l'intégration et la résolution de la lutte perçue entre le but esthétique et la compréhension technique de la lumière.

*" Souvent, une matière relativement lisse donnera, par le jeu des tonalités, des éclairages, des glissements entre formes et couleurs, l'illusion de textures rugueuses, chaotiques, poilues, etc. "*

*(Saint-Martin, 1987)*

## **Introduction :**

Pour arriver à aborder notre sujet de recherche, nous allons essayer d'élaborer un **modèle conceptuel spécifique à l'éclairage naturel** comme étant le résultat de la propagation de la lumière à travers l'enveloppe, et de la réflexion de cette dernière par les matériaux constituant l'espace intérieur, prenons position sur un problème particulier : **l'interaction conformation architecturale - lumière naturelle**, le modèle doit rendre compte de l'impact de la **baie** et de la **composante réfléchie interne** sur **l'environnement lumineux intérieur**.

Ainsi, nous définissons, à priori, un modèle hypothétique spécifique à l'éclairage naturel.

Ensuite, nous développons un modèle d'analyse basé sur la baie et la composante réfléchie interne et les dispositifs architecturaux qui les constituent.

## **1. Le modèle de l'éclairage naturel :**

Fuller Moore (Moore, 1991) définit un modèle conceptuel basique (référentiel) pour la conception fondé sur une approche considérant la lumière dans des termes séquentiels : **source-chemin-cible**<sup>1</sup>. L'emplacement de la source lumineuse et celui de la cible sont déterminés, et une voie directe ou réfléchie entre les deux est prévue. Des flèches peuvent être utilisées pour représenter la direction de la lumière. Cette méthode de visualisation est évidente, simple et pratique aussi bien pour les concepteurs que pour les chercheurs travaillant sur le thème de l'éclairage naturel (Figure40).

---

1 A Conceptual Model for Design: source-path-target.

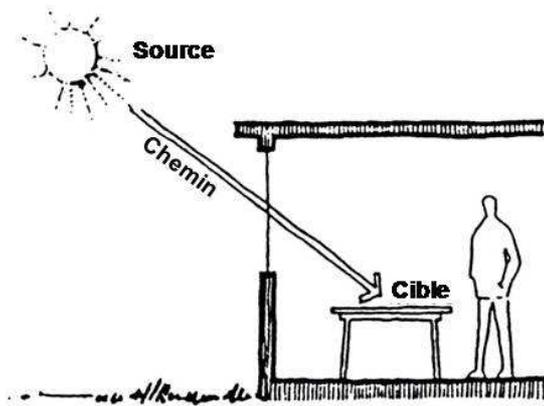


Figure 41 : Modèle conceptuel : source-trajet-cible.  
Source : (Moore, 1991)

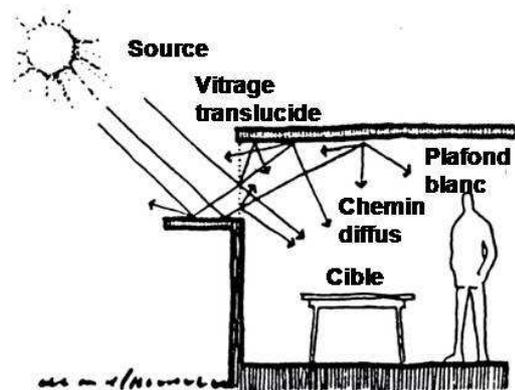


Figure 40: Le modèle en intégrant les différentes réflexions.  
Source : (Moore, 1991)

Toutefois, ce concept source-chemin-cible constitue une base précise pour la compréhension intuitive lorsque la lumière émane d'une **source ponctuelle** (soleil, lampe à incandescence) et le chemin est spéculaire<sup>2</sup> (vitrage clair ou des réflecteurs miroirs). Cependant, il est difficile d'étendre cette convention pour y inclure des **sources distribuées** (comme la voûte du ciel diffus ou une surface lumineuse) ou des éléments de chemin diffus (Figure 41) (tels que les vitrages translucides ou mat et réflecteurs blancs). Le modèle demeure efficace mais nécessite, en raison de son caractère général, un développement en vue d'embrasser des situations plus spécifiques.

Comme notre étude concerne l'éclairage d'un espace intérieur engendrant un environnement lumineux donné<sup>3</sup>, un autre modèle basique sera mis en place :

### 1.1 Vers un modèle développé :

La **lumière du jour** provenant de **sources** variant principalement entre le soleil, le ciel et l'environnement extérieur est **transmise filtrée** et **admise**, à travers les **baies**, sous forme de différentes ouvertures avec ou sans compléments, à l'espace intérieur, où elle sera **absorbée réfléchie, diffusée** ... par les différents constituants de la **composante réfléchie interne** : sols, murs, plancher, ameublements et autres (Figure 41).

Ainsi les constituants du modèle de l'éclairage naturel seront comme suit :

<sup>2</sup> Qui a l'aspect d'un miroir.

<sup>3</sup> Par rapport à l'éclairage final et non pas celui d'une cible donnée

i) Sources, ii) Baies, iii) Composante Réfléchie Interne 'CRI'

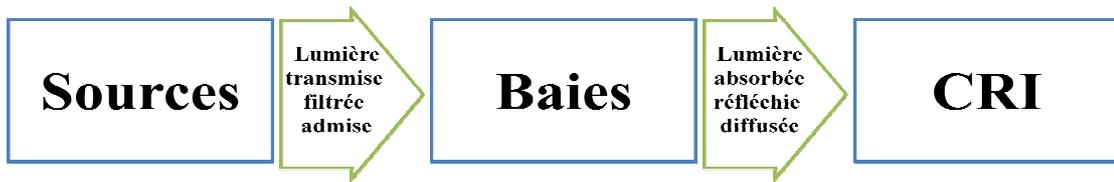


Figure 42 : Le modèle de la baie et de la Composante Réfléchie Interne.

Source : Auteur

## 2. Les sources de la lumière naturelle :

Le soleil est la source primordiale de l'éclairage naturel. La voûte céleste est un intermédiaire considéré comme source de lumière naturelle.

Tous les éléments qui réfléchissent la lumière provenant de ces deux sources sont considérés comme autant de sources secondaires de la lumière naturelle. « *la composition architecturale peut être considérée comme l'art de disposer et de doser des sources de lumière dans l'espace.* » (Meiss et Frampton, 1993)

Une autre classification des sources de la lumière du jour en deux catégories (Serra, 1998) le soleil comme source originale et les sources secondaires<sup>4</sup> comme le ciel et les objets environnants, voir (Figure43) :

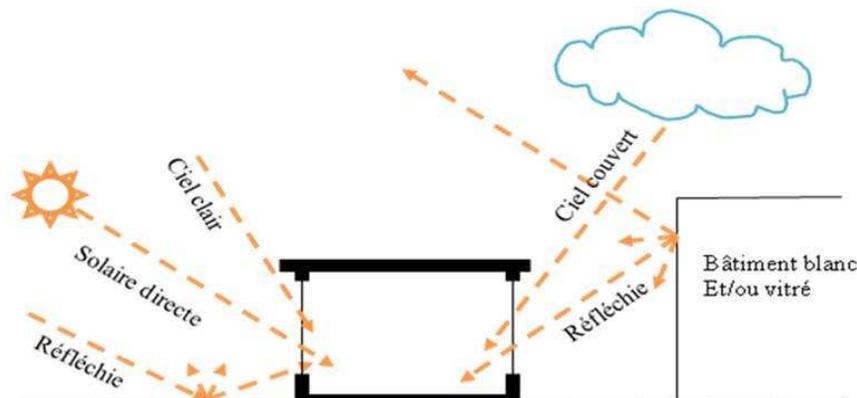


Figure 43 : Les sources de la lumière naturelles.

Source : Auteur

<sup>4</sup> Par réflexion, ou diffusion

## 2.1 Soleil :

Le soleil est la source élémentaire du rayonnement sur la terre. La variation de l'inclinaison des rayons du soleil à la fois dans le temps et dans l'espace crée un véritable dynamisme esquissant les grandes lignes de la géographie des climats (CIE, 1970, p.79).

La position apparente du soleil par rapport a un point donné de la terre est exprimée par deux paramètres (Figure44) : la hauteur solaire, qui représente l'angle vertical du soleil avec l'horizon, et l'azimut solaire, qui représente l'angle horizontal (dans le sens des aiguilles de la montre) du soleil avec le sud (Ahrens, 2007) (Griffith, 1957).

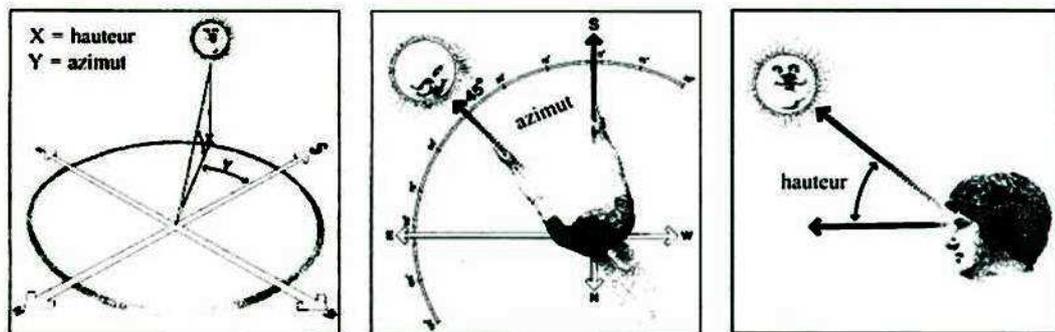


Figure 44 : les deux angles solaires ; L'azimut et l'altitude.

Source : (Reiter et De Herde, 2004).

**Sur une surface** donnée, **l'éclairement solaire direct reçu dépend spécialement de l'angle d'incidence du rayonnement solaire** (variant avec l'orientation de la surface et la position du soleil) (Figure44), **de la distance entre le soleil et cette surface** (variant avec l'orbite elliptique de la terre) et de **l'atténuation du flux lumineux dans l'atmosphère** (variant avec la densité des nuages et des aérosols) (Figure45) (Daniel Bernstein, Jean-Pierre Champetier et al, 2007) (Ander, 2003) (Engineers, 2002). Cet éclairement dépend aussi de l'Existence<sup>5</sup> énergétique du soleil exprimée par la Constante solaire qui représente l'éclairement énergétique produit par le rayonnement solaire extraterrestre sur une face perpendiculaire aux rayons solaires à la distance moyenne Soleil-Terre. Cette constante est pondérée par l'efficacité lumineuse relative du rayonnement solaire (Szokolay, 2008).

<sup>5</sup> Quotient, par l'élément de surface  $\Delta S$  dans l'angle solide  $2\pi$  du plan tangent en S à la surface et extérieurement à celle-ci. (en  $\text{lmsm}^2$ .)

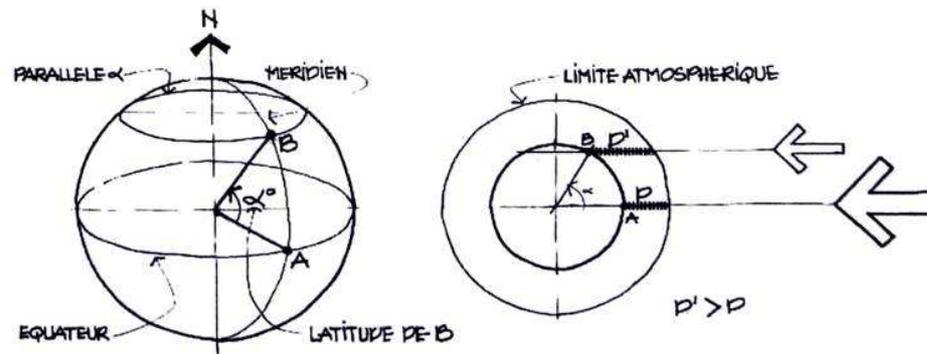


Figure 45 : Masse atmosphérique traversée en fonction de latitude.

Source : (Bardou et Arzoumanian, 1978)

## 2.2 Le Ciel :

Avant d'atteindre la surface de la terre, les rayons solaires traversent et subissent les effets de l'**atmosphère**<sup>6</sup> dont la densité et la pression diminuent au fur et à mesure que l'altitude augmente. Pour caractériser la composition de l'atmosphère trois régions sont définies : l'homosphère, l'hétérosphère et la photosphère. **Uniquement l'homosphère contenant l'air sec et presque la totalité de l'eau atmosphérique et les aérosols** (principaux éléments qui influencent la composition spectrale et la propagation de la lumière), **intervient dans les phénomènes de propagation du rayonnement solaire** (Figure46).

Dès lors, en compagnie de la variation de la position du soleil et les différentes conditions climatiques (tel que la densité des aérosols et la densité des nuages et autres) se trace une répartition spatiale des luminances de la voute céleste vue par un site donné de la terre (Baker et Steemers, 2002).

**Cette répartition des luminances détermine l'éclairement horizontal sur un site donné et joue un rôle principal dans la propagation de la lumière du jour à l'intérieur des bâtiments.**

<sup>6</sup> La couche gazeuse qui enveloppe la terre

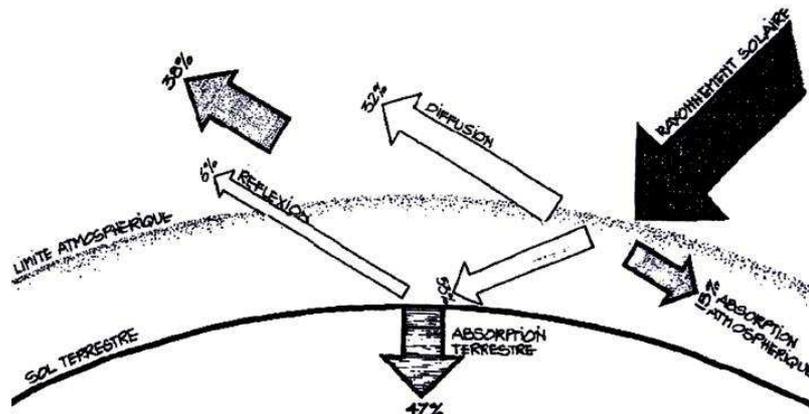


Figure 46 : Altération et bilan du rayonnement solaire

Source : (Bardou et Arzoumanian, 1978)

### 2.2.1 Les modèles de Ciel :

La **prédiction précise des éclairagements obtenus à l'intérieur d'une pièce éclairée en lumière de jour**, nécessite essentiellement la détermination de la distribution des luminances du ciel (Figure 47) (Michael Bauer, Peter Möslé et al, 2009) (Ander, 2003).

Pour cela, plusieurs **modèles numériques** ont été créés et standardisés décrivant des **répartitions types de luminances** correspondant le mieux aux conditions de ciel les plus rencontrées dans la réalité, après avoir mené plusieurs recherches et observations à travers le monde (Phillips, 2004) (Scartezzini, 1994).

Ces **modèles** sont généralement décrits par des **formules révélant la variation des luminances des différentes zones (mailles) du ciel** souvent par rapport à la luminance au zénith et selon la position du soleil et les caractéristiques de l'atmosphère (Figure 47) (Muneer, Gueymard et al. 2004) (Reiter et De Herde, 2004) (Szokolay, 2008).



Figure 47 : photos de ciel illustrant la distribution de luminosité pour (a) ciel clair, (b) ciel partiellement couvert, et (c) ciel entièrement couvert.

Source : (Baker et Steemers, 2002)

A noter que de manière générale, ces modèles de ciel ne prennent pas en considération le rayonnement direct du soleil.

Parmi les modèles de ciel existants, nous citons (Maamri, 2004):

1. Ciel **uniforme**, utilisé avant tout pour le calcul du facteur de lumière de jour
2. Ciel **clair CIE**<sup>7</sup> basé sur le modèle défini par Kittler en 1965 (Kittler, 1965)
3. Ciel **couvert CIE**; basé sur le modèle de "Moon and Spencer" et largement utilisé comme **référence pour le calcul du facteur de lumière de jour depuis sa recommandation par la CIE en 1970** (Moon et Spencer, 1942).
4. **Ciel intermédiaire** de Nakamura (Nakamura, Oki et al, 1989)
5. Ciel **IESNA**, pour déterminer la répartition des luminances d'un ciel, l'IESNA utilise les **équations utilisées par la CIE pour les ciels clair et couvert, et propose une autre équation** pour un ciel intermédiaire. Cependant, en plus de la répartition des luminances, l'IESNA **propose l'utilisation d'une équation pour obtenir une valeur absolue de l'éclairement horizontal, et une autre équation pour en déduire directement la luminance au zénith**. Les paramètres associés aux deux équations dépendent de la condition du ciel<sup>8</sup> et de la position du soleil (Karayel, Navvab et al,1984)
6. Modèle tout **temps de Perez**, C'est un modèle empirique base sur un algorithme unique qui à partir de la variation de deux paramètres liés aux conditions climatiques (clarté et luminosité), décrit des répartitions de luminances correspondant à des conditions de ciel allant du ciel sans Images au ciel complètement couvert (Perez et Michalsky, 1993).
7. Modèle du Ciel **Général** de la CIE, qu' 'on peut considérer comme une dérivée du ciel tout temps de Perez, est défini par une équation unique et 15 séries de paramètres pour décrire **15 conditions types de ciel et la distribution des luminances** propre a chacune de ces conditions (CIE, 2002).

Même si la majorité de ces modèles tentent de représenter les champs de luminances du ciel le plus fidèlement possible à la réalité, il est important de noter qu'il sera difficile, sinon

---

7 Commission Internationale de l'Eclairage.

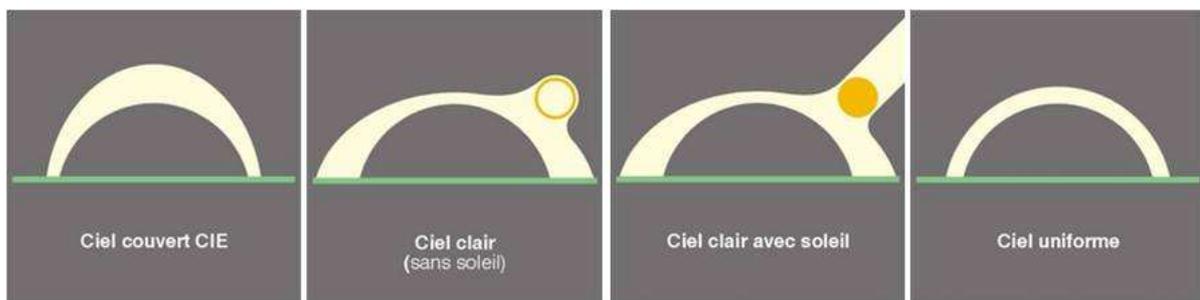
8 Clair, intermédiaire au couvert.

impossible, de représenter tous les cas de figures qui peuvent exister dans un ciel réel par de simples formules.

Ceci est particulièrement vrai si nous voulons prendre en considération ce qui peut apparaître dans un champ de luminance externe à une ouverture zénithale ou verticale (masques, sol extérieur...).

Face à la complexité des champs de luminances réels, plusieurs tentatives ont été menées afin de transformer un champ de luminances réel en un modèle de ciel à travers des mesures de scanner de ciel au bien à travers des photos numériques étalonnées (Roy, Hayman et al, 1998) (Dumortier et Vetro, 2001).

Au-delà de la variation des luminances d'un ciel, certaines études se sont intéressées à la variation de la température de couleur proximale et de la répartition spectrale (Chain, Dumortier et al, 1999) (Figure48).



**Figure 48** : Quatre types de ciels standards ont été établis pour les études d'éclairage.

**Source** : (Reiter et De Herde, 2004)

### 2.3 Le sol extérieur:

Le sol extérieur réfléchit la lumière du jour et peut jouer un rôle important dans sa propagation à l'intérieur des bâtiments. Effectivement elle représente en moyenne 10 à 15% de l'éclairage vertical direct sur une façade, et dépasse cette valeur dans le cas d'un **sol clair**.

Reflétée par les surfaces du plafond et/ou des murs vers les autres **surfaces** internes, cette lumière **participe ainsi à la composante réfléchie interne** de la lumière de jour.

La prise en considération du sol extérieur dans l'évaluation de la lumière naturelle au sein d'un bâtiment, se fait généralement en supposant une luminance uniforme de celui-ci, variant

avec l'éclairage et le facteur de réflexion moyen du sol (Baker et Steemers, 2002). (Guzowski, 2000).

## 2.4 Les masques extérieurs (éléments de façade et environnement urbain) :

La prise en considération des **éléments de façade et de l'environnement urbain** est essentielle dans la quantification de la lumière du jour à l'intérieur d'un bâtiment. Ceux ci peuvent générer à la fois une obstruction à l'entrée de la lumière du jour directe dans le bâtiment, et une source secondaire de lumière naturelle par réflexion (**composante réfléchie externe**) (Baker et Steemers, 2002).

En conséquence, par exemple, une pièce au premier étage sera moins éclairée qu'une autre à un étage supérieur, dans le cas d'un bâtiment en vis-à-vis. D'ailleurs la même pièce sera mieux éclairée avec un facteur de réflexion plus élevé de la façade d'en face (Figure49).

La prise en considération des masques dans certaines méthodes de calcul simplifiées se fait en déterminant l'angle d'obstruction (entre le centre de la fenêtre et la ligne limite entre le masque et le ciel) et le facteur de réflexion moyen du masque (Daniel Bernstein, Jean-Pierre Champetier et al, 2007) (Baker et Steemers, 2002).

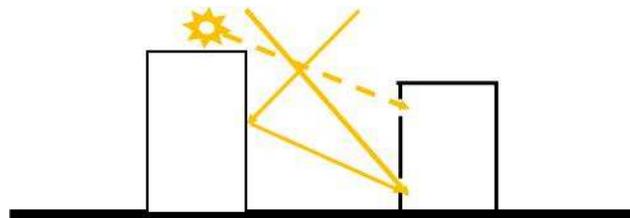


Figure 49 : Bâtiment en vis-à-vis constituant un à la lumière directe pour les étages inférieurs.

Source : Auteur.

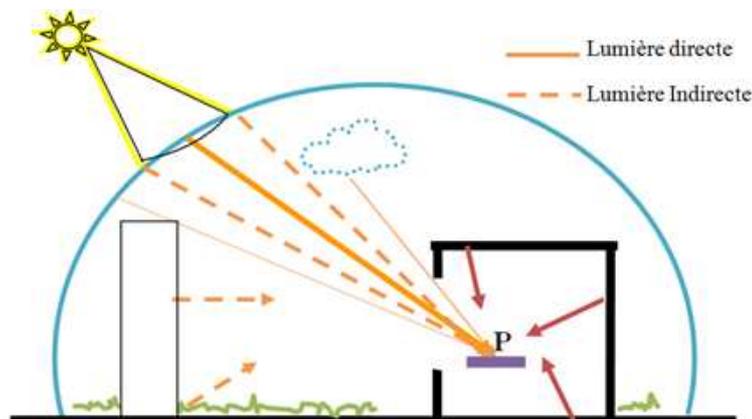


Figure 50 : Résumé des différentes provenances de la lumière naturelle dans le bâtiment.

Source : Auteur

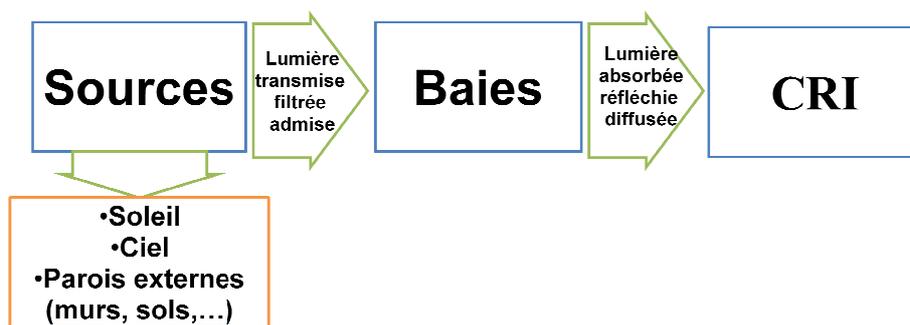


Figure 51 : Modèle récapitulatif concernant les sources de la lumière naturelle.

Source : Auteur.

### 3. Baies et lumière naturelle :

Les décisions les plus critiques pour un bâtiment vis-à-vis de l'éclairage naturel, pendant la première phase de la conception architecturale, sont lors de la formulation de la configuration du bâtiment et des **baies**.

Le premier point à aborder, lors de l'examen de l'utilisation de la lumière naturelle dans un bâtiment, est son entrée dans les intérieurs qui seraient autrement sombres, en raison du fait qu'ils sont séparés de l'extérieur par une façade. Seule la création de **baies**<sup>9</sup> dans l'enveloppe d'un bâtiment permettra l'entrée de lumière naturelle.

L'apport de la lumière naturelle est défini principalement par les propriétés de la baie qui influencent la composante directe et la composante indirecte extérieures, qui dépendent toutes deux des sources de la lumière naturelle. **Les baies sont donc inhérentes à la réalisation d'un éclairage relatif à la lumière naturelle.** Le choix de la baie se justifie par son double rôle, à la fois dans la conception, comme **filtre-connecteur**<sup>10</sup>, et dans l'éclairage naturel, comme **base du phénomène physique**.

Afin de profiter pleinement de tous les avantages offerts par la lumière du jour, il est nécessaire d'acquérir une compréhension plus profonde des composantes de la prise de lumière du jour, telles qu'elles sont définies par N. Baker, A. Fanchiotti et K. Steemers

9 Baie : le terme baie désigne toute ouverture feinte ou réelle pratiquée dans une construction. Au sens strict, la baie est une fenêtre. Mignon, O., F. Siard, et al. (2007). Découvrir une église: guide du visiteur, les Éd. de l'atelier.

10 Selon Christian Norberg-Schulz.

(Baker, Fanchiotti et al, 1993) dans le livre intitulé *Daylighting in architecture: a European reference book*, chapitre 5 : Daylighting components, ajouté à ceux-là les travaux de Rafael Serra (Serra, 1998) chapitre 6 : Daylighting, du livre intitulé *Architecture comfort and energy*, pour analyser et classer les différents éléments de la lumière du jour, tout en faisant la distinction de deux groupes principaux, appelés " les composantes de passage ou de passage à travers", autrement dit les baies et les "composantes de conduction"<sup>11</sup> (Figure52):

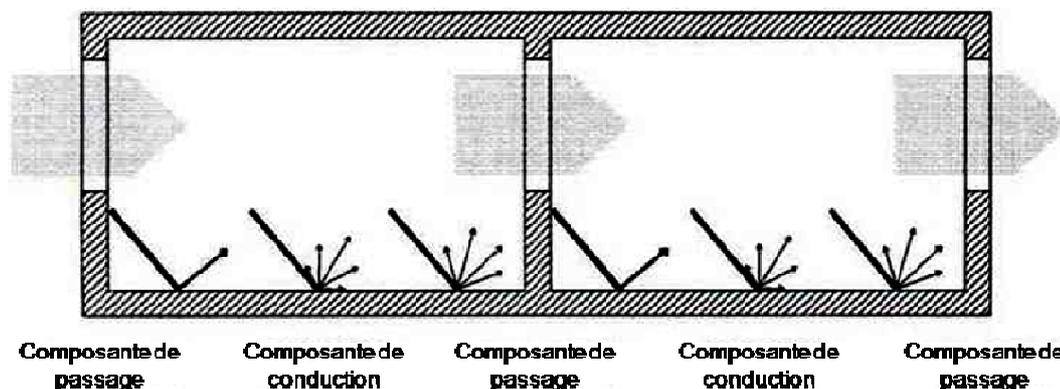


Figure 52 : Les composantes de l'éclairage naturel ; les composantes de passage et les composantes de conduction.  
Source : (Serra, 1998)

### 3.1 Modalités de variation de la baie comme composante de passage :

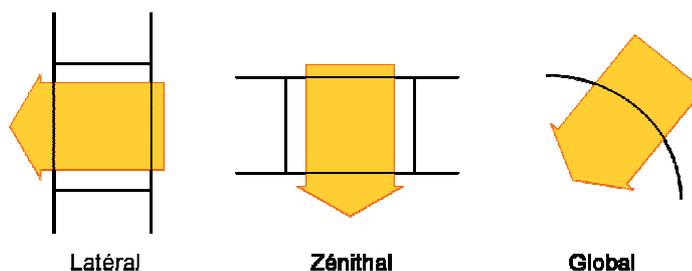
Les composantes de passage sont des **dispositifs** conçus pour permettre à la lumière de **passer d'un environnement lumineux à un autre, à côté**, prenant comme exemple la **baie** dont le prototype le plus courant est la **fenêtre**.

Trois types de baie peuvent être identifiés (Figure53) :

- Les composantes de passage **latéral** ;
- Les composantes de passage **zénithal** ;
- Les composantes de passage **global**.

11 Les composantes de conduction sont des **espaces** dont la vocation est **d'orienter et de distribuer la lumière vers l'intérieur du bâtiment** Baker, N., A. Fanchiotti, et al. (1993). *Daylighting in architecture: a European reference book*, James & James.

Serra, R. (1998). Daylighting. *Architecture: comfort and energy*, Elsevier: 234.

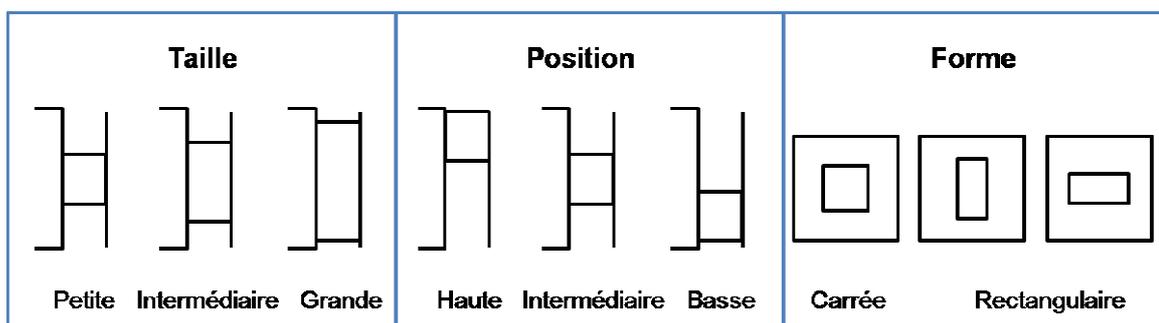


**Figure 53** : Les trois types de base de la composante de passage.  
**Source** : Auteur

Ces trois groupes peuvent également intégrer des **éléments de contrôle** comme "écrans souples et rigides", "filtres solaires" ... afin de contrôler l'entrée de la lumière dans le bâtiment.

Ces éléments sont analysés par leurs **caractéristiques géométriques** telles que (Figure54)

- la taille,
- l'emplacement et
- la forme



**Figure 54** : Les caractéristiques géométriques des composantes de passage, le cas de la composante zénithale.  
**Source** : Auteur

Sur la base de ces caractéristiques géométriques, des **lois générales de pénétration de la lumière** peuvent être déterminées.

### 3.1.1 Éléments de contrôle :

Dispositifs spécialement conçus pour accueillir et / ou contrôler l'entrée de la lumière à travers une composante de passage. Cinq catégories sont identifiées (Figure55) :

- Les surfaces de séparation ;
- Ecrans souples ;
- Ecrans rigides ;

- Les filtres solaires ;
- Obstrueteurs solaires.

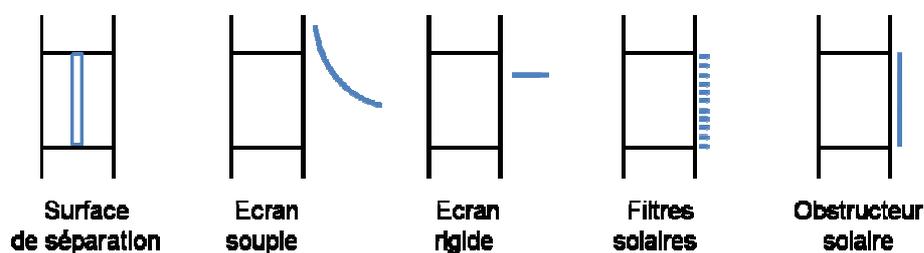


Figure 55 : Les cinq éléments de contrôle relatifs à la composante de passage latérale.

Source : Auteur

Tous les éléments inclus dans ces cinq groupes peuvent être analysés en fonction de leur **localisation**, de la **mobilité** et des **propriétés optiques** (diffusion de transparence et de redirection).

### 3.2 La baie comme dispositif de base de la composante de passage :

Une fenêtre est une **ouverture verticale** dans l'enceinte de la construction qui permet une interrelation entre l'extérieur et l'intérieur et des échanges lumineux, thermiques et acoustiques ainsi que la ventilation naturelle et la vue.

Une fenêtre est caractérisée par son **type**, **taille**, **forme**, **position** et **orientation**. En outre, les **contrôles** peuvent être ajoutés en vue de régler les échanges spécifiques.

#### 3.2.1 Type :

Pour classer les fenêtres en ce qui concerne le type, les critères suivants pour la caractérisation seront utilisés: **l'éclairage naturel**, **vue extérieure**, et la **ventilation naturelle**.

Cinq grands types de fenêtres peuvent être distingués:

- La fenêtre pour l'éclairage naturel
- La fenêtre pour la ventilation naturelle
- La fenêtre pour la vue extérieure et l'éclairage naturel
- La fenêtre pour l'éclairage naturel et la ventilation naturelle
- La fenêtre pour l'éclairage naturel, vue extérieure et la ventilation naturelle

Dans la définition de ces types de fenêtres, il faut se référer à des caractéristiques telles que: taille, forme, position, orientation ou contrôles qui seront analysés plus en détail plus tard.

### 3.2.2 Taille :

Une distinction sera faite entre la "**surface absolue**" d'une fenêtre, et une "**fenestration**" (surface totale de la fenêtre par rapport à la superficie de la pièce éclairée par la fenêtre, exprimée en pourcentage).

La "**surface absolue**" d'une fenêtre n'influence que les possibilités de ventilation et de la vision.

La "**fenestration**" influe sur la quantité et la distribution de la lumière. Par **surface absolue (m<sup>2</sup>)**, les fenêtres seront classées selon leurs tailles, en tenant compte de l'échelle humaine:

- **petite**: surface de moins de 0,5 m<sup>2</sup>
- **moyenne**: surface comprise entre 0,5 et 2 m<sup>2</sup>
- **grande**: surface supérieure à 2 m<sup>2</sup>.

**Fenestration (%)** : S'il ya plus d'une fenêtre dans la même pièce, la somme des surfaces de toutes les fenêtres doit être considérées d'un point de vue lumineux, par rapport à la superficie de la salle.

En fonction de la relation entre la surface de la fenêtre et l'espace intérieur, la classification suivante peut être faite:

- fenestration **très faible**: moins de 1%
- fenestration **faible**: 1 à 4%
- fenestration **moyenne**: 4 - «10%
- fenestration **haute**: 10 à 25%.
- fenestration **très élevée**: plus de 25%

### 3.2.3 Forme :

Une première approximation consiste à définir **la relation entre la hauteur et la largeur**. Les fenêtres peuvent ainsi être classées comme suit:

- **fenêtre horizontale**: coefficient de forme de 1 / 2
- **fenêtre verticale**: coefficient de forme de 2

- **fenêtre intermédiaire:** coefficient de 1 / 2 à 2.

### 3.2.4 Position

Une fenêtre peut être décrite par sa **position horizontale et verticale** sur le mur dans lequel elle est placée :

En référence à sa position par rapport à la hauteur du mur, la fenêtre peut être classée comme suit:

- fenêtre haute
- fenêtre intermédiaire
- fenêtre basse.

En référence à sa position par rapport à la largeur du mur, la fenêtre peut être classée comme suit:

- fenêtre centrale
- fenêtre latérale
- fenêtre de coin

### 3.2.5 Orientation :

En ce qui concerne l'orientation d'une fenêtre, on fait référence à **l'orientation géographique** depuis la course du soleil qui peut avoir une grande influence sur l'éclairage naturel.

De ce point de vue, les fenêtres à l'est et à l'ouest ont été considérées comme étant équivalentes puisque les effets produits sont les mêmes.

Les fenêtres sont donc classées comme suit:

- fenêtres orientées **Sud**.
- fenêtres orientées **Est et Ouest**.
- fenêtres orientées **Nord**.

Le rayonnement solaire admis par les fenêtres à l'est et à l'ouest pose des problèmes de contrôle.

### 3.2.6 Contrôles :

Les contrôles sont les mécanismes ou les dispositifs susceptibles de modifier les effets d'une fenêtre. Ces dispositifs peuvent être:

- **fixe:** ne sont pas contrôlés par l'utilisateur et généralement pas besoin d'entretien importants.
- **mobile:** adaptable à différentes conditions et peuvent être directement manipulés par l'utilisateur ou exploité automatiquement.

En général, l'éclairage, la ventilation et la vue sur l'extérieur peuvent être contrôlés, chaque caractéristique exigeant un contrôle approprié.

## 4. Le modèle basique de la baie:

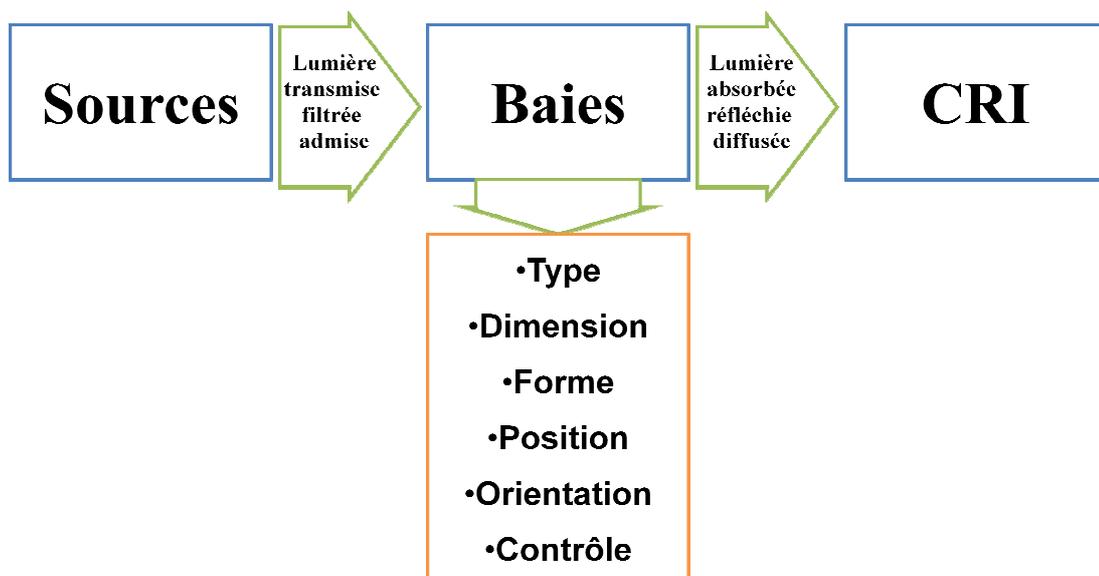


Figure 56 : Le modèle basique de la baie.

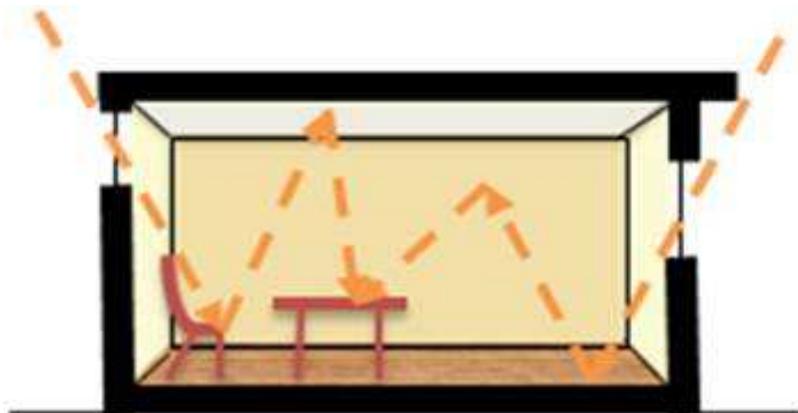
Source : Auteur.

## 5. La Composante Réfléchie Interne (CRI) :

Notre perception de l'espace architectural est principalement le reflet de la lumière sur des surfaces plutôt que la détection de la lumière directe à partir de sources lumineuses. En outre, une grande partie de la lumière fournie dans une pièce ne parvient pas directement de la source quelle soit naturelle ou artificielle, mais des différentes réflexions des surfaces

internes. Il s'ensuit que les **propriétés des surfaces** à affecter la lumière telles que la rugosité, la texture, la couleur et la forme sont des préoccupations majeures de l'architecte et un **élément essentiel de la palette conceptuelle**.

**La CRI est la lumière réfléchiée par les surfaces intérieures telles que le plafond, les murs, le plancher et les meubles**. Sa valeur dépend de l'éclairage de ces surfaces, de leur facteur de réflexion et des angles solides <sup>12</sup> sous lesquels ils sont vus depuis le point de référence (Liébard et De Herde, 2005) (Figure57).



**Figure 57** : Les différentes réflexions par les surfaces intérieures telles que le plafond, les murs, le plancher et les meubles.

Source : Auteur

## 5.1 CRI entre lumière et matière

La répartition de la lumière à l'intérieur d'un espace donné est non seulement relative à la prise de la lumière naturelle, mais également, à la fonction et à la morphologie de l'espace intérieur, et de **la nature de la matière** qui influence la répartition du flux lumineux.

La lumière naturelle. Cette énergie pure ne serait par ailleurs rien pour nous si elle n'interagissait pas avec la matière, «La lumière habille la matière. » Henri Alekarr (Jungmann, 1995, p.12). La lumière révèle la matière tandis que la matière absorbe, réfléchit, transmet et diffuse la lumière: il s'agit de comprendre les interactions lumière /

---

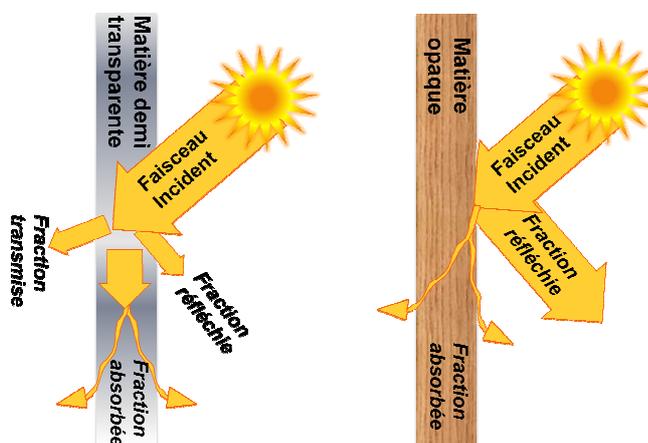
12 L'angle solide ( $\Omega$ ) d'un cône est le rapport de la surface ( $S$ ) découpée sur une surface sphérique (ayant son centre au sommet de ce cône) au carré du rayon de la sphère. Il s'explique en stéradians (sr).  $\Omega = S / r^2$  (sr) Liébard, A. and A. Herde (2005). Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques: concevoir, édifier et aménager avec le développement durable, Observ'ER.

matière et de **mettre l'accent sur la matière comme source secondaire n'émettant aucune lumière, mais la réfléchissant.**

En fait, la matière initialement inerte reçoit de la lumière, l'absorbe ou la diffuse ce qui peut plus ou moins radicalement la modifier. À l'inverse, la matière excitée thermiquement ou électriquement peut aussi émettre de la lumière.

La lumière se propage dans le vide sans perte d'énergie obéissant à la loi de propagation rectiligne<sup>13</sup>. Les choses changent quand la lumière rencontre un obstacle, ce dernier absorbe une quantité de lumière qui dépend du pouvoir de réflexion de la surface, au faite à la rencontre lumière/matière :

i) une partie du rayonnement incident est transformée en chaleur, c'est le phénomène d'absorption, ii) une partie peut être réfléchi et iii) une autre peut être transmise, si la matière est transparente ou semi-transparente (Figure58). On définit ainsi **trois coefficients (correspondants à trois phénomènes : Absorption-Réflexion- Transmission) l'absorptivité  $\alpha$ <sup>14</sup>, la réflectivité  $\rho$ <sup>15</sup> et la transmittivité  $\tau$ <sup>16</sup>** qui représentent respectivement les pourcentages du flux incident qui sont absorbés, réfléchis ou transmis. Par définition, la somme de ces trois coefficients est toujours égale à l'unité ou, autrement dit, l'énergie réfléchi est égale à l'énergie incidente moins l'énergie absorbée obéissant à la loi de conservation de l'énergie.



**Figure 58** : Les processus d'absorption, de réflexion et de transmission, qui se produisent lorsque la lumière frappe une surface ou une couche de matériau.

**Source** : Auteur.

13 Ce qui signifie qu'elle se déplace en ligne droite.

14 Pouvoir absorbant d'une surface. <http://www.cnrtl.fr/lexicographie>

15 Rapport de l'énergie réfléchi à l'énergie incidente totale. <http://www.cnrtl.fr/lexicographie>

Plus une surface est lisse et brillante plus la lumière est réfléchi. En revanche, plus une surface est rugueuse et matte plus la lumière est diffuse. Lorsque les rayons solaires sont directs et rencontrent une surface matte et rugueuse la lumière est projetée (Image1.Figure59).

Alors que s'ils rencontrent une surface brillante, la lumière est alors réfléchi (Image2.Figure59).



Image 1. Lumière projetée    Image 2. Lumière réfléchi    Image 3. Lumière diffuse

Figure 59 : Les qualités de la lumière en fonction des caractéristiques des surfaces.

### 5.1.1 La matière opaque (la réflexion) :

On observe une réflexion de la lumière lorsque les ondes électromagnétiques visibles rencontrent une surface qui n'absorbe pas toute leur énergie de radiations et en repousse une partie ; « *Les objets sont moins clairs que le soleil ou le ciel, mais le principe reste le même ; ce sont des luminaires plus faibles.* » (Arnheim, 2004, p.133)

Il existe quatre modes de réflexion de la lumière sur une surface (Reiter et De Herde, 2004) :

- **Spéculaire:** la lumière est renvoyée selon un angle de réflexion égal à l'angle d'incidence du rayon lumineux (ex: un miroir) (Figure60 a).
- **Diffuse parfaite:** la lumière réfléchi est distribuée dans toutes les directions (Figure60 b).
- **Diffuse quelconque:** la lumière se répartie de manière aléatoire (Figure60 c).
- **Mixte:** la lumière est réfléchi de manière diffuse mais privilégie, quand même, une direction précise (Figure60 d).

Le coefficient de réflexion ( $\rho$ ) d'une surface est la quantité d'énergie lumineuse qu'elle réfléchit par rapport à celle qu'elle reçoit.

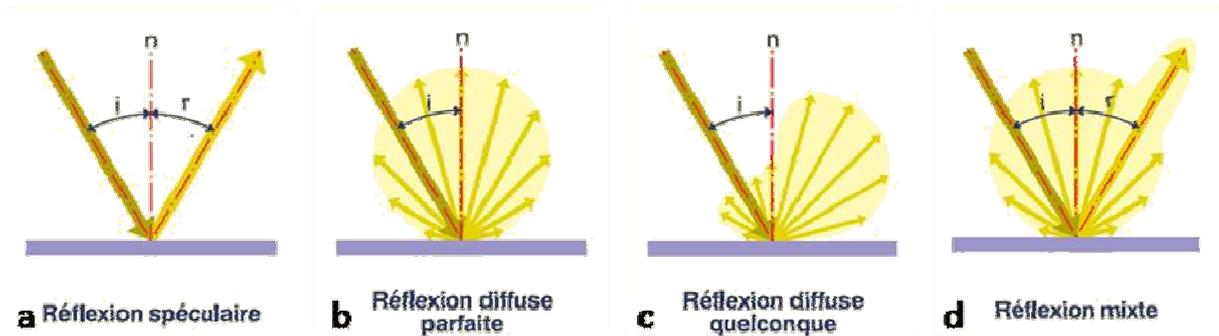


Figure 60 : Les quatre modes de réflexion de la lumière

Source : (Liébard et De Herde, 2005)

Pour les longueurs d'onde du rayonnement visible, la plupart des surfaces rencontrées dans les bâtiments auront des comportements diffus. Seules les surfaces polies et les corps à structure interne très ordonnée (structures cristallines) auront un comportement spéculaire.

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

### 5.1.2 La matière transparente (la transmission) :

Il existe quatre modes de transmission de la lumière:

- la transmission **directionnelle** : la lumière est transmise selon un angle égal à l'angle d'incidence du rayon lumineux (Figure61a).
- la transmission **diffuse parfaite** : la lumière transmise est distribuée dans toutes les directions (Figure61b).
- la transmission **diffuse quelconque** : la lumière se répartit de manière aléatoire (Figure61c).
- la transmission **mixte** : la lumière est transmise de manière diffuse mais privilégie quand même une direction précise (Figure61d).

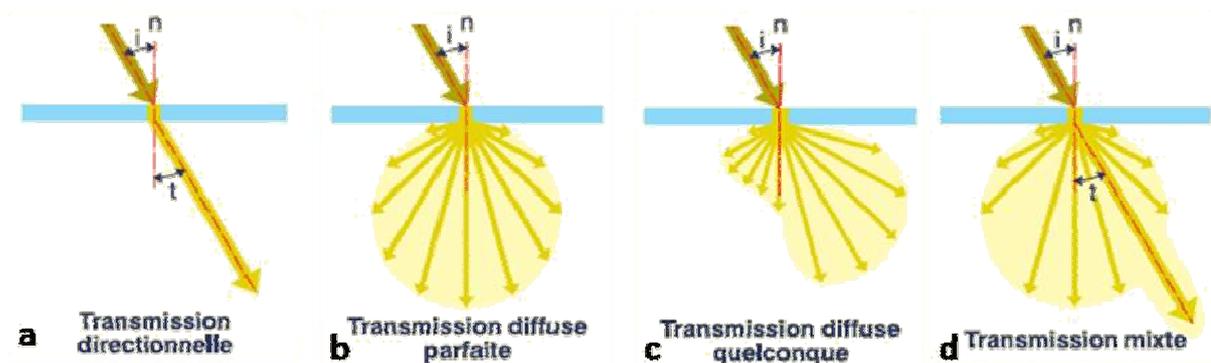


Figure 61 : Les quatre modes de réflexion de la lumière

Source : (Liébard et De Herde, 2005)

Du point de vue de la transmission de la lumière, les corps se regroupent en trois catégories selon qu'ils soient transparents, translucides ou opaques à la lumière. La transmission lumineuse est aussi une propriété variable en fonction de l'épaisseur d'un matériau; par exemple, une feuille d'or très mince laisse filtrer une lumière verte.

Le coefficient de transmission lumineuse (TI) est le pourcentage de rayonnement solaire visible transmis au travers d'une paroi

## 5.2 Modalités de variation de la CRI :

Celles-ci englobent les modalités de variation des surfaces internes de la conformation architecturale que nous pensons pouvoir les subdiviser en caractéristiques formelles et surfaciques :

### 5.2.1 Caractéristiques formelles :

C'est grâce à la lumière naturelle, que la plupart des formes nous sont révélées.

Cette lumière change continuellement, tandis que les formes restent constantes, alors que leur présentation peut changer en réponse à la variation de la lumière. Les formes réagissent aux effets de la lumière qui, à son tour est façonnée par elles.

La lumière modèle la forme, une colonne ronde, par exemple, reçoit une ombre uniformément croissante accentuant sa forme fermée, tandis qu'un profil vertical apparaît, une ligne d'ombre comme un saut soudain entre l'ombre et la lumière et permute la masse en une ligne abstraite.

### 5.2.1.1 Géométrie de l'espace : Linéarité / Courbure, Verticalité/Inclinaison :

Du point de vue géométrique, l'état de surface et les caractéristiques intrinsèques des corps font que leurs caractéristiques de réflexion et de transmission peuvent être profondément différentes d'un corps à l'autre.

Par exemple, chaque fois que les irrégularités géométriques sont du même ordre de grandeur que la longueur d'onde du rayonnement incident, on constatera un phénomène de réflexion diffuse (la réflectivité ne dépend alors pas de la direction d'incidence), la surface apparaît mate.

Au contraire, si les irrégularités géométriques sont très petites par rapport à la longueur d'onde du rayonnement incident, on obtiendra une réflexion ou une transmission spéculaire (l'aspect directionnel du rayonnement incident est alors conservé et la surface apparaît brillante). Dans la pratique, on a, entre ces deux extrêmes, toutes sortes de comportements.

Cependant, la linéarité de l'espace (Figure63) fait que la diffusion de la lumière soit guidée et modelée suivant ce sens donné à l'espace, alors que la courbure de l'espace concentre et fait converger la lumière en un point central (Figure62), la verticalité rejoint la linéarité avec plus d'étroitesse cette dernière donne une direction plus affirmée et plus matérialisée de la diffusion lumineuse (Figure64), L'inclinaison crée une convergence en un coin (Figure65).



Figure 63 : L'effet de la linéarité

Source : Auteur

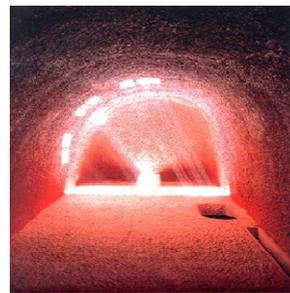
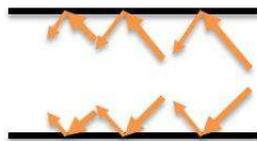


Figure 62 : L'effet de la courbure

Source : Auteur



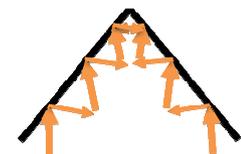
Figure 64 : L'effet de la verticalité

Source : Auteur



Figure 65 : L'effet de l'inclinaison

Source : Auteur



## 5.2.2 Caractéristiques surfaciques :

La quantité de lumière réfléchiée par un objet ainsi que la manière dont elle est réfléchiée est très dépendante de la texture de la surface de cet objet. La couleur de la lumière réfléchiée dépend de la couleur de la lumière incidente, de la texture de la surface du matériau, ainsi que de sa couleur.

La luminance (L) <sup>17</sup>

La luminance d'une source est le rapport entre l'intensité lumineuse,<sup>18</sup> émise dans une direction, et la surface apparente de la source lumineuse, dans la direction considérée (Figure66).

Elle traduit la sensation visuelle de luminosité créée par une source lumineuse principale (le soleil, le ciel,...) ou par une source de lumière secondaire (surface éclairée).

La luminance comme **valeur physique** est la seule grandeur photométrique réellement perçue par l'œil humain. La luminance d'une surface dépend de l'éclairement de cette surface, de son coefficient de réflexion et de sa brillance.

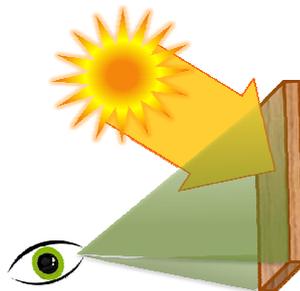


Figure 66 : La luminance (L)

Source : Auteur

### 5.2.2.1 Texture :

La texture est définie comme étant la façon dont se comporte la lumière qui rencontre une surface déterminée. (Beyaert, 2003)

J. Ninio la définit comme «le grain des choses, la qualité la plus tangible des objets, bien avant leur couleur ou leur forme» (Ninio, 1989)

<sup>17</sup>  $L = I/S$  apparent ( $\text{cd}/\text{m}^2$ ). La luminance s'exprime en candéla par mètre carré.

<sup>18</sup> Flux lumineux émis par unité d'angle solide dans une direction donnée. Elle se mesure en candéla, équivalent à  $1\text{lm}/\text{sr}$ .  $I = \Phi / W$  (cd)

La qualité visuelle nous permet l'identification d'un matériau: métal, étoffe, bois, etc. Contrairement aux couleurs qui se laissent classer et décrire avec précision (saturation, tonalité, teinte), les qualités texturales passent au crible d'un vocabulaire disparate et mal organisé: rêche, grenu, frisé, etc.

Certains décrivent la perception des textures sur fond de correspondance entre le visuel et le tactile.

*« Par le terme de texture, on entend une propriété de la masse colorée qui joue aussi bien dans ses profondeurs que sur la pellicule par des inclinaisons diverses et des disjonctions qui infléchissent différemment l'absorption et la réfraction des rayons lumineux par des corps opaques, modifiant ainsi leurs effets chromatiques. » (Saint-Martin, 1987)*

La texture assure une liaison entre le visuel et le tactile, elle exprime aussi un certain synchronisme du visible lui même. **Elle dépend de la lumière qui permet d'établir la régularité et de différencier les textures** (Figure67). La relation à la lumière se matérialise dans le concept de **lumière-matière**, cette dernière rencontre les discontinuités de surface et produit des ombres produisant, par conséquent, des différences tonales. Ainsi représente-t-elle la «chair du monde». (Beyaert, 2003)

*« On peut dire que la lumière, donatrice de toutes présences, est créatrice d'un matériau et le matériau, ainsi créé projette une ombre et l'ombre appartient à la lumière. » Louis Kahn*



**Figure 67** : L'influence de la texture sur la direction de la lumière réfléchi.

Source : Auteur

La texture s'exprime par une forme décomposable constituée de module ou d'unités et par une loi de répétition de ces unités. Le Groupe  $\mu$ , parmi d'autres auteurs, a rendu compte des résultats de Bela Julesz relatifs aux lois statistiques de production des textures et distingue les textures selon leur **luminance** et leur **granularité**<sup>19</sup>. (Edeline, Klinkenberg et al, 1992)

Ce raisonnement permet de libérer la texture de toutes les connotations d'épaisseur qui lui sont attachées: une texture peut être épaisse satisfaisant la conception «matériériste», comme elle peut tout aussi, présenter la fine granulosité d'une peinture.

---

19 Structure des grains composant la surface du matériau

Ninio mentionne que la qualité d'une texture modifie la limite, par exemple, les lignes les plus saillantes délimitent toujours deux textures dans le monde naturel : la ligne de côte qui sépare l'eau de la terre nous apparaît toujours comme soulignée d'un cerne noir lorsque nous la voyons, à distance, d'un avion ou d'un bateau (Ninio, 1989) .

### 5.2.2.2 Couleur :

C'est dans les interactions lumière-matière que la couleur trouve son origine, **l'absorption sélective est à l'origine de la couleur de la surface**. En l'absence de lumière, il n'y a pas de couleur.

La couleur est en effet à la lumière, telle que démontrée par Newton dans son expérience classique (Figure68). La lumière blanche est composée d'un spectre de couleurs rouge, orange, jaune, vert, bleu et violet et la sensation de blancheur est présente quand il ya une combinaison de ceux-ci, bien que les proportions de couleurs différentes ne doivent pas être de valeurs précises.

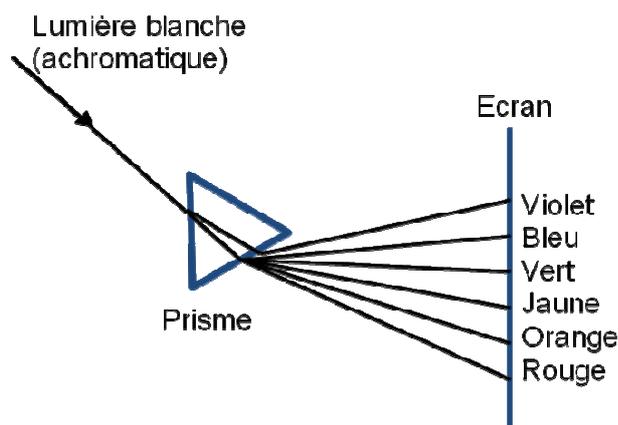


Figure 68 : La décomposition de la lumière .blanche  
Source : Auteur

La dépendance de la texture à la lumière ne peut être séparée des critères chromatiques et même dimensionnels. Cette intrication des dimensions du visible a été prononcée par M. Guillot:

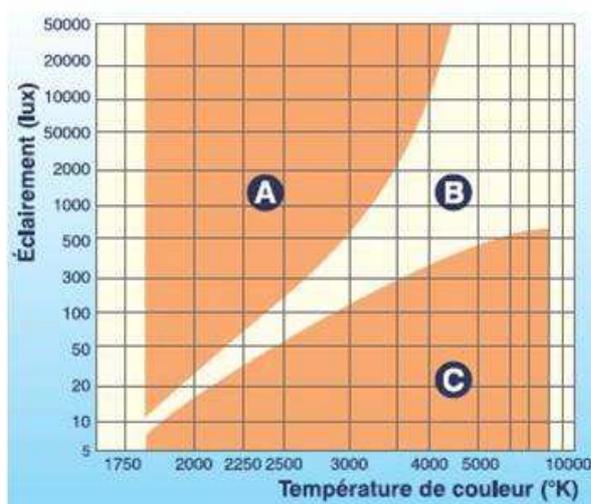
*« Suivant qu'un pigment sera pulvérisé de façon plus ou moins fine, sa couleur changera... d'abord à mesure que le produit devient plus fin, la surface augmente. Quand les grains sont gros, on a l'impression d'un objet très coloré; quand les grains sont petits, il y a beaucoup de surfaces réfléchissantes, la poudre réfléchit beaucoup de lumière blanche et elle paraît plus claire. »* (Guillo, 1957)

Toutefois, à l'intérieur d'un bâtiment, **la température de couleur**<sup>20</sup> de l'éclairage naturel varie suivant la visibilité du soleil et ses réflexions sur l'environnement extérieur, comme intérieur. Par temps couvert, enfin, le ciel produit un éclairage de couleur blanche, tirant très légèrement sur le bleu, et donne un très bon **rendu de couleur**<sup>21</sup>

La **température de couleur** produit un effet psychologique qui dépend du niveau d'éclairement :

**Aux faibles éclairagements C** (Figure69), une température basse (teinte chaude) produit une ambiance agréable, alors qu'une température élevée (teinte froide) produit une ambiance « blafarde »;

**Aux forts éclairagements A** (Figure69), une température de couleur élevée, comme la lumière naturelle, est perçue comme agréable, donnant une impression de clarté et de fraîcheur.



**Figure 69** : Zone de confort B (en blanc) en fonction de la température de couleur et du niveau d'éclairement.

**Source** : (Liébard et De Herde 2005, p.255a)

Toutes les couleurs possèdent une teinte, une saturation et une valeur (ou luminosité) inhérentes (HSV Hue, Saturation, Value en anglais TSL en français) (Figure70).

20 **(TC)** d'une source est la température à laquelle il faudrait chauffer un corps noir pour qu'il rayonne une lumière dont la couleur serait la plu proche possible de la source considérée. Elle s'exprime en Kelvin (K).

21 Déterminé par l'indice de rendu des couleurs **(IRC)**, défini comme étant la capacité d'une source lumineuse à restituer les différentes couleurs du spectre visible de l'objet qu'elle éclaire. L'indice maximum (IRC100) correspond à une source dont la lumière émise rend les couleurs de la même manière que la lumière de référence corps noir ou lumière naturelle selon la TC de la source.

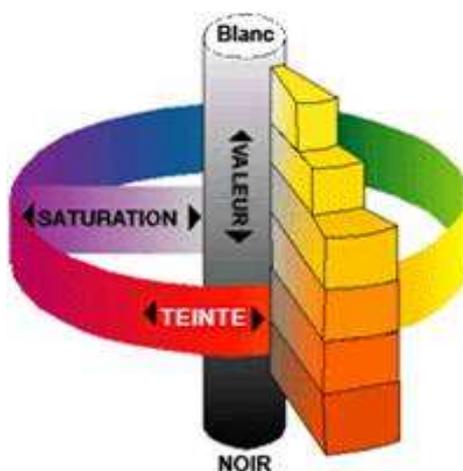


Figure 70 : Diagramme des teintes, saturation et valeur.

Source : <http://www.creanum.fr/dossiers/id/32/pageid/131/les-bases-de-la-couleur.aspx>

- **La teinte** est la description de la couleur comme le jaune, le violet ou le vert.
- **La saturation** fait aussi référence à la chrominance, l'intensité ou encore la pureté de la couleur. Par exemple, 100% de rouge serait un rouge vif alors qu'à 10% il s'agirait d'un rose.
- **La valeur** est relative à la lumière ou à l'obscurité de la couleur. La valeur (luminosité) est aussi utilisée pour décrire les valeurs tonales qui ne contiennent pas de teinte (niveaux de gris).

L'interaction couleur/lumière peut aussi générer des effets qui modifient un espace architectural, voire le transforment totalement. Elle contribue activement à la création d'une ambiance lumineuse et l'architecte l'utilise pour caractériser certains endroits de l'espace intérieur.

## 6. Le modèle basique de la Composante Réfléchie Interne :

Après avoir fait le parcours de la littérature concernant le sujet de notre recherche le modèle de l'éclairage naturel (Figure42) peut être enrichi ; les **sources** de la lumière naturelles ne sont autres que : Soleil, Ciel et parois extérieures ces parois se résument en murs<sup>22</sup> : façades des bâtiments, vitrines,... et sols<sup>23</sup> : surfaces horizontales : routes, trottoir..., les **baies** sont toutes des ouvertures ou percements dans l'enveloppe du bâtiment, dotées ou non de

22 Toutes surfaces verticales extérieures (siège de réflexions)

23 Toutes surfaces horizontales extérieures (siège de réflexions)

compléments, permettant de ramener la lumière naturelle à l'**espace intérieur** défini par sa forme sa texture et sa couleur, pour donner forme au modèle basique de la composante réfléchie interne (Figure71) :

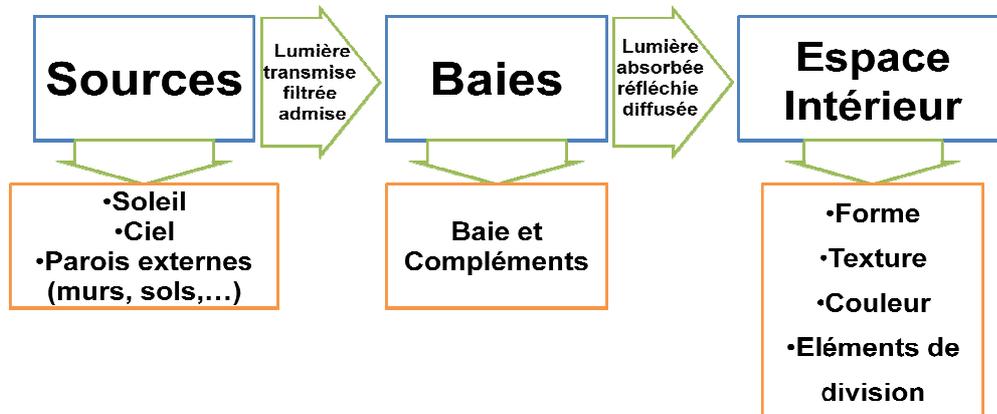


Figure 71 : Le modèle basique de la composante réfléchie interne.

Source : Auteur

## 6.1 L'espace Intérieur :

Siège des réflexions internes à la conformation architecturale et réceptacle de l'ambiance lumineuse intérieur, il se caractérise par sa Forme, sa Texture, sa Couleur ainsi que ses Eléments de division et de segmentation :

### 6.1.1 Forme :

On entend par la forme de l'espace intérieur, le moule ou la configuration de son enveloppe généralement plane et ou courbée (Figure72):

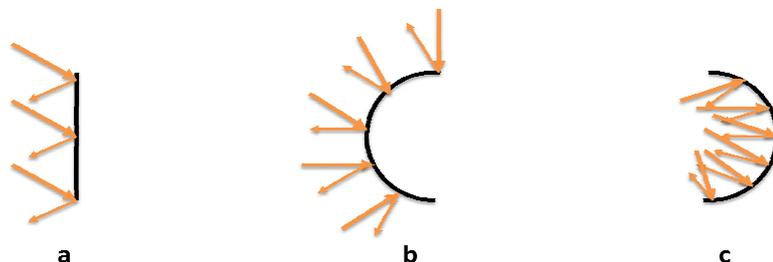


Figure 72 : L'angle de réflexion diffère avec la forme de la surface sur laquelle tombe la lumière :

a) plane, b) convexe (comportement divergeant), c) concave (comportement convergeant).

Source : Auteur.

### 6.1.2 Texture :

La texture considérée comme la peau de l'espace intérieur, est définie par trois états différents ; rugueuse, intermédiaire, lisse (Figure73):



Figure 73 : Les trois états de la texture : a) rugueuse, b) intermédiaire, c) lisse.

Source : Auteur

### 6.1.3 Couleur :

Appréhendée comme étant la pigmentation de l'espace intérieur, la couleur est déterminée selon deux variations extrêmes ; claire ou foncée (Figure74):

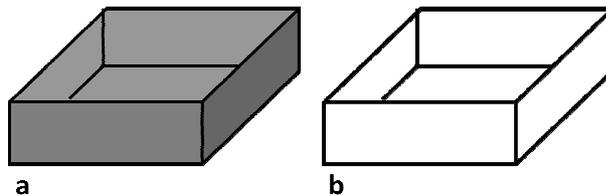


Figure 74 : Les deux variations extrêmes de la couleur : a) foncée, b) claire.

Source : Auteur

### 6.1.4 Eléments de division :

Comme segmentation de l'espace intérieur, ils se présentent sous deux formes principales (Figure75); continue (parois pleines), discontinue (parois ajourées ou fragmentée) :

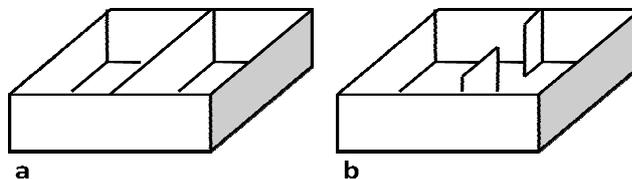


Figure 75 : Les deux formes principales des éléments de division : a) continue, b) discontinue.

Source : Auteur

## 7. Le modèle de l'éclairage naturel basé sur la baie et la composante

### réfléchi interne :

Après ce parcours, de la littérature concernant l'éclairage naturel, la baie et la composante réfléchie interne, le fusionnement des synthèses de chacune de ces trois parties (Figure42, Figure51, Figure56, Figure71) nous permet la mise au point du modèle de l'éclairage naturel basé sur la baie et la composante réfléchie interne :

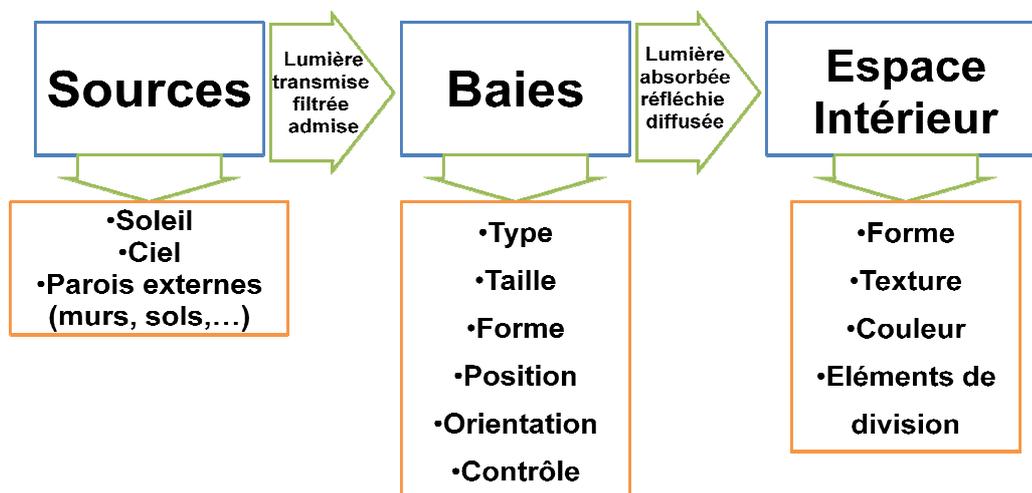


Figure 76 : Le modèle de l'éclairage naturel basé sur la baie et la composante réfléchie interne.

Source : Auteur.

## Conclusion :

La **composition de la lumière réfléchie** par diverses surfaces internes et celle admise par les différentes **baies** à l'intérieur de la **conformation architecturale**, établissent et génèrent un **environnement lumineux intérieur** donné.

Une bonne conception de l'éclairage naturel résulte à la fois de l'appréciation et du contrôle de deux lumières ; la **lumière directe admise** et celle **réfléchie de manière interne**, et de leurs méthodes d'introduction et d'orientation, par exemple dans les situations où les valeurs de la lumière directe sont faibles ou dans les points où il n'est pas possible de visualiser le ciel, la lumière réfléchie de manière interne (**CRI**) pourrait être la réponse à donner.

C'est pourquoi le modèle élaboré, pour l'étude de l'éclairage naturel, est basé sur : i) **la baie avec ses différentes propriétés** qui jouent un rôle décisif dans l'apport des quantités nécessaires de lumière naturelle. ii) **la composante réfléchie interne** définie par la forme, la nature et les qualités des surfaces sur lesquelles tombe la lumière.

*" Il n'est pas de symbole plus parfait de l'Unité divine que la lumière. De ce fait l'artiste musulman cherche à transformer la matière même qu'il façonne en une vibration de lumière."*

(Burckhardt, 2009, p.127)

## **Introduction :**

La civilisation islamique s'illustre par une architecture sacrée très riche et diversifiée. Du Maghreb à l'Asie, de l'Espagne à l'Afrique profonde, cette architecture multiple se caractérise par une très grande sobriété des lignes, un foisonnement extrême des détails architecturaux et une **forte valorisation de la lumière naturelle**.

Dans ce chapitre, une étude sur l'évolution de l'architecture des mosquées, en fonction de l'éclairage naturel, sera faite. Il sera donc question de dégager les types correspondant aux mosquées en générales, de situer les mosquées algériennes par rapport à ces types, et ensuite de passer style par style et d'en dégager un inventaire des dispositifs de l'éclairage naturel et /ou des dispositions de ces dispositifs.

Une définition d'une mosquée peut être un édifice érigé sur un axe invisible, un axe qui n'en est pas moins le principal déterminant de sa conception. Le monde musulman est étalé comme une gigantesque roue avec la Mecque comme le centre, avec des lignes tracées de toutes les mosquées du monde formant les rayons. Ces lignes convergent sur une ville et dans cette ville sur un point. La ville est la Mecque, et le point est la Kaaba en son centre (Jones, Sims et al, 1995, p.16).

Le mot "masjid » est dérivé du verbe arabe "sa-ja-da," sens de se prosterner ou de s'incliner dans le culte, à Dieu (Kahera, 2002, p.35).

Construction utilisée pour la prière des musulmans constituant la principale unité de l'architecture islamique dont la première mosquée a été la maison du prophète Mahomet à Médine (Petersen, 2002, p.195).

## 1. Caractéristiques architecturales de la mosquée :

La mosquée possède une fonction complexe en tant qu'institution islamique dans la vie quotidienne et spirituelle des musulmans (Golvin, 1960).

D'une grande diversité stylistique et architecturale, les mosquées varient de simples *masjid* pour le culte quotidien, au *jami'* (grandes mosquées), où les fidèles se rassemblent pour la prière du vendredi.

L'architecture de la mosquée, dictée par les règles de la prière, se devait d'assurer aux croyants un climat empreint de sérénité leur permettant de prier et de suivre sans difficulté le sermon du prédicateur et de **faire une lecture aisée du saint coran**.

La mosquée comprend :

- . **La zone découverte** ou la **cour** à galeries ou à iwans avec une fontaine ou un bassin pour les ablutions
- . **La zone couverte** ou **salle de prière**<sup>24</sup> hypostyle à coupole ou mixte.

Les autres composantes sont (Figure77) :

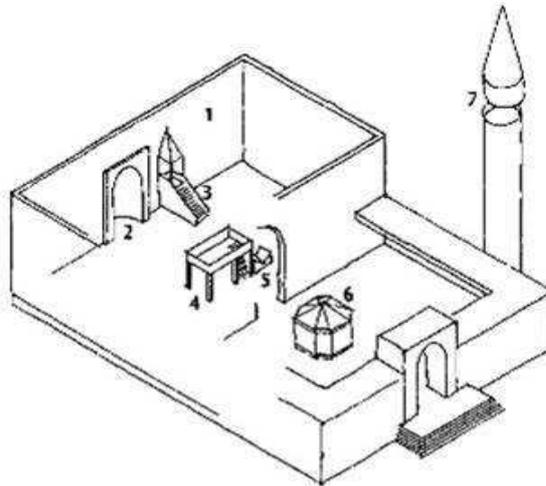
- \* La **qibla**, ou mur principal de la salle de prière, en principe orientée vers la Mecque;
- \* Le **mihrab**, niche vide située au centre du mur de la Qibla (rappelle le lieu où s'installait le prophète Mohamed pour prier) ;
- \* Le **minbar**, chaire à prêcher, en bois ou en tout autre matériau (pierre, marbre par exemple), se situe toujours juste à côté du mihrab, où se place l'imam pour donner les discours et les orientations religieuses (al khotba) ;
- \* La **dikka**, tribune soulevée, dans le centre de la salle de prière, qui permet de répercuter le sermon du muezzin pour les lignes à l'arrière. On n'en trouve que dans les grandes mosquées ;
- \* La **maksourah**, enceinte entourée de jalousies, précède le mihrab, était sans doute l'espace réservé au calife ;

---

24 Le lieu où les musulmans prient. Le sol est toujours recouvert de tapis afin de purifier le lieu

\* Le **minaret**, grande tour à l'un des murs du patio d'où le muezzin lance l'appel à la prière. Le minaret sert surtout à marquer l'emplacement d'un sanctuaire, car on le voit de loin. Sa forme varie selon les régions et les époques.

Les mosquées sont caractérisées également par les **coupoles** et les **voûtes**.



**Figure 77** : Les principaux éléments de la mosquée.

(1) Mur de la qibla, (2) Mihrab, (3) Minbar, (4) Dikka,  
(5) Kursi, (6) Fontaine, (7) Minaret.

**Source** : (Stegers et Baumann, 2008).

## 2. Classification architecturale des mosquées :

La tâche de concevoir une forme architectonique, pour le culte d'un Dieu qui est invisible et en plus il est interdit de la représentation, n'a jamais été facile.

Le plan de la mosquée a été développé grâce à un processus de changement et de modification au fur et à mesure de l'expansion de l'islam, les mosquées ont intégré de plus en plus d'éléments issus de l'architecture des territoires conquis.

La revue de la littérature consacrée à l'architecture religieuse dans les pays d'islam révèle diverses classifications architecturales de la mosquée :

### 2.1 Classification de Henry Martin (1976) :

Suivant la construction et le plan **Henry Martin** (Martin, 1976) distingue trois sortes de mosquées:

- La mosquée à **toitures plates** et à plan rectangulaire.
- La mosquée voutée et à **plan cruciforme**.
- La mosquée **couverte par des coupoles** qui est la mosquée de l'école ottomane.

## 2.2 Classification de Denis Grandet (1992) :

Sur le plan historique, **Denis Grandet** (Grandet, 1992, p.6) distingue quatre étapes:

- L'expansion: du VIIe au IXe siècle.
- Les divisions: du Xe au XIIIe siècle.
- Les revers: du XIIIe au XVe siècle.
- L'hégémonie turque: à partir du XVe siècle.

D'un point de vue géographique, le même auteur distingue cinq écoles:

- L'école syro-égyptienne.
- L'école du Maghreb et d'Andalousie.
- L'école **persane**.
- L'école **hindoue**.
- L'école **ottomane**.

## 2.3 Classification de Dalus Jones et al (1995) :

Une troisième classification en trois importantes pages de variation architecturale est évoquée par **Dalu Jones, Eleanor Sims et Ernst J. Grube** (Jones, Sims et al, 1995, p.18-20):

- La mosquée **Ottomane**.
- La mosquée **d'Afrique du Nord et d'Espagne**.
- L'école **Iranienne**.

## 2.4 Classification de Timothy Insoll (1999) :

Une classification émergeant d'une étude archéologique de la mosquée selon **Timothy Insoll** (Insoll, 1999, p.35), en s'appuyant sur **Martin Frishman**, **Hasan-Uddin Khan**, **Mohammad Al-Asad** (Frishman, Khan et al, 1994), fait la distinction entre sept styles régionaux de la mosquée :

- Style du **cœur d'Arabie, de l'Espagne et l'Afrique du Nord.**
- Style **Sub-saharien et de l'Afrique de l'Ouest.**
- Style de **l'Iran et de l'Asie centrale.**
- Style du **Subcontinent indien.**
- Style d'**Anatolie.**
- Style de la **Chine.**
- Style du **Sud-est asiatique.**

## 2.5 Classification de J. P. Hogendijk et A. I. Sabra (2003) :

Pour **J. P. Hogendijk**, **A. I. Sabra** (Hogendijk et Sabra, 2003, p.236) Styles et méthodes de construction ont changé de génération en génération. Mais le plan au sol de la mosquée est resté globalement stable ; deux catégories de base de la conception de la mosquée sont représentées:

1. Le style de la **salle hypostyle et la cour ouverte**, que l'on trouve dans le centre arabe (Syrie, Irak, Arabie Saoudite, l'Egypte et le Yémen), en Espagne et en Afrique du Nord.
2. Le style **bi-axial de quatre iwans**, que l'on trouve en Iran et en Asie centrale.

## 2.6 Classification de Marian Moffett et al (2003) :

Selon **Marian Moffett**, **Michael W. Fazio** et **Lawrence Wodehouse** (Moffett, Fazio et al, 2003) la forme de la mosquée a été ajustée en fonction des traditions locales et de

conditions de construction. Les chercheurs ont classé le design des mosquées en cinq grandes catégories:

- La **salle à colonnes** avec, peut-être, plusieurs petits dômes (qui se trouve en Arabie, en Afrique, et en Espagne), Style de **l'Iran et de l'Asie centrale**.
- Un **grand espace central couvert** soit par un grand dôme entretoisé par des semi-dômes (commune de l'Anatolie) ou toits pyramidaux (typique de l'Indonésie),
- Une **cour rectangulaire flanquée de grands espaces couverts ou voûte (iwans)** ouvert à la cour dans le centre de chaque côté (qui se trouve en Iran et en Asie centrale),
- La mosquée à **trois dômes** avec une **grande cour ouverte** (développée en Inde),
- Les mosquées composées d'une série de **pavillons mis sur un axe dans un jardin clos** (typique de la Chine).

### **2.7 Classification de Kenza Boussora-Chikh (2004) :**

Une autre classification est proposée par **Kenza Boussora-Chikh** (Boussora-Chikh, 2004, p.10) et selon laquelle, il y a quatre grandes périodes de l'architecture islamique:

- L'ère **préclassique**, inclut le style Omeyyade, Abbasside, Idrisside, Rustumide, Aghlabide, fatimide et ziride.
- L'ère **classique**, englobe l'architecture Almoravide et Almohade dans le Maghreb.
- La **dernière étape classique**, on y trouve l'architecture Mamelouke, Nasride, Hafside, Mérinide et Zyanide.
- La période **postclassique**, des ottomanes, des séfévide et des mongoles.

### **2.8 Classification de Brahim Benyoucef (2005) :**

**Brahim Benyoucef** (Benyoucef, 2005, p.14) bâtit une première classification basée sur les grandes époques de l'islam :

- La première période est celle des **premiers Califes** (où le monde islamique était dirigé de Médine).
- La deuxième période est celle de la **domination des états ; Omayyades** (658-750) puis **Abassides** (750-jusqu'à l'invasion mongole).
- La troisième période est celle de la fragmentation du monde islamique en dynasties locales.
- La quatrième période est celle qui s'ouvre dès le XVe siècle.

Selon le même auteur (Benyoucef, 2005, p.15) une différenciation de styles et d'écoles relatives au temps et à l'espace, est possible:

- Le style **syrien** des **Omayyades**.
- Le style **mésopotamien** des **Abassides**.
- L'école **Hispano-Magrébine**.
- L'école **Egyptienne**.
- L'école **Persane**.
- L'école **Ottomane**.
- L'école **Indoue**

### **2.9 Classification de Titus Burckhardt (2009) :**

Alors que, **Titus Burckhardt** (Burckhardt, 2009, p.171-174) en faisant référence aux études du grand historien magrébin **Ibn Khaldoune**, parle de son côté de désignation de styles d'après les dynasties (nomades ou sédentaires) qui ont régné aux époques et sur les pays où ces styles se sont manifestés :

**Abbasides, Mamlouks, Seldjoukides, Mongols, Ottomans, Timourides, Almoravides, Almohades.**

Le même auteur, distingue quatre types:

- La mosquée **Arabe**.

- La mosquée **Persane**.
- La mosquée **Ottomane**.
- La mosquée **Indienne**.

### 2.10 Classification de Banush Shyqeriu (2009) :

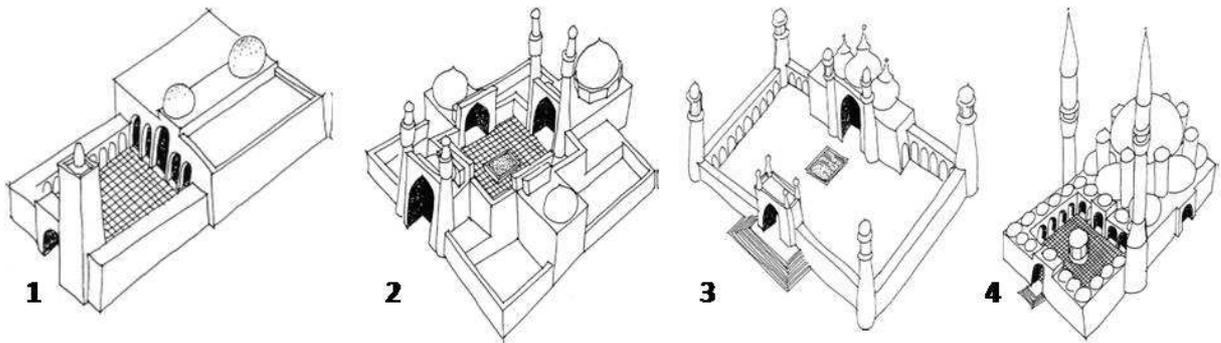
**Banush Shyqeriu** dans sa thèse de master (Shyqeriu, 2009), discerne six style, de mosquées, à connotation géographique:

- La mosquée **Générique**.
- La mosquée **Arabe hypostyle**.
- La mosquée **Persane à quatre iwans**.
- La mosquée **Indienne à trois dômes**.
- La mosquée **Turque à coupole centrale**.
- La mosquée **Sud Est Asiatique**.

### 2.11 Classification de Negar Hakim (2008) :

Une dernière classification en quatre types d'ordre Topo-géographique, **proposée** par **Negar Hakim** (Stegers et Baumann, 2008, p.47) (Figure78) , semble synthétiser les classifications précédentes:

- La mosquée **Arabe hypostyle**.
- La mosquée **Persane à quatre iwans**.
- La mosquée **Indienne à trois dômes**.
- La mosquée **Turque à coupole centrale**.



**Figure 78** : Aperçu schématique des quatre types de mosquées: La mosquée Arabe hypostyle (1), la mosquée Persane à quatre iwans (2), la mosquée Indienne à trois dômes (3), la mosquée Turque à coupole centrale (4)

**Source** : (Stegers et Baumann ,2008, p.47)

## 2.12 Un essai de Caractérisation spatiale des salles de prière par catégories de mosquées :

Dans leurs études sur les mosquées, les précédant auteurs procèdent généralement à une classification historique, géographique ou topologique. Une classification qui se restreint à des caractéristiques spatiales et ou morphologiques s'avère nécessaire et incontournable pour la présente recherche.

Ainsi, sur la base d'une classification à caractéristiques spatiales et / ou morphologiques, nous procédons à une étude des quatre styles retenus (caractéristiques morphologiques) basée sur les caractéristiques spatiales de la salle de prière synthétisée dans le tableau suivant (Tableau1) :

Type de Salle de prière	Hypostyle		A coupole centrale	
	Hypostyle	Coupole centrale	Coupole centrale +Galeries	
1. Arabe hypostyle	X			
2. Persane à quatre iwans		X		
3. Indienne à trois dômes	X			
4. Turque à coupole centrale		X	X	

**Tableau 1** : Correspondance Type de mosquées / type de la salle de prière.

**Source** : Auteur

Les types de salles de prière qui se sont le plus répandues dans le monde islamique sont celles hypostyle et à coupole centrale.

Dans le cadre de cette étude, il ne sera pas question de dépeindre toutes les grandes mosquées caractéristiques de chaque type, mais plutôt de se limiter à l'étude des types de mosquées les plus répandus en Algérie, et d'en faire un inventaire des dispositifs de l'éclairage naturel et /ou des dispositions de ces dispositifs.

### 3. Types architecturaux des mosquées Algériennes :

La revue de la littérature consacrée à l'architecture sacrée en Algérie à des moments différents de son histoire, met en relief deux types architecturaux des mosquées algériennes traditionnelles.

#### 3.1 Selon Devoulx :

Dans le livre intitulé : مساجد مدينة الجزائر وزواياها واضرحتها, découvert et traduit en arabe par le chercheur algérien Mostafa Ben Hammouche<sup>25</sup>, dans la deuxième partie du manuscrit de l'auteur français Devoulx<sup>26</sup>, on mentionne qu' à partir de l'examen des types de mosquées algériennes, nous constatons que leurs modèles sont la sécrétion historique d'une affluent de deux civilisations majeures ; **Ottomans** et **andalouse** que le Moyen Maghreb a été le point de leur rencontre.

#### 3.2 Selon la revue de Paris (1964) :

Dans la Revue de Paris 1864 on parle d'un modèle plus au moins général des mosquées algériennes définies comme suit :

*« Les mosquées algériennes se composent généralement d'une grande cour quadrangulaire, entourée, sur les quatre cotés, de travées d'arcades couvertes. L'une de ces quatre ailes est beaucoup plus large que les autres : c'est dans celle-là que- se réunissent les fidèles. Au milieu du mur qui en occupe le fond se trouve pratiquée une sorte de niche ronde de deux ou trois mètres tout au plus de diamètre, vers laquelle se tournent les croyants comme les catholiques vers*

---

25 Lors de la préparation de sa thèse de doctorat présentée en 1994.

26 Conservateur des archives arabes au service des Domaines à Alger dans les années 1860.

*l'autel : c'est le mihrab. Une fontaine destinée aux ablutions qui doivent précéder les prières se trouve invariablement dans la cour, dont elle occupe d'ordinaire le milieu » (1864).*

Cette description s'inscrit dans le type de **mosquée hypostyle**, cela se confirme d'avantage dans la classification suivante :

### **3.3 Selon Dokali (1974) :**

*« Dans l'Occident musulman, c'est-à-dire les pays qui constituent le rivage méridional de la Méditerranée, l'architecture des mosquées est issue du plan classique de la mosquée, c'est-à-dire une salle hypostyle précédée d'une cour. » (Dokali, 1974, p.23)*

Ensuite, dans un autre passage du livre, l'auteur parle d'un second style architectural sous le règne des turques :

*« En examinant l'ensemble des mosquées de la période turque à Alger, on constate que leurs conceptions architecturales répondent à des types nouveaux du Maghreb central. » (Dokali, 1974, p.23)*

### **3.4 Selon Golvin (1985) :**

*« Ce plan est, lui aussi, étranger à l'Afrique du Nord, et il évoque celui des mosquées à grande coupole centrale si courantes en Turquie. » (Golvin, 1985)*

Dans ce passage Golvin met l'accent sur un type de mosquée autre que celui de la mosquée **hypostyle** de l'Afrique du Nord, ce nouveau type évoque les caractéristiques de la mosquée **ottomane**.

### **3.5 Selon George Marçais (1954) :**

George Marçais en distinguant le **style ottoman** des mosquées étranger aux mosquées traditionnelles hypostyles :

*« Tel est ce groupe des mosquées algéroises, dont le trait essentiel est la salle centrale sous coupole à huit pans et les galeries qui l'encadrent...AUTRES*

MOSQUÉES ALGÉRIENNES SE RATTACHANT AU MÊME TYPE. Ce type étranger introduit à Alger ne se répandit pas dans toutes les parties de l'Algérie. » (Marçais, 1954, p.432)

### 3.6 Selon Marshall Cavendish

Marshall Cavendish, en parlant du style architectural intrus au style local des mosquées algériennes, dit :

« *From the sixteenth century. When Algeria became part of the Ottoman Empire. Turkish style influenced the local style.* » (Marshall, 2006)

### 3.7 Synthèse:

Après l'examen des écrits précédents, nous concluons que deux types de mosquées prédominent en Algérie ; **la mosquée Arabe Hypostyle** (la plus répandue) et **la mosquée Ottomane à Coupole centrale**.

## 4. Catégories des Mosquées Algériennes :

Ensuite, après avoir situé la mosquée algérienne par rapport aux quatre types architecturaux de la mosquée, il sera question d'apporter plus de détails et d'éclaircissement à ces types relativement aux styles ayant succédé en Algérie en vue de dépeindre les variations clés au sein de chaque type, on précisant que notre étude concerne, en particulier, la salle de prière:

Nous adoptons la répartition en quatre styles pour le type de mosquée hypostyle, faite par Rachid Bourouiba dans son livre L'art religieux musulman en Algérie (Bourouiba, 1983) : Ziride et H'ammadide, Almohade, Abd Al-Wadide, Merinide, un groupes de treize mosquées hypostyles est constitué.

Pour le type de Mosquée Ottomane, nous nous basons sur l'étude faite par (Belakehal et al, 2007), intitulée : L'éclairage naturel dans l'architecture de la période ottomane en Algérie, un groupe de quatorze mosquées étudiées est constitué.

Le fusionnement des informations pourvues, par la lecture spatiale des salles de prière des deux groupes de mosquées correspondant aux types arabe hypostyle et ottoman des mosquées Algériennes, avec celles fournies par le (Tableau1) nous permet de dégager les catégories suivantes des Mosquées Algériennes (Tableau2) :

Salle de prière \ Type de mosquée	Hypostyle	A coupole centrale + Galeries
1. Arabe hypostyle	X	
2. Ottomane à coupole centrale		X

Tableau 2 : correspondance Type de mosquées / Style de la salle de prière, en Algérie.

Source : Auteur

**Catégorie A :** Mosquée Arabe hypostyle à salle de prière hypostyle (Figure79).

**Catégorie B :** Mosquées Ottomane à salle de prière à coupole centrale et à galeries limitrophes (Figure80).

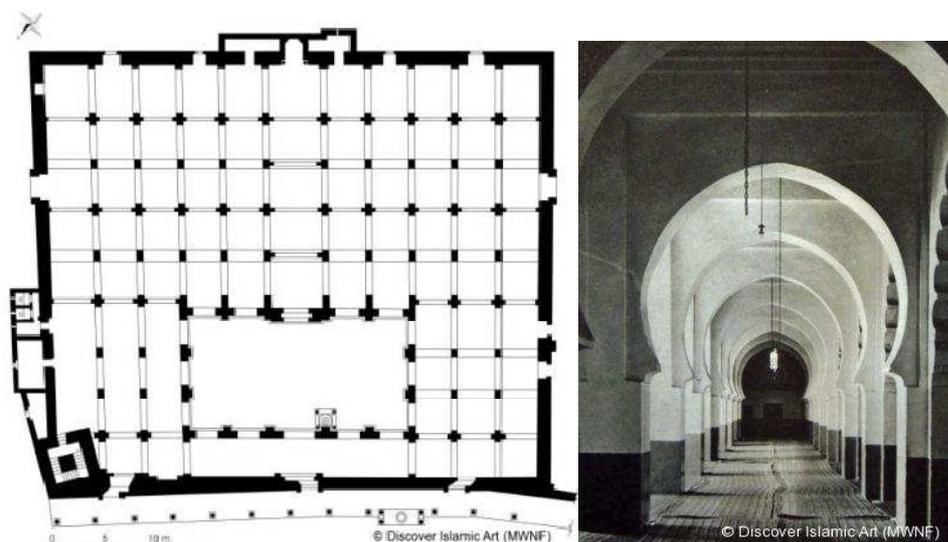
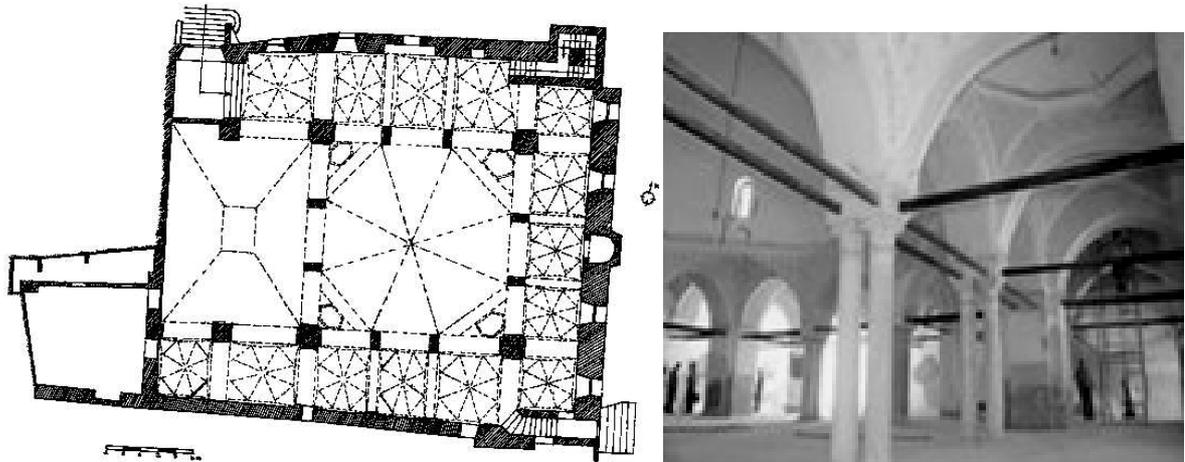


Figure 79 : Djama'a al-Kebir d'Alger, plan et vue sur la salle de prière de forme rectangulaire divisée par des piliers et des arcs outrepassés, en onze nefs recouvertes de toitures en tuile et donne sur une cour.

Source : <http://www.discoverislamicart.org>



**Figure 80** : Djama'a Ali Bitchine d'Alger, plan et vue sur la salle de prière, carrée, est couverte d'une coupole et entourée de galeries simples sur les côtés est, nord et sud, et d'une double galerie à l'ouest donnant sur une cour, toutes surmontées de plusieurs coupoles.

Source : <http://www.discoverislamicart.org>

## 5. Baie et composante réfléchie interne dans les mosquées

### algériennes :

Cette partie relèvera les différentes modalités de variation de la baie et de la composante réfléchie interne dans les mosquées algériennes, c'est en fait ce qui sera retenu, à priori pour le modèle expérimental.

Il s'agit d'une application du modèle d'analyse pour une lecture de quelques exemples des deux catégories de salle de prière.

### 5.1 Application des éléments composants le modèle basique de la Baie

#### et de la CRI, cas des salles hypostyles « Catégorie A » :

Nous procédons à ce niveau, à l'application des constituants du modèle basique de la baie et de la CRI (établi dans le chapitre précédent) en commençant par le modèle de la CRI pour passer ensuite à celui de la Baie, sur les catégories de mosquées Algériennes, en faisant correspondre trois mosquées représentatives, à chaque catégorie :

### 5.1.1 Description de La Grande Mosquée de Constantine 1221/1222 :

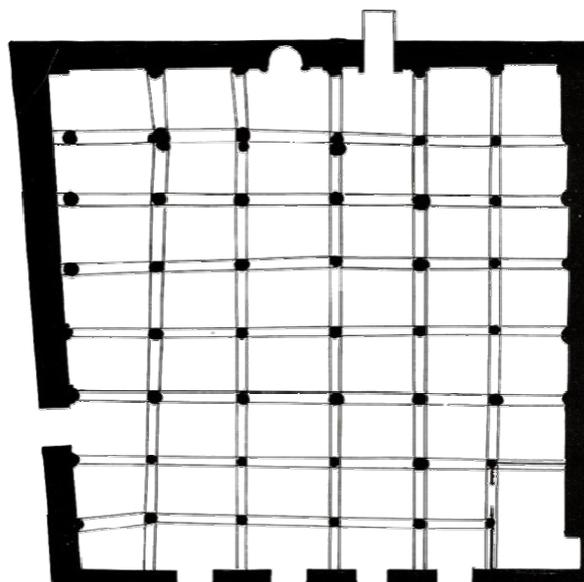
Appartenant au style Ziride et H'ammadide, la salle de prière de la Grande Mosquée de Constantine est de **forme plane** presque carrée (Figure81) avec des dimensions intérieures de 24m de largeur et 22,10m de profondeur, elle est séparée de la cour qui lui est adjacente par un mur percé de plusieurs grandes portes : quatre portes de 1,60m de large.

Comme éléments intérieurs de **séparation discontinues** (Figure81, Figure82) on trouve les nefs à gauche et à droite du mihrab, qui mesurent 3,60m de large, les deux nefs extrêmes droites, 3,20m et la nef extrême gauche mesure 3,90m au sud et 3m au nord. Un véritable musée de colonnes antiques à **section ronde** (Figure82, Figure91), de plus une grande variété d'arcs est observée.

Les architectes musulmans ont utilisé pour rehausser les plafonds des salles de prières des éléments qu'ils ont disposés entre les chapiteaux et les arcs, offrant ainsi une libération de l'espace pour une meilleure propagation de la lumière naturelle. On remarque l'existence de **baies latérales** variant entre la **forme verticale** et **intermédiaire** ; **neufs claustras** (Figure83, Figure84, Figure85, Figure86, Figure87, Figure88, Figure89, Figure90) répartis sur les quatre murs de la salle de prière (correspondant aux **quatre orientations**), de dimensions variant entre 1,61m de hauteur et de 1,19m de largeur, 1,36m de hauteur et de 67cm de largeur et 1,10m de hauteur et 60cm de largeur, ce qui nous donne des ouvertures de **dimensions petites à moyennes** (Figure91), de position **intermédiaire** généralement, mais **haute** aussi (très proches du plafond considérées comme **ouverture zénithale** (Figure86 et Figure87) vis-à-vis de la hauteur du mur, comme **élément de contrôle fixe** on trouve des **plaques de plâtre perforés** de forme géométriques très variées. Le mihrab est décoré d'un claustra dont le vitrail et de couleurs est décor géométrique variés (Figure84).

Une certaine stratification existe concernant les couleurs et les textures de l'espace intérieur (Figure82) : entre le **sol tapissé d'une texture rugueuse à couleurs foncée**, les **murs et les colonnes** divisés en deux plans : Le plan inférieur correspondant exactement à la hauteur des colonnes en **vert foncé**, de texture **mate**. Le plan supérieur correspond au reste de la hauteur des murs en **plâtre blanc**. Le plafond en **bois foncé**.

La palette des matériaux utilisée varie entre : le **bois** pour les portes, les impostes et le plafond, le **plâtre** pour le mihrab, les fenêtres aveugles, les claustras, les éléments de séparation et les parois latérales, le **verre** enchâssé dans du plâtre pour les fenêtres, et orne le mihrab également.



**Figure 81** : Le plan de la Grande Mosquée de Constantine.  
**Source** : (Bourouiba, 1983).

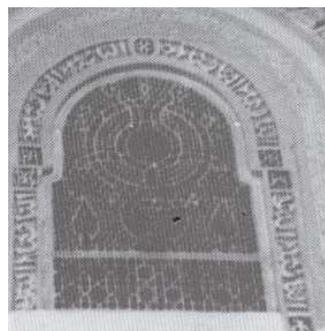


**Figure 82** : La salle de prière de la Grande Mosquée de Constantine.  
**Source** : (Bourouiba, 1983)



**Figure 83 :** Mihrab décoré de claustra dont le vitrail et d'un décor géométrique varié.

**Source :** (Bourouiba, 1983)



**Figure 84 :** Détail du claustra du mihrab.

**Source :** (Bourouiba, 1983)



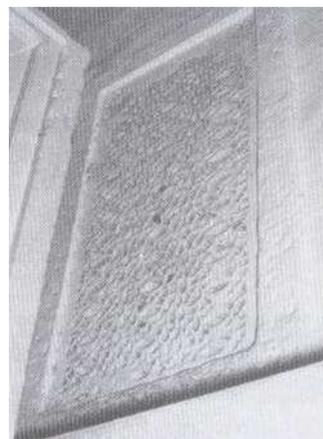
**Figure 85:** Claustrum du mur sud, à droite du mihrab.

**Source :** (Bourouiba, 1983)



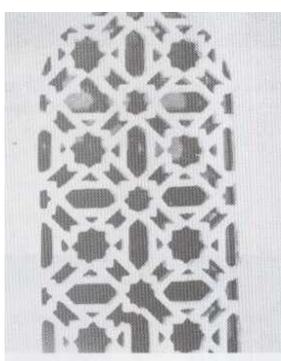
**Figure 86:** Claustrum du mur correspondant à la première travée..

**Source :** (Bourouiba, 1983)



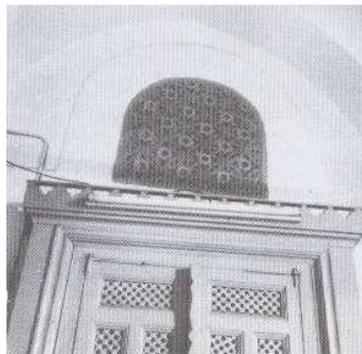
**Figure 87 :** Claustrum du mur est correspondant à la dernière travée.

**Source :** (Bourouiba, 1983)



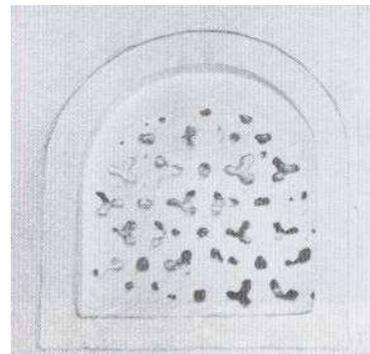
**Figure 88 :** Claustrum du mur nord.

**Source :** (Bourouiba, 1983)



**Figure 89 :** Arcature décorée du mur sud.

**Source :** (Bourouiba, 1983)



**Figure 90 :** Arcature décorée du mur ouest.

**Source :** (Bourouiba, 1983)



**Figure 91** : Fenêtre correspondante à la cinquième travée.  
**Source** : (Bourouiba, 1983)

### 5.1.2 Description de La Grande Mosquée de Nédroma 749 / 1348-1349:

Représentative du style Almohade, la salle de prière de la Grande Mosquée de Nédroma est de 28,30m de large et 9,70m de profondeur, ceci nous permet de constater que la salle de prière est de **forme plane**, presque trois fois plus large que profonde (Figure92). La cour de cette mosquée est une **cour intérieure** (Figure93) percée de sept grandes portes dont cinq seulement permettent l'accès à la salle de prière.

Comme éléments intérieurs de **séparation discontinus**, on dénombre neuf nefs (Figure90) orientées nord-sud supportées par deux rangées de **piliers à section carrée**.

Sept grandes portes fortement vitrées (Figure94), dont cinq seulement ouvrables directement sur la salle de prière, les deux autres sont à moitié condamnées (Figure95, Figure96, Figure97), elles ont le même gabarit mais s'ouvrent comme de grandes fenêtres).

On constate **trois sortes de fenêtres** : i) Haute (dans le mur du pignon) considérée comme **zénithale**, de **taille moyenne** et une **forme intermédiaire** entre verticale et horizontale à **profil variable** qui se réduit à l'extérieur et s'élargit à la face intérieur de la salle de prière, cette forme permet plus de diffusion de la lumière naturelle en contact avec les surfaces blanches inclinées du mur au niveau de l'ouverture (Figure98), ii) **Latérales de petites dimensions** et de **forme verticale** positionnées à un **niveau intermédiaire** vis-à-vis de la hauteur des murs (Figure99, Figure101), iii) **Latérales de moyennes dimensions** et de

**forme intermédiaire** à un **niveau intermédiaire** vis-à-vis de la hauteur des murs avec un **profil variable** (Figure100, Figure102).

Une seule fenêtre **latérale basse** est enregistrée (Figure99) au niveau de la galerie précédant la cour et non pas la salle de prière, c'est la raison pour laquelle cette dernière ne sera pas prise en compte.

Une autre forme de stratification est observée, concernant les couleurs et les textures de l'espace intérieur (Figure97) : entre le **sol tapissé d'une texture rugueuse à couleurs foncées**, les **murs et les colonnes** en **plâtre blanc**, de texture **mate**, le plafond en **bois foncé**.

En général les **matériaux utilisés** varient entre : le **Plâtre** pour le décor du mihrab, les éléments de séparation et les parois latérales, le **bois** pour les portes, les cadres des fenêtres et le plafond et enfin le **verre** pour fenêtres et portes vitrées.

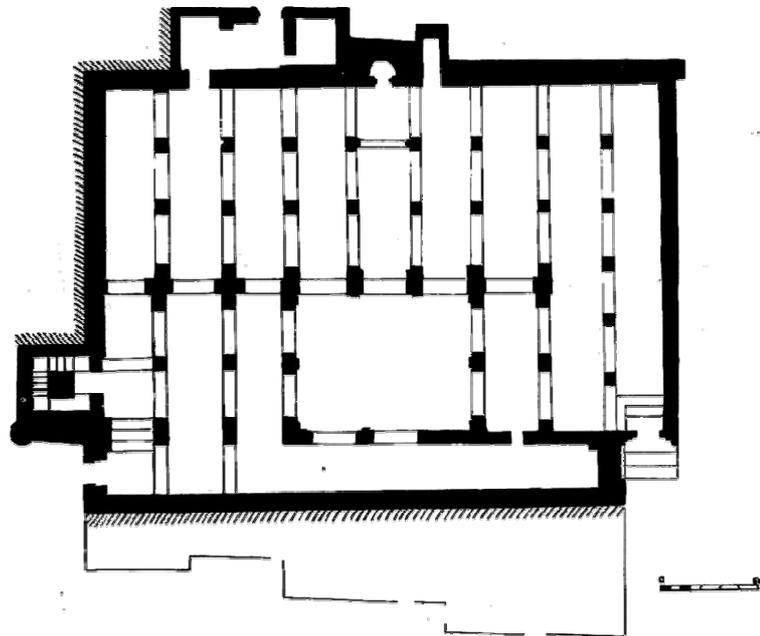
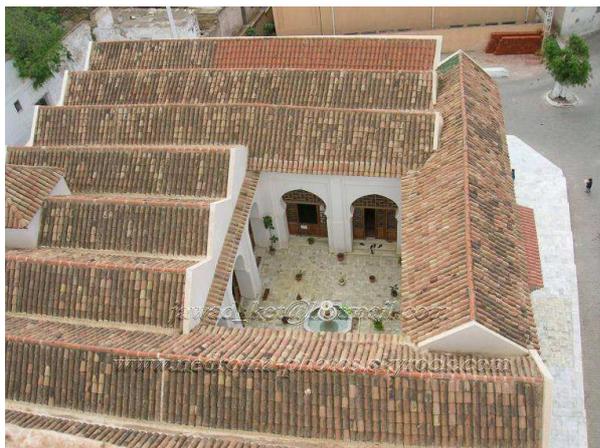


Figure 92 : Plan de la Grande Mosquée de Nédroma.

Source : (Bourouiba, 1983)



**Figure 93** : vue aérienne montrant la cour intérieure de la Grande Mosquée de Nédroma.

Source : <http://www.discoverislamicart.org>



**Figure 94** : Vue sur la cour de la Grande Mosquée de Nédroma.

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



**Figure 95** : Vue sur la cour depuis une porte à moitié condamnée, de la Grande Mosquée de Nédroma.

Source : <http://www.discoverislamicart.org>



**Figure 96** : Vue sur une porte de la cour, à l'intérieur de la salle de prière de la Grande Mosquée de Nédroma.

Source : <http://www.discoverislamicart.org>



**Figure 97** : Vue sur une galerie latérale, à l'intérieur de la salle de prière de la Grande Mosquée de Nédroma.

Source : <http://www.discoverislamicart.org>



**Figure 98** : La fenêtre à profil variable, la 1ère à gauche du mihrab, la Grande Mosquée de Nédroma.

**Source** : (Belakehal, 2009).



**Figure 99** : Les fenêtres de la galerie précédant la cour, la Grande Mosquée de Nédroma.

**Source** : (Belakehal, 2009).



**Figure 100** : La fenêtre à profil variable, correspondante à la travée intermédiaire (entre la cour et le mihrab).

**Source** : (Belakehal, 2009).



**Figure 101** : La fenêtre à profil variable, la travée correspondante au mur du mihrab, la Grande Mosquée de Nédroma.

**Source** : (Belakehal, 2009).



**Figure 102 :** Les trois fenêtres aveugles en haut du mihrab, la Grande Mosquée de Nédroma.

**Source :** <http://www.discoverislamicart.org>



**Figure 103 :** Détail d'un claustrum, en haut du mihrab, la Grande Mosquée de Nédroma.

**Source :** <http://www.discoverislamicart.org>



**Figure 104 :** La coupole précédant le mihrab, la Grande Mosquée de Nédroma.

**Source :** <http://www.discoverislamicart.org>

### 5.1.3 Description de La Grande Mosquée de Tlemcen 530/1136 :

Etant construite et modifiée sous deux périodes Almoravide et Almohade, elle est, à la fois, représentative des deux styles.

Pour ce qui est des dimensions de la salle de prière, elle mesure 49,30m de largeur et 25m de profondeur, ceci nous permet de constater que la salle de prière est de **forme plane**, presque deux fois plus large que profonde (Figure105). La cour de cette mosquée est une **cour intérieure** (sahn) (Figure106, Figure107) percée de grandes portes qui permettent l'accès à la salle de prière coiffée d'une coupole qui constitue la première coupole ajourée à

nervures au Maghreb (Figure108), en avant du mihrab, à treize cannelures, en plus d'une coupole centrale.

On dénombre **treize nefs** perpendiculaires au mur de la qibla (Figure105) supportées par cinq rangées de **piliers à section rectangulaire** en plus de quelques piliers **en T** et **cruciformes**, qui constituent les éléments intérieurs de **séparation discontinu**.

On inventorie **des ouvertures zénithale** : i) Dans le mur du pignon, de **taille petite** et d'une **forme verticale à profil variable** qui se réduit considérablement à l'extérieur et s'élargi à la face intérieure de la salle de prière, cette forme permet plus de diffusion de la lumière naturelle en contact avec les surfaces blanches inclinées du mur au niveau de l'ouverture (Figure110, Figure111), ii) Claustras de **petites dimensions** et de **forme verticale** positionnés à un niveau de la base de la coupole devant le mihrab (Figure115, Figure116).

Comme on trouve également des **ouvertures latérales** : i) De **moyennes dimensions** et de **forme intermédiaire** à un **niveau intermédiaire** vis-à-vis de la hauteur des murs (Figure112), ii) De **Taille moyenne** avec une **forme verticale** plus haute que large **située** à un **niveau intermédiaire** par rapport à la hauteur des murs (Figure113), iii) Trois **claustras de petite taille** et de **forme verticale** à décor florale ornent l'intérieur du mur du mihrab (**intermédiaires**) (Figure114), plus un quatrième claustra de mêmes critères, composé de motifs géométriques, ornant le cadre du mihrab (Figure115).

On note également l'existence de rangées doubles d'ouvertures (hautes et intermédiaires à la fois) (Figure112, Figure113).

Concernant les couleurs et les textures de l'espace intérieur (Figure109, Figure114) une stratification est observée : entre le **sol tapissé d'une texture rugueuse à couleurs foncées**, les **murs et les colonnes** en **plâtre blanc**, de texture **mate**, le plafond en charpente de **bois de cèdre foncé**.

En général les **matériaux utilisés** varient entre : le **Plâtre** pour le décor du mihrab, les éléments de séparation et les parois latérales, le **bois** pour les portes, les cadres des fenêtres et le la charpente, le **verre** pour fenêtres et portes vitrées, le **marbre** est aussi utilisé pour les colonnes et chapiteaux.

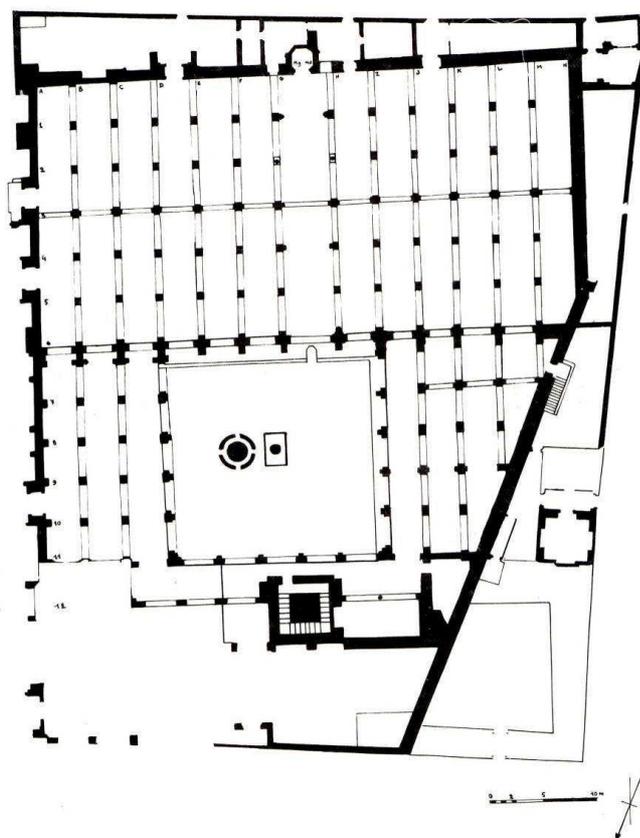


Figure 105 : Plan de la Grande Mosquée de Tlemcen.

Source : (Bourouiba, 1983)



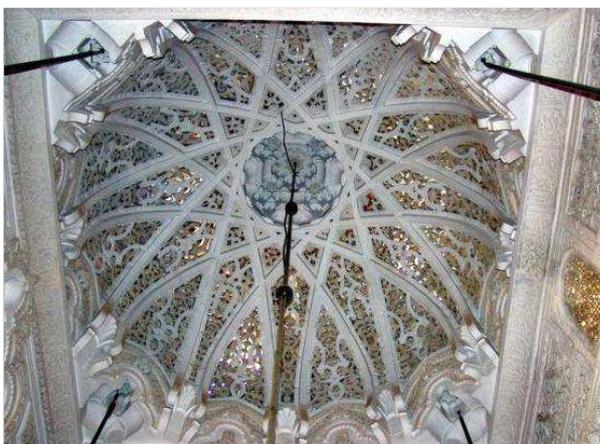
Figure 106 : L'enceinte de la Grande Mosquée de Tlemcen, vue de ciel.

Source : <http://www.yannarthusbertrand2.org>



**Figure 107** : Vue sur le sahn de la Grande Mosquée de Tlemcen.

**Source** : <http://www.discoverislamicart.org>



**Figure 108** : La coupole devant le mihrab de la Grande Mosquée de Tlemcen, décorée de stalactites (muqarnas).

**Source** : <http://www.discoverislamicart.org>



**Figure 109** : La salle de prière de la Grande Mosquée de Tlemcen, décorée de stalactites (muqarnas).

**Source** : <http://www.discoverislamicart.org>



**Figure 110 :** Ouverture à profil variable au niveau du mur de pignon, la salle de prière de la Grande Mosquée de Tlemcen.

**Source :** (Belakehal, 2009).



**Figure 111 :** La face extérieure de l'ouverture à profil variable au niveau du mur de pignon, la salle de prière de la Grande Mosquée de Tlemcen.

**Source :** (Belakehal, 2009).



**Figure 113 :** Ouvertures à l'intérieures de la salle de prière de la Grande Mosquée de Tlemcen.

**Source :** (Belakehal, 2009).



**Figure 112 :** Ouvertures intérieurs de la salle de prière de la Grande Mosquée de Tlemcen.

**Source :** (Belakehal, 2009).



**Figure 115** : Les claustras du mihrab de la Grande Mosquée de Tlemcen.

**Source** : <http://www.discoverislamicart.org>



**Figure 116** : détail du claustra qui orne le cadre du mihrab de la Grande Mosquée de Tlemcen.

**Source** : <http://www.discoverislamicart.org>



**Figure 114** : La face extérieure des ouvertures de la coupole devant le mihrab de la Grande Mosquée de Tlemcen.

**Source** : <http://www.discoverislamicart.org>

### 5.1.4 Application aux trois mosquées représentatives:

Catégorie A		Grande mosquée de Constantine	Grande mosquée de Nédroma	Grande mosquée de Tlemcen
Modèle de la CRI				
<b>Forme</b>	Plane	<b>presque carrée</b>	<b>Rectangle</b> ; presque trois fois plus large que profonde.	<b>Rectangle</b> un peu déformé
	Courbée			
<b>Texture</b>	Rugueuse	.Paroi horizontale basse : <b>Tapis</b>	.Paroi horizontale basse : <b>Tapis</b>	.Paroi horizontale basse : <b>Tapis</b>
	Intermédiaire	.Parois latérales : <b>Plâtre</b> .Paroi horizontale haute : <b>Bois</b>	.Parois latérales : <b>Plâtre</b>	.Parois latérales : <b>Plâtre</b>
	Lisse		.Paroi horizontale haute : <b>Bois</b>	.Paroi horizontale haute : <b>Bois</b>
<b>Couleur</b>	Claire	.Parois latérales	.Parois latérales	.Parois latérales
	Foncée	.Paroi horizontale basse .Paroi horizontale haute	.Paroi horizontale basse .Paroi horizontale haute	.Paroi horizontale basse .Paroi horizontale haute
<b>Eléments de division</b>	Continus			
	Discontinus	<b>Nefs et Travées</b> : Colonnes : à <b>section ronde</b>	<b>Nefs</b> : Piliers : à section carrée	<b>Nefs</b> perpendiculaires au mur de la qibla : Colonnes : à section carrée

**Tableau 3** : Application du modèle basique de la Baie sur trois mosquées représentative de la catégorie A.

**Source** : Auteur.

Catégorie A		Grande mosquée de Constantine	Grande mosquée de Nédroma	Grande mosquée de Tlemcen
Modèle de la Baie				
Type	Latérale	X	X	X
	Zénithale	X	X	X
Taille	Petite	X	X	X
	Moyenne	X	X	X
	Grande			
Forme	Horizontale			
	Intermédiaire	X	X	X
	Verticale	X	X	X
Position	Haute	X Considérée comme zénithale	X Considérée comme zénithale	X Considérée comme zénithale
	Intermédiaire	X	X	X
	Basse			
Orientation	Toutes les orientations			
Contrôle	Fixe	X Clastras		
	Mobile			

Tableau 4 : Application du modèle basique de la CRI sur trois mosquées représentative de la catégorie A.

Source : Auteur

### 5.1.5 Synthèse concernant la catégorie A (constances et variables):

Catégorie A		Constances	Variables
Modèle CRI			
<b>Forme</b>	Plane	Elle reste plane	forme rectangulaire ou presque carrée.
<b>Texture</b>	Rugueuse	Paroi horizontale basse : <b>Tapis</b>	
	Intermédiaire	Parois latérales : <b>Plâtre</b> Paroi horizontale haute : <b>Bois</b>	
<b>Couleur</b>	Claire	Parois latérales	
	Foncée	Paroi horizontale basse Paroi horizontale haute	
<b>Éléments de division</b>	Discontinus		Éléments de division <b>perpendiculaires</b> ou <b>parallèles</b> au mur de la qibla. Piliers : à section carrée Colonnes : à <b>section ronde</b>
<b>Type</b>	Latérale	X	
	Zénithale	<b>X</b>	
<b>Taille</b>	Petite	X	
	Moyenne	<b>X</b>	
<b>Forme</b>	Intermédiaire	X	
	Verticale	X	
<b>Position</b>	Haute	<b>X</b> Considérée comme zénithale	
	Intermédiaire	<b>X</b>	
<b>Orientation</b>	Toutes les orientations		
<b>Contrôle</b>	Fixe		<b>X</b> Claustres

**Tableau 5 :** Synthèse des éléments constants et variables du modèle basique de la Baie et de la CRI, appliqué sur trois mosquées représentative de la catégorie A.

**Source :** Auteur

### 5.1.6 Les différents dispositifs d'éclairage naturel relevés pour les mosquées à salle de prière hypostyles :

Les différents dispositifs d'éclairage naturel relevés pour les mosquées constituant notre corpus d'étude sont comme suit (Figure117, Figure118) :

1. **Cour** : quelle soit **adjacente** ou **intérieure** à la salle de prière, elle constitue la source principale de l'éclairage naturel.
2. **Les ouvertures reliant la cour à la salle** : originellement constituées d'arcades ouvertes directement sur la cour, actuellement sous forme de portails partiellement percés de vitrages simples ou colorés, et qui restent quasi ouverts, durant une importante période de l'année.
3. **Les fenêtres** : **hautes ou/et surélevées** constituant une amenée de lumière naturelle sans pour autant distraire les prieurs sensés rester déconnectés du monde extérieur.
4. **Les plafonds rehaussés** : des éléments ont été disposés entre les chapiteaux et les arcs, offrant ainsi plus de dégagement à la propagation de la lumière naturelle au sein de la salle de prière.
5. **Travées** : **perpendiculaires ou parallèles au mur de la qibla, et rarement croisées** (on dénombre seulement le cas de la grande mosquée de Constantine), qui conjuguées à leurs caractéristiques surfaciques peuvent amplifier les réflexions de la lumière naturelle pour l'acheminer tout au long de la salle de prière, comme elles peuvent constituer de véritables obstacles compromettant la propagation de la lumière à l'intérieur de la conformation architecturale.
6. **La coupole** : devant le mihrab, **ajourée dans la majorité des mosquées étudiées**; la coupole de la Grande Mosquée de Tlemcen qui constitue la première coupole ajourée à nervures au Maghreb, la grande mosquée de Nédroma percée de petites ouvertures, la coupole à cannelures de la Mosquée Sayyidi Ibrahim et la coupole en ruche d'abeille de la Mosquée Sayyidi Abu Madyan, unique au monde.
7. **La stratification texturale** : commençant par **le sol** couvert de tapis de couleurs variant entre sombre pour la plupart des cas à moyennement claire, **la moitié basse des murs et colonnes** en plâtre blanc, peinte en vert foncé dans le cas de la grande mosquée de Constantine, **la moitié haute des murs et colonnes** sont en général en plâtre blanc, exception faite pour la Grande Mosquée de Tlemcen, celle de Sayyidi Abdu-l-H'asan et la Mosquée de Sayyidi Abu Madyan, richement garnies de frises, **le plafond** de forme plate en plâtre blanc ou en forme de deux versants ou de pyramide à base rectangulaire en bois de cèdre à texture lisse luisante en marron très foncé.

Les modèles élaborés pour le type hypostyle des mosquées algériennes traditionnelles, témoignent de certaines caractéristiques architecturales permanentes de même que certaines variations qui relèvent probablement d'influences étrangères aux styles originaux, nous conduit à faire la distinction entre facteurs intrinsèques et extrinsèques des modèles structurels.

## 5.2 Le modèle hypothétique spécifique à l'éclairage naturel pour la catégorie A :

A<sub>1</sub> : Mosquée à salle hypostyle et toiture plate (Figure117) :

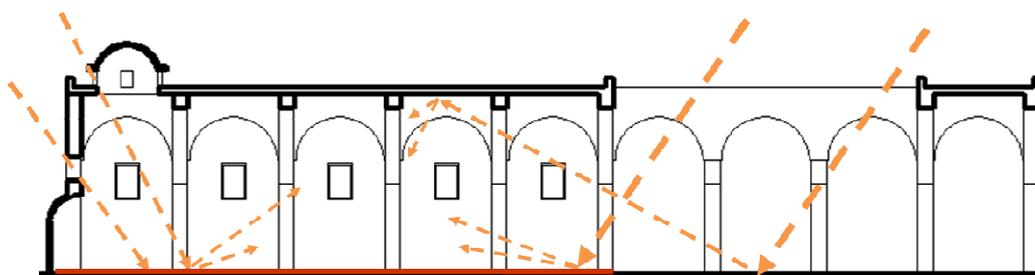


Figure 117 : Mosquée hypostyle à salle de prière hypostyle et toiture plate.

Source : Auteur

A<sub>2</sub> : Mosquée à salle hypostyle et toiture pyramidale (Figure118) :

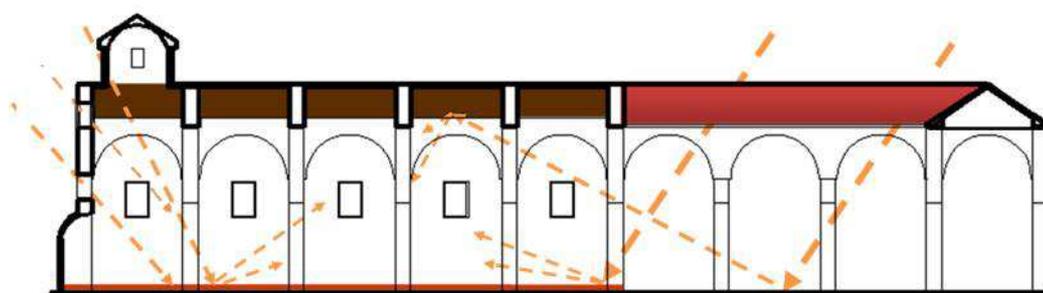


Figure 118 : Mosquée hypostyle à salle de prière hypostyle et toiture pyramidale.

Source : Auteur

### 5.3 Application des éléments composants le modèle basique de la Baie et de la CRI, cas des salles à coupole centrale et galeries limitrophes « Catégorie B » :

#### 5.3.1 Description de La Mosquée Ayn El-Beida de Mascara :

Etant construite en 1195 H, connue aujourd'hui par la mosquée Sidi Hassan El Bey Mouhamed Al Kbir.

La salle de prière mesure 15,95 sur 15,95 m de **forme plane**, carrée de 10 m de haut (Figure119, Figure120) percée d'une grande porte de 1,50 m de large et 2,50 m de hauteur qui permet l'accès à la salle de prière précédée de cinq marches. La salle de prière est coiffée d'une coupole centrale à base octogonale inscrite dans un carré de 9,40 x 9,40 m dont les coins formés par quatre colonnes rondes surmontées d'arcs formant des arcades comme éléments intérieurs de **séparation discontinue** (Figure121).

On inventorie **des ouvertures zénithales** : i) Au niveau de la base de la coupole centrale, de **taille moyenne** et d'une **forme verticale** (Figure122).

Comme on trouve également des **ouvertures latérales** : i) Trois claustras de **petites dimensions** et de **forme verticale** positionnés juste en haut du mihrab (Figure121) ii) De **moyennes dimensions** et de **forme intermédiaire** à un **niveau bas** vis-à-vis des parois latérales (Figure122).

En ce qui concerne les couleurs et les textures de l'espace intérieur, (Figure121, Figure122) une stratification est observée : entre le **sol tapissé d'une texture rugueuse de couleurs foncées**, les **murs**, les **colonnes** et le **plafond en plâtre blanc**.

En général les **matériaux utilisés** varient entre : le **Plâtre** pour le décor du mihrab, les éléments de séparation et les parois latérales, le **bois** pour les portes et les cadres des fenêtres, le **verre** pour fenêtrés et portes vitrées.

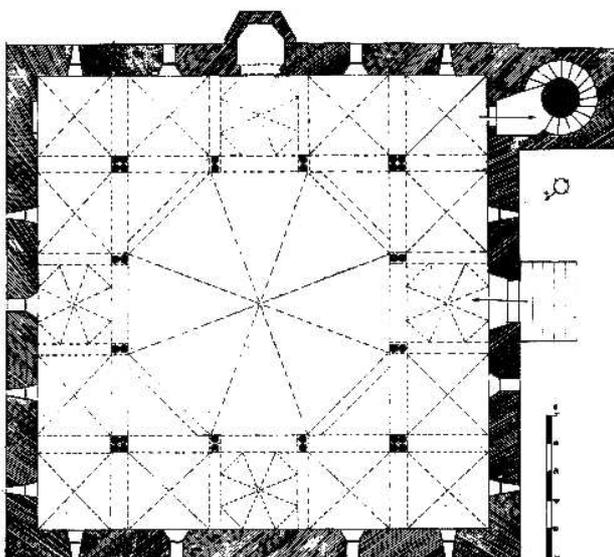


Figure 119 : Plan de la Mosquée Ayn El-Beida de Mascara.  
Source : <http://www.discoverislamicart.org>

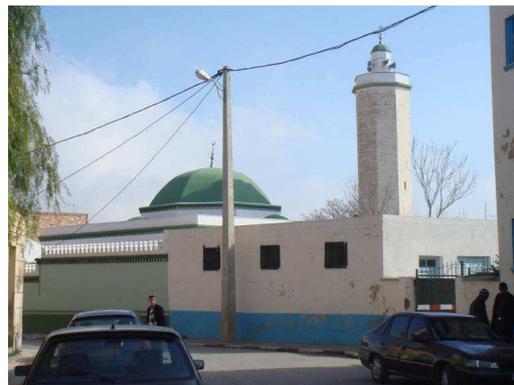


Figure 120 : La face extérieure des ouvertures, la salle de prière de la Mosquée Ayn El-Beida de Mascara.  
Source : (Belakehal, 2009).



Figure 121 : Vue sur la salle de prière de la Mosquée Ayn El-Beida de Mascara.  
Source : (Belakehal, 2009).

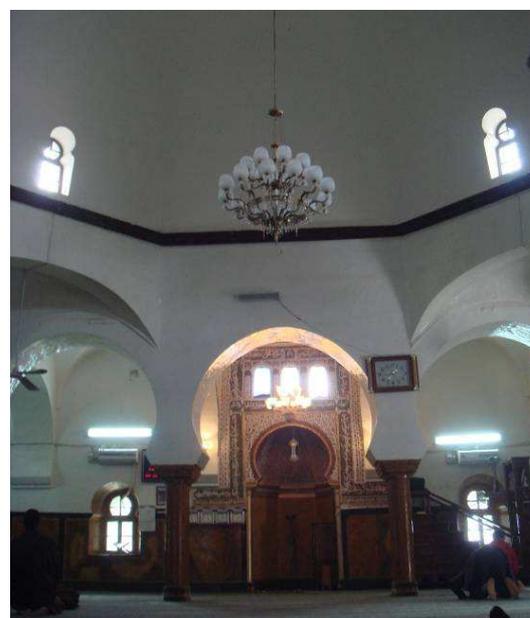


Figure 122 : Vue sur le mur du mihrab et la coupole, la salle de prière de la Mosquée Ayn El-Beida de Mascara.  
Source : (Belakehal, 2009).

### 5.3.2 Description de La Mosquée Salâh Bey d'Annaba 1206 H/1791-1792:

Le plan de type anatolien et ses proportions font de cette mosquée un édifice extrêmement original de l'époque ottomane. La salle de prière de la Mosquée Salâh Bey est de **forme plane** rectangulaire (Figure123) avec des dimensions intérieures 14,50 m de largeur et 12,75 m de profondeur.

On accède à la salle de prière par une entrée située dans l'axe du mihrâb qui ouvre sur une galerie délimitant sur trois côtés un espace devant le mihrâb formant un carré de 7 x 7 m couvert d'une coupole outrepassée sur pendentifs dont le rayon est de 6,50 m.

Comme éléments intérieurs de **séparation discontinus** on trouve neuf travées, les colonnes étant de **section ronde** dans l'ensemble (Figure125, Figure126).

On trouve **des ouvertures zénithales** : i) Au niveau de la base de la coupole centrale, de **taille moyenne** et d'une **forme verticale**, on dénombre huit (Figure124, Figure130).

Comme on trouve également des **ouvertures latérales** : i) Un claustra de **moyennes dimensions** et de **forme verticale** positionné juste en haut du mihrab (Figure124) ii) De **moyennes dimensions** et de **forme verticale** à un niveau haut des parois latérales (Figure125, Figure126, Figure129) iii) De **moyennes dimensions** et de **forme verticale** à un **niveau bas** vis-à-vis de la hauteur des parois latérales (Figure125, Figure126).

Les couleurs et les textures de l'espace intérieur varient entre : le **sol tapissé d'une texture rugueuse à couleurs foncées**, les **parois latérales, les colonnes** et la paroi horizontale haute en **plâtre blanc**, avec une exception faite pour presque la **mi-hauteur des parois latérales couvertes de céramique** (Figure125, Figure126, Figure129).

En général les **matériaux utilisés** varient entre : le **Plâtre** pour le décor du haut du mihrab, les éléments de séparation et les parois latérales, le **bois** pour les portes et les cadres des fenêtres, le **verre** pour fenêtres et portes vitrées, la céramique pour la partie basse des parois latérales.

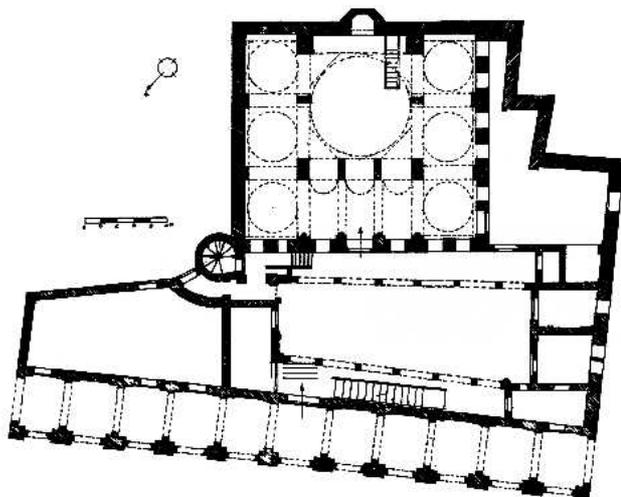


Figure 123 : Plan de la Mosquée Salâh Bey d'Annaba.

Source : <http://www.discoverislamicart.org>

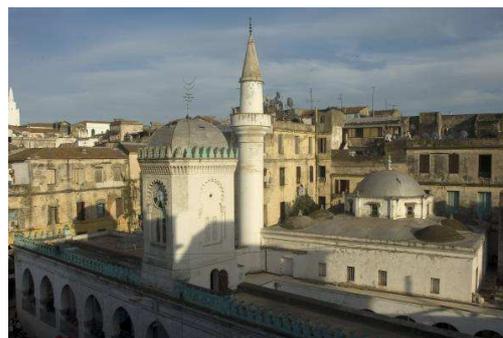


Figure 124 : Vue sur la Mosquée Salâh Bey d'Annaba.

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



Figure 125 : Vue intérieur sur la salle de prière de la Mosquée Salâh Bey d'Annaba.

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



Figure 126 : Vue intérieur sur la salle de prière de la Mosquée Salâh Bey d'Annaba.

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



**Figure 127 :** Vue sur le mur du mihrab et la coupole, la salle de prière de la Mosquée Ayn El-Beida de Mascara.

**Source:** <http://www.discoverislamicart.org>



**Figure 128 :** Vue sur le mur du mihrab et la coupole, la salle de prière de la Mosquée Ayn El-Beida de Mascara.

**Source:** <http://www.discoverislamicart.org>



**Figure 129 :** Vue sur le mur du mihrab et la coupole, la salle de prière de la Mosquée Ayn El-Beida de Mascara.

**Source:** <http://www.skyscrapercity.com>



**Figure 130 :** Vue sur le mur du mihrab et la coupole, la salle de prière de la Mosquée Ayn El-Beida de Mascara.

**Source:** <http://www.skyscrapercity.com>

### 5.3.3 Description de la Mosquée Safir d'Alger :

La mosquée dite Djama Safir de plan rectangulaire à **forme plane** mesurant à l'intérieur 17,50 x 13,20 m de avec une hauteur de 10 m, le carré central mesure 9,80 x 9,80 couvert par une coupole à base octogonale. Mais, ici, les formes intermédiaires, entre la masse cubique de la salle de prière et la coupole, sont constituées par quatre trompes d'angle hémisphériques (Figure131, Figure132, Figure133).

Les galeries subsistent sur trois côtés seulement, la coupole centrale repose directement sur le mur de la qibla. Les galeries sont couvertes par des voûtes d'arrêtes; les points d'appui entre la coupole et les galeries sont constitués par huit colonnes rondes surmontées d'arcs formant des arcades comme éléments intérieurs de **séparation discontinus** (Figure135, Figure137).

On inventorie **des ouvertures zénithales** : i) Au niveau de la base de la coupole centrale, de **taille moyenne** et d'une **forme verticale** (Figure136) ii) De **petites dimensions** et de **forme intermédiaire** à un **niveau haut** vis-à-vis de la hauteur des parois latérales (Figure136, Figure137).

Comme on trouve également des **ouvertures latérales** : i) Trois claustras de **petites dimensions** et de **forme verticale** positionnés juste en haut du mihrab (Figure136) ii) De **moyennes dimensions** et de **forme intermédiaire** à un **niveau intermédiaire** des parois latérales (Figure134, Figure135, Figure136) iii) De **grandes dimensions** et de **forme intermédiaire** à un **bas** des parois latérales (Figure135, Figure136, Figure137).

Les couleurs et les textures de l'espace intérieur varient entre : le **sol tapissé d'une texture rugueuse de couleurs foncées**, les **parois latérales**, les **colonnes** et la paroi horizontale haute en **plâtre blanc**, avec une exception faite pour presque la **mi-hauteur des parois latérales couvertes de céramique** (Figure137).

En général les **matériaux utilisés** varient entre : le **Plâtre** pour le décor du haut du mihrab, les éléments de séparation et les parois latérales, le **bois** pour les portes et les cadres des fenêtres, le **verre** pour fenêtres et portes vitrées, la céramique pour la partie basse des parois latérales.

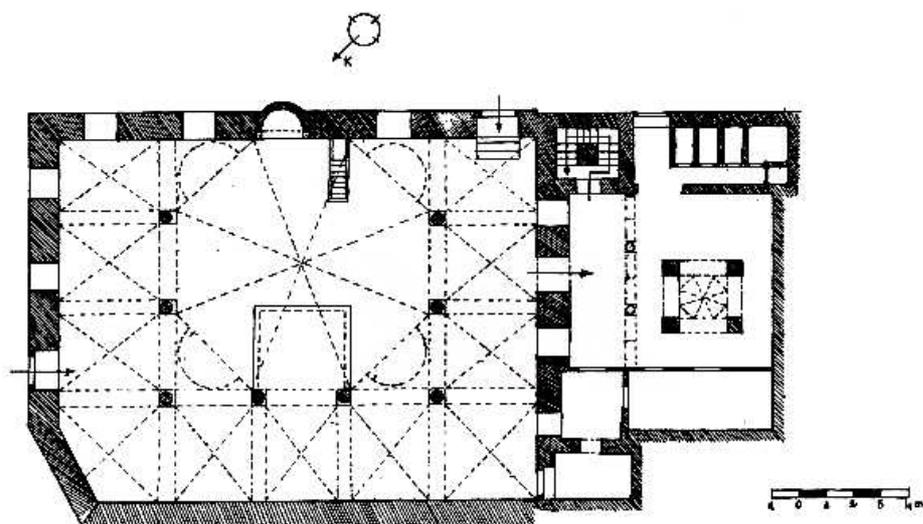


Figure 131 : Plan de la Mosquée Safir d'Alger.

Source : (Dokali, 1974)



Figure 132 : Vue extérieure du côté du mur du mihrab de la Mosquée Safir d'Alger.

Source :

<http://membres.multimania.fr/algeriephotos/twodescphotos6.html>

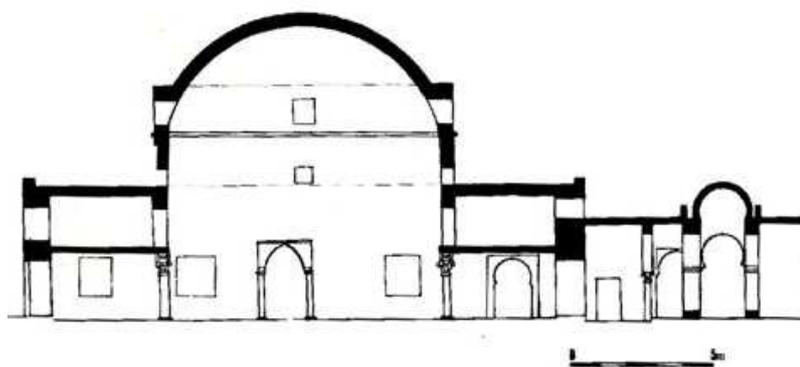


Figure 133 : Coupe sur la salle de prière de la Mosquée Safir d'Alger.

Source : (Dokali, 1974)



**Figure 134 :** Vue sur la salle de prière de la Mosquée Safir d'Alger.

**Source :** <http://membres.multimania.fr/algeriephotos/twodescphotos6.html>



**Figure 135 :** Vue sur la salle de prière de la Mosquée Safir d'Alger.

**Source :** <http://www.discoverislamicart.org>



**Figure 136 :** Vue sur la salle de prière de la Mosquée Safir d'Alger.

**Source :** <http://membres.multimania.fr/algeriephotos/twodescphotos6.html>



**Figure 137 :** Vue sur la salle de prière de la Mosquée Safir d'Alger.

**Source :** <http://membres.multimania.fr/algeriephotos/twodescphotos6.html>

### 5.3.4 Application aux trois mosquées représentatives:

Catégorie B		Mosquée de Mascara	Mosquée d'Annaba	Mosquée d'Alger
Modèle de la CRI				
<b>Forme</b>	Plane	<b>Carrée</b>	<b>Rectangulaire</b>	<b>Rectangulaire</b>
	Courbée			
<b>Texture</b>	Rugueuse	Paroi horizontale basse : <b>Tapis</b>	Paroi horizontale basse : <b>Tapis</b>	Paroi horizontale basse : <b>Tapis</b>
	Intermédiaire	Parois latérales : <b>Plâtre</b> Paroi horizontale haute : <b>Plâtre</b>	Partie haute des parois latérales : <b>Plâtre</b> Paroi horizontale haute : <b>Plâtre</b>	Partie haute des parois latérales : <b>Plâtre</b> Paroi horizontale haute : <b>Plâtre</b>
	Lisse		Partie basse des parois latérales : <b>céramique</b>	Partie basse des parois latérales : <b>céramique</b>
<b>Couleur</b>	Claire	Paroi horizontales hautes Parois latérales	Parois horizontales hautes Parois latérales	Paroi horizontales hautes Parois latérales
	Foncée	Paroi horizontale basse	Paroi horizontale basse	Paroi horizontale basse
<b>Éléments de division</b>	Continus			
	Discontinus	Colonnes : à <b>section ronde</b>	Colonnes : à <b>section ronde</b>	Colonnes : à <b>section ronde</b>

Tableau 6 : Application du modèle basique de la CRI sur trois mosquées représentative de la catégorie B.

Source : Auteur

Catégorie B		Mosquée de Mascara	Mosquée d'Annaba	Mosquée d'Alger
Modèle de la Baie				
Type	Latérale	X	X	X
	Zénithale	X	X	X
Taille	Petite	X	X	X
	Moyenne	X	X	X
	Grande			X
Forme	Horizontale			
	Intermédiaire	X	X	X
	Verticale	X	X	X
Position	Haute	X Considérée comme zénithale	X Considérée comme zénithale	X Considérée comme zénithale
	Intermédiaire	X	X	X
	Basse	X	X	X
Orientation	Toutes les orientations			
Contrôle	Fixe			
	Mobile			

Tableau 7 : Application du modèle basique de la Baie sur trois mosquées représentative de la catégorie B.

Source : Auteur

### 5.3.5 Synthèse concernant la catégorie B (constances et variables):

Catégorie B		Constances	Variables
Modèle CRI			
<b>Forme</b>	Plane	Elle reste plane	forme rectangulaire ou presque carrée
<b>Texture</b>	Rugueuse	Paroi horizontale basse : <b>Tapis</b>	
	Intermédiaire	Parois latérales : <b>Plâtre</b> Paroi horizontale haute : <b>Plâtre</b>	
	Lisse		Partie basse des parois latérales : <b>céramique</b>
<b>Couleur</b>	Claire	Paroi horizontales hautes Parois latérales	
	Foncée	Paroi horizontales basses	
<b>Éléments de division</b>	Discontinus	Colonnes : à <b>section ronde</b>	
<b>Type</b>	Latérale	X	
	Zénithale	X	
<b>Taille</b>	Petite	X	
	Moyenne	X	
<b>Forme</b>	Intermédiaire	X	
	Verticale	X	
<b>Position</b>	Haute	X Considérée comme zénithale	
	Intermédiaire	X	
<b>Orientation</b>	Toutes les orientations		
<b>Contrôle</b>	Fixe		

**Tableau 8:** Synthèse des éléments constants et variables du modèle basique de la Baie et de la CRI, appliqué sur trois mosquées représentative de la catégorie B.

**Source :** Auteur

### 5.3.6 Les différents dispositifs d'éclairage naturel relevés pour les mosquées à salle de prière à coupole centrale :

Les différents dispositifs d'éclairage naturel relevés pour les mosquées constituant notre corpus d'étude sont comme suit (Figure138, Figure139) :

8. **Cour : intérieur** à la salle de prière, constituant la provenance principale de l'éclairage naturel.
9. **Les ouvertures reliant la cour à la salle** : sous forme de portails partiellement percés de vitrage simple ou coloré, souvent ouverts.
10. **Les plafonds rehaussés** : une hauteur moyenne de 10m est observée offrant ainsi plus de surface de réflexions à la lumière naturelle au sein de la salle de prière.
11. **Galerie : sous forme de ceinture d'arcature entourant la salle de prière et portant la coupole centrale**, qui conjuguées à leurs caractéristiques surfaciques peuvent amplifier les réflexions de la lumière naturelle tout autour de l'espace intérieur de la salle de prière, au-delà de la zone périphérique elles peuvent constituer des obstacles compromettant la propagation de la lumière à l'intérieur de la conformation architecturale.
12. **La coupole centrale** : (pas forcément au centre géométrique de la salle de prière), **ajourée dans toutes les mosquées étudiées**; constitue une source importante de la lumière zénithale.
13. **Les coupolettes** : (constatées dans presque le 1/3 des mosquées étudiées) ajourées aussi apportent plus de lumière zénithale uniformisant l'éclairage intérieur de la salle de prière.
14. **Les fenêtres basses** : perpétuellement présentes, constituant une importante amenée de lumière naturelle.
15. **Les fenêtres hautes** : leur présence exclue celle des coupolettes, en plus des fenêtres basses, elles constituent une **rangée double de fenêtres** tout autour de la salle de prière pour un surplus de lumière pénétrante à la salle de prière.
16. **La stratification texturale** : commençant par **le sol** couvert de tapis de couleurs généralement sombres, **le 1/3 de la hauteur des murs, à partir du bas, plus les colonnes** en céramique, **la partie restante des murs et colonnes** sont en général en plâtre blanc, **le plafond** est en plâtre blanc.

Les modèles élaborés pour le type ottoman des mosquées algériennes traditionnelles, témoignent de certaines caractéristiques architecturales permanentes de même que de certaines variations qui relèvent probablement d'influences étrangères aux styles originaux, nous conduisent à distinguer entre facteurs intrinsèques et extrinsèques des modèles structurels.

#### 5.4 Le modèle hypothétique spécifique à l'éclairage naturel pour la catégorie B :

**B<sub>1</sub>** : Mosquée à salle à coupole centrale et galerie limitrophe (Figure138) :

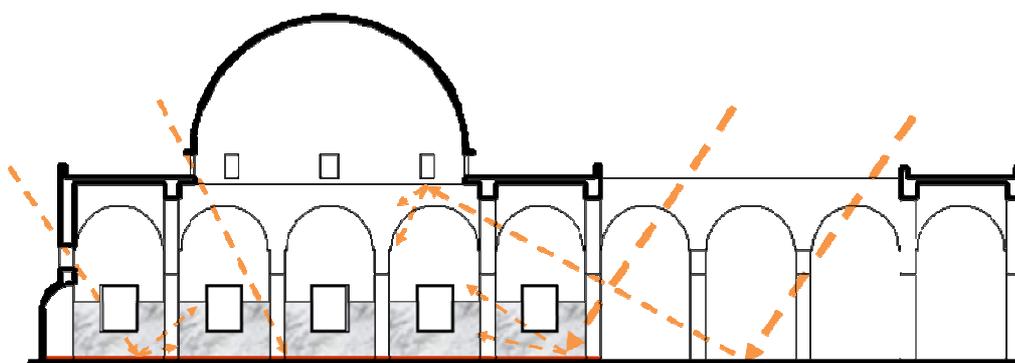


Figure 138 : Mosquée ottomane à salle de prière à coupole centrale et galeries limitrophes.

Source : Auteur

**B<sub>2</sub>** : Mosquée à salle à coupole centrale, galerie limitrophe et coupolettes (Figure139) :

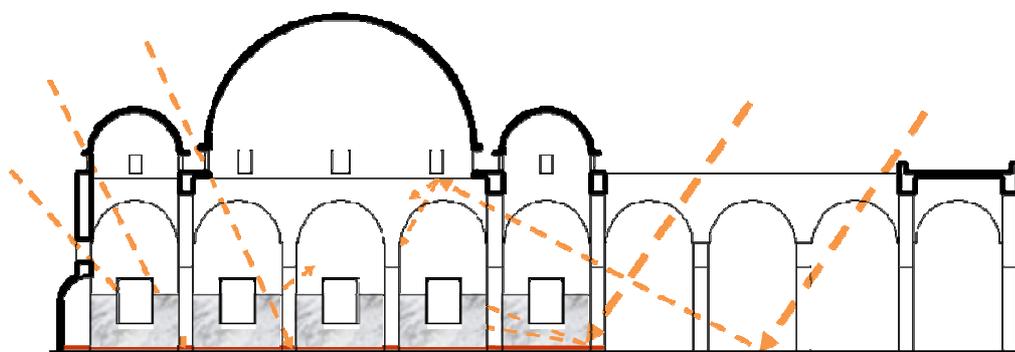


Figure 139 : Mosquée ottomane à salle de prière à coupole centrale, galeries limitrophes et coupolettes.

Source : Auteur

## Conclusion :

Dans la tradition de l'architecture sacrée, la lumière a été un symbole de la transcendance et une métaphore de l'inconnaissable. L'inventoriage des dispositifs architecturaux d'éclairage naturel nous renseigne sur l'ingéniosité ancestrale quant à une conception architecturale soucieuse de la qualité de l'ambiance lumineuse où l'espace sacré devient une théologie visuelle et une sculpture de la lumière, mise en scène par la synergie baies-composante réfléchie interne, qui devient une méditation qui exprime les intentions lumineuses du bâtisseur à travers la matière, la forme et la luminosité.

En l'occurrence plusieurs techniques et dispositifs sont investies pour assurer l'acheminement hiérarchique de la lumière naturelle à la salle de prière, commençant par la cour comme source principale de l'éclairage naturel, à travers ses grandes portes, elle est souvent d'une forme rectangulaire adjacente au côté le plus long de la salle de prière ou intérieure offrant plus de surfaces engagées par la lumière.

Ensuite, la lumière est acheminée à l'intérieur de la salle de prière en franchissant le seuil des grandes baies donnant sur la cour pour passer à travers les travées ou frappant sur leurs arcs et colonnes en plâtre blanc ou à moitié basse revêtue de céramique pour être rediriger ou rediffuser tantôt vers les murs aux mêmes nuances ou vers le sol tapissé en couleurs foncées dans un volume à hauteur importante surplombé d'un plafond reflétant et dirigeant les rayons lumineux selon qu'il soit en plâtre clair simple ou travaillé, en bois de cèdre très foncé, délimité par deux versants ou en forme de pyramide à base rectangulaire, additionné aux faisceaux lumineux venant des parois latérales percées de baies de petites ou moyennes tailles, en plus de la lumière zénithale provenant du bas de la coupole centrale ou des coupolettes considérée comme l'un des grands apports des ottomans à l'architecture religieuse en Algérie. Voilà en détail les traits constituant nos modèles d'étude dérivés des deux catégories de mosquées développées selon les caractéristiques des salles de prière en respect des dispositifs d'éclairage naturel recensés après l'analyse faite sur la base du modèle développé de l'éclairage naturel fondé sur la baie et la composante réfléchie interne.

*" Les logiciels de simulation de l'éclairage naturel permettent en général... la prise en compte de systèmes complexes d'éclairage naturel,... ils offrent également des impressions visuelles très réalistes. Cependant, ces programmes demandent en général un temps d'apprentissage assez long et un niveau certain d'expertise."*

(Dachelet, 2008, p.51)

## **Introduction :**

On entend par logiciel de simulation de la lumière un outil informatique qui permet de reproduire la propagation de la lumière dans un milieu donné. Cette propagation est caractérisée par un certain nombre d'aspects d'ordre physique tels que : la photométrie de la source lumineuse, la réflexion de la lumière sur les différents types de surfaces et de matériaux...

Il existe sur le marché international un nombre important de logiciels adressés à la simulation numérique de l'éclairage naturel. Ils diffèrent entre eux par les algorithmes qu'ils utilisent, ces derniers ont pour rôle la génération des calculs de la propagation de la lumière entre les sources et les surface d'une géométrie, puis les inter-réflexions entre ces surfaces, ces algorithmes sont dits d'éclairage global, étant donné qu'ils effectuent un calcul tridimensionnel de la propagation de la lumière. On peut les classer en deux grandes familles : la radiativité (discrétisation de l'environnement simulé à travers une subdivision en petite mailles) et le lancer de rayons (Maamari, 2004).

## **1. Logiciels de simulation :**

Dans ce qui suit, nous procédons à une présentation des logiciels utilisés, dans le but de tracer le scénario de simulation à adopter. Pour la modélisation nous utilisons Ecotect Version 5.50, alors que pour la simulation de l'éclairage naturel Radiance Version 2.01 est retenu.

## 1.1 Ecotect

Logiciel de simulation complet, associe un modeleur 3D avec des analyses solaire, thermique, acoustique et de coût. Il est également un outil d'analyse simple et qui donne des résultats très visuels. Ce logiciel 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 cet impératif en fournissant la rétroaction visuelle et analytique, guidant progressivement le processus de conception en attendant que les informations plus détaillées soient disponibles. Ses sorties étendues rendent également la validation finale de conception beaucoup plus simple en se connectant par interface à Radiance et à beaucoup d'autres outils plus spécialisés.

## 1.2 Radiance

Radiance est un ensemble de programmes libres développé par Greg Ward Larsaon (1985 – 1997) au laboratoire national de Laurent Berkeley pour l'analyse de haute précision et la visualisation de l'éclairage dans la conception.

Les fichiers d'entrée précisent la géométrie de la scène, des matériaux (les paramètres de réflexion des parois, la transmission lumineuse des vitrages), des luminaires, heure, date, données climatiques et conditions de ciel (pour les calculs de la lumière du jour). Les valeurs calculées incluent radiance spectrale (luminance + couleur), l'irradiance (éclairage + couleur) et les indices de l'éblouissement. Les résultats des simulations peuvent être affichés comme des images en couleur, des valeurs numériques et des tracés de contours.

Contrairement au grand nombre de logiciels fournis sur le marché, **Radiance utilise des données scientifiques** pour créer des images de qualité photoréaliste et photométrique.

La méthode de calcul est celle du lancer de rayon en tenant compte des différents rayons diffusés, réfléchis ou transmis.

Le calcul peut être partagé en trois parties principales : composante directe, composante indirecte spéculaire et composante indirecte diffuse.

La composante directe est la lumière arrivant directement sur une surface depuis une source de lumière ou via des transferts spéculaires d'autres surfaces. Un échantillonnage aléatoire est couplé avec une subdivision adaptative des grandes sources pour le calcul des

pénombres. Les transferts spéculaires des surfaces planes sont traités par l'emploi de sources de lumière 'virtuelles' qui renvoient vers les sources originales.

La composante indirecte spéculaire est la lumière, arrivant sur une surface, qui est réfléchiée ou transmise dans une direction privilégiée. Les transferts spéculaires parfaits font suivre simplement le rayon dans la direction appropriée, réfléchiée ou transmise. Les transferts spéculaires approximatifs sont modélisés par échantillonnage aléatoire de la direction réfléchiée et/ou transmise.

Les images ainsi produites sont de qualités photographiques et permettent de quantifier les niveaux de lumière et de luminance, le niveau de Facteur Lumière Jour (FLJ) ainsi que l'inconfort dû à l'éblouissement, caractérisé par le niveau de confort visuel.

Le logiciel permet un haut niveau de précision quantitative et permet même une évaluation qualitative de la lumière dans l'espace, réputé comme logiciel **approprié pour les recherches et travaux à connotation scientifique** (Reiter et De Herde, 2004).

Compte tenu des possibilités de simulation offertes par ce logiciel, ainsi que de la fiabilité des résultats obtenus, particulièrement en cas de ciel clair ensoleillé (Reiter et De Herde, 2004, p.178) (Loscos, 1999), que nous proposons d'adopter Radiance comme générateur des simulations élaborées, dans le cadre de notre recherche.

## **2. Application :**

Nous proposons une application mettant en exergue les deux logiciels, principalement Radiance. Pour rester dans le thème de notre recherche, une des treize mosquées du corpus d'étude à été choisie pour l'évaluation de son environnement lumineux intérieur, il sera donc question de la Grande Mosquée de Nédroma, représentative du style Almohade, déjà étudiée, dans le chapitre précédant, vis-vis de son architecture et notamment les dispositifs d'éclairages qui lui sont appropriés.

### **2.1 La modélisation :**

Comme nous l'avons déjà précisé la modélisation est faite sur Ecotect, pour assurer plus de compatibilité entre logiciels et plus de précision aux niveaux de résultats obtenus :

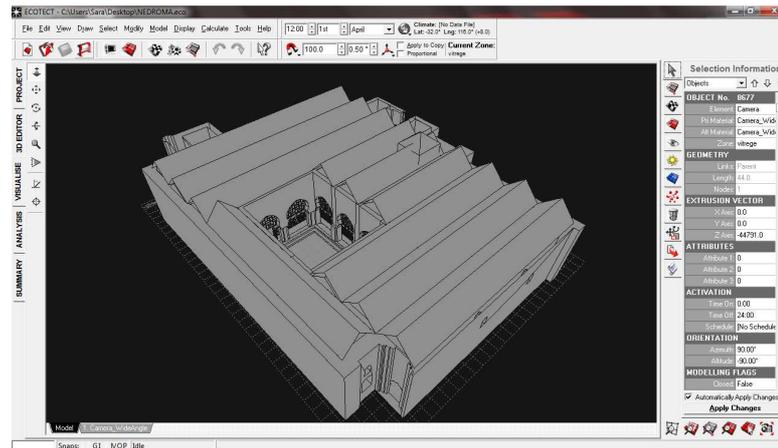


Figure 140 : Interface d'Ecotect montrant la 3d de la Grande Mosquée de Nédroma.

Source : Auteur

Ce que nous avons l'habitude d'appeler calques sur les autre logiciels DAO, Ecotect le conçois sous forme de zones, c'est pourquoi dans notre modèle, chaque zone est crée en vue de correspondre à une texture :

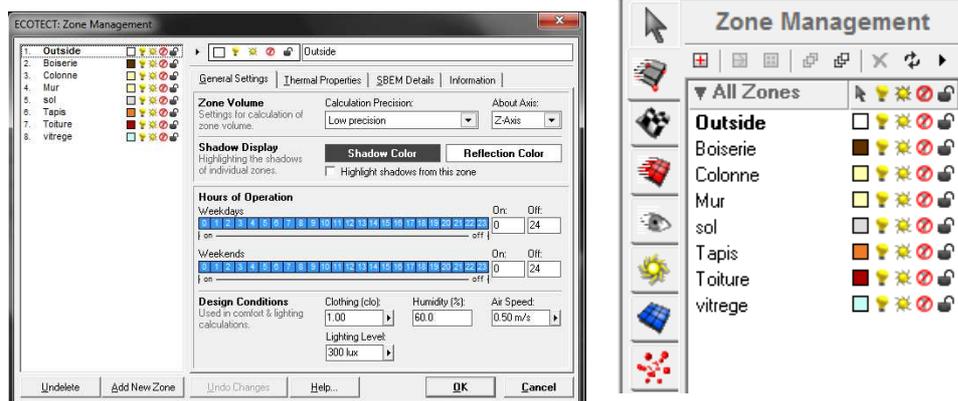


Figure 141 : les zones correspondantes aux matériaux de la simulation.

Source : Auteur

Ensuite les matériaux on été créés en respect de la réalité, et dont les caractéristiques photométriques consignées des tableaux annexes.

**Sol** : Tapis de couleurs foncées à texture rugueuse.

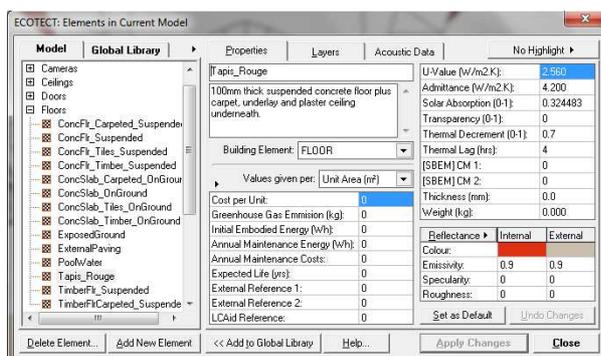
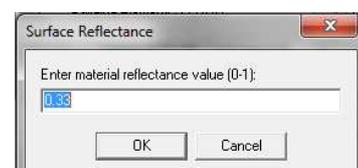


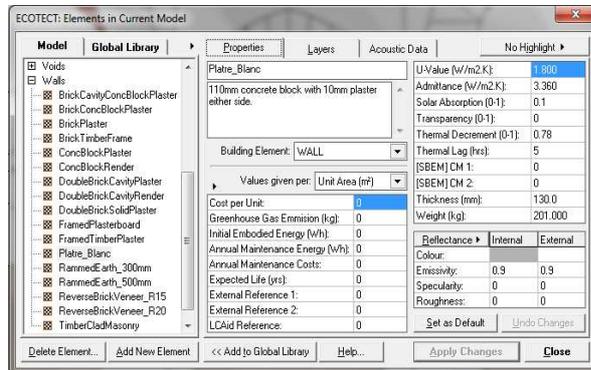
Figure 142 : Les caractéristiques du matériau tapis.

Source : Auteur

Pour une valeur de réflectance de : 0,33



**Murs et colonnes : en plâtre blanc.**



Pour une valeur de réflectance de : 0,70

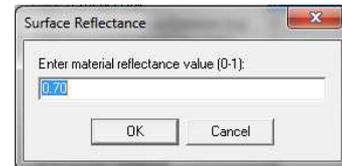
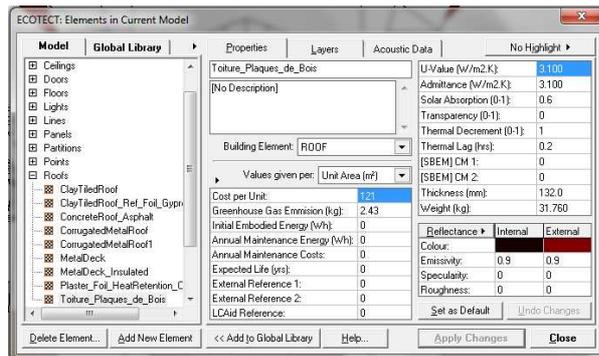


Figure 143 : Les caractéristiques du matériau plâtre blanc.

Source : Auteur

**Plafond : bois foncé.**



Pour une valeur de réflectance de : 0,02

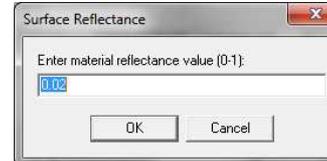
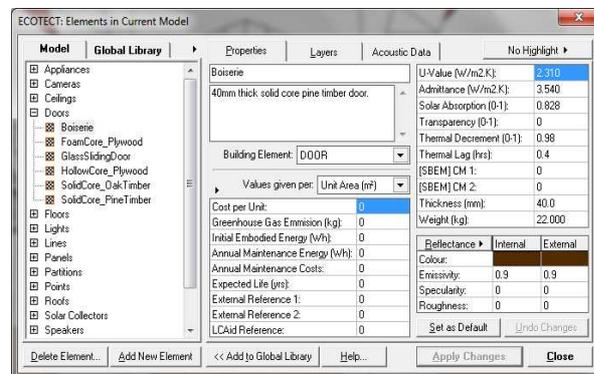


Figure 144 : Les caractéristiques du matériau toiture.

Source : Auteur

**Boiserie : en bois de cèdre.**



Pour une valeur de réflectance de : 0,19

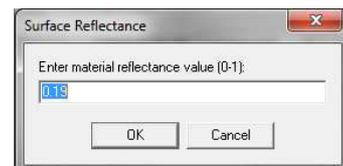
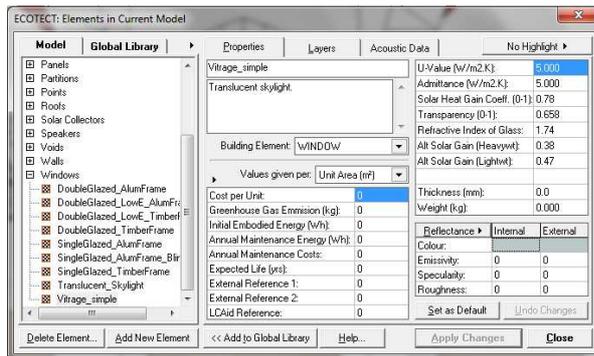


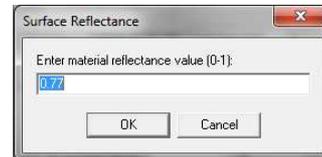
Figure 145 : Les caractéristiques du matériau Boiserie.

Source : Auteur

**Vitrage** : simple transparent.



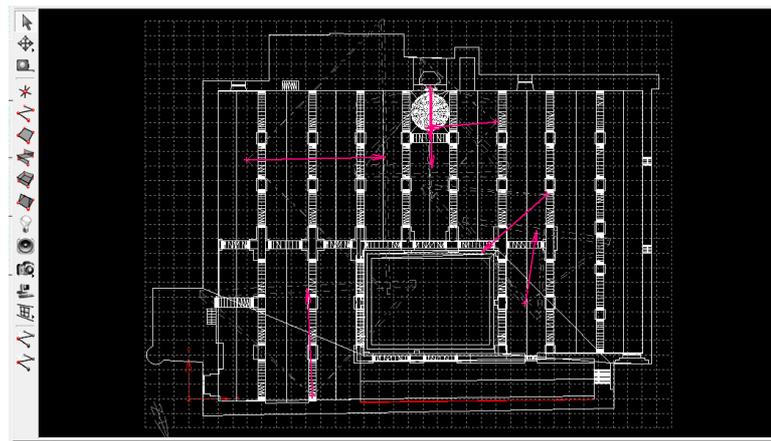
Pour une valeur de réflectance de : 0,77



**Figure 146** : Les caractéristiques du matériau vitrage.

**Source** : Auteur

L'étape suivante a été celle de créer des prises de vues permettant une bonne visualisation de l'espace de la salle de prière concentrées sur l'ambiance lumineuse intérieure :



**Figure 147** : Vue en plan de la 3d de la Grande Mosquée de Nédroma.

**Source** : Auteur

## 2.2 La simulation :

A ce niveau, nous pouvons passer d'Ecotect à Radiance (exportation des données):

Pour démarrer le calcul de l'éclairage naturel, clique sur Calculate ensuite Lighting Analysis le menu suivant apparait. On sélectionne Export to RADIANCE for More Detailed Analysis, puis on clique sur Next.

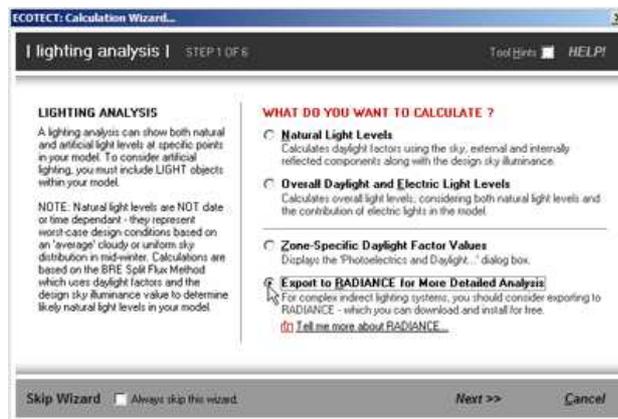


Figure 148 : l'interface du calcul d'Ecotect, exportation vers Radiance.

Source : Auteur

Ensuite, on spécifie le type d'image Radiance que nous voulons créer, Illuminance Image (Lux), est appropriée au calcul de la quantité de lumière qui tombe sur chaque surface, et est adaptée à des fins analytiques prenant en compte les matériaux et les finitions que nous avons sélectionnés.

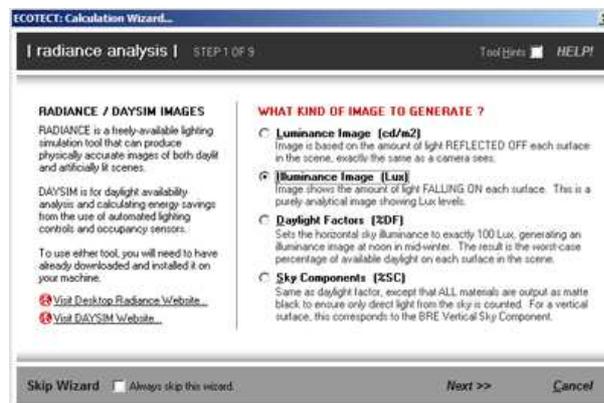


Figure 149 : Sélection du calcul des éclairements.

Source : Auteur

Ensuite, nous sélectionnons l'état du ciel à utiliser (il s'agit de la distribution de la lumière à travers la voûte céleste et est basé sur l'état du ciel représentant différents moments de l'année). Comme cette analyse de l'éclairage naturel est faite pour le solstice d'été dans l'hémisphère sud, on sélectionne *Sunny Sky (Summer)*, puis on clique sur Next.

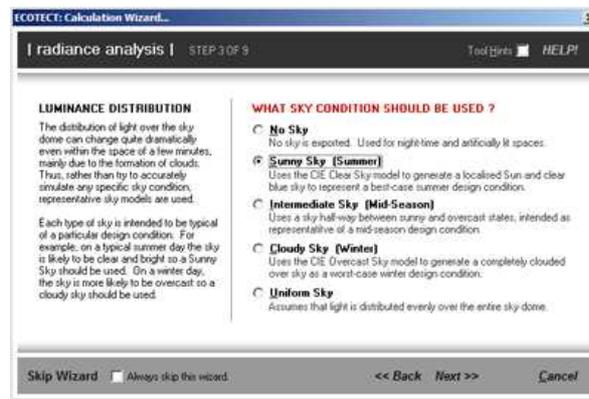


Figure 150 : La sélection du type de ciel.

Source : Auteur

Maintenant, nous choisissons la date et l'heure utilisées pour l'analyse, nous choisissons midi du solstice d'été.

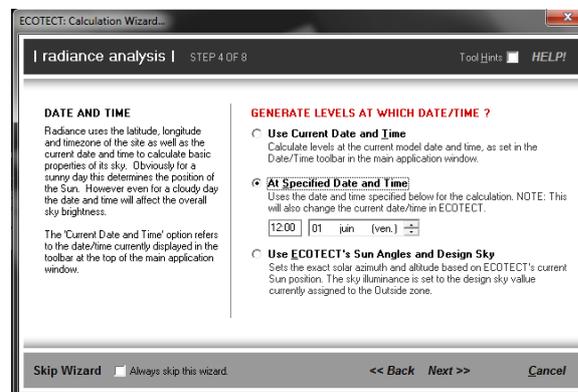


Figure 151 : Spécification de la date et l'heur.

Source : Auteur

Ensuite, nous précisons qu'il s'agit d'une analyse de l'environnement intérieur et nous fixons la taille des images à obtenir, la taille d'image choisie est de 640x480 pixels.

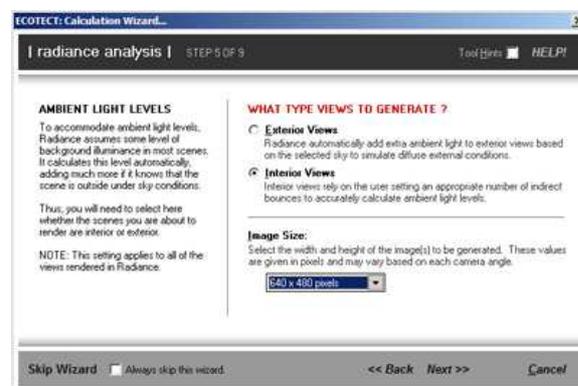


Figure 152 : Choix de la zone à simulée et des dimensions de l'image de sortie.

Source : Auteur

Maintenant nous spécifions la qualité du rendu final, basée sur le détail du modèle et la qualité de l'éclairage de l'image. Évidemment, plus on augmente la qualité, plus cela prendra du temps pour l'obtention des résultats.

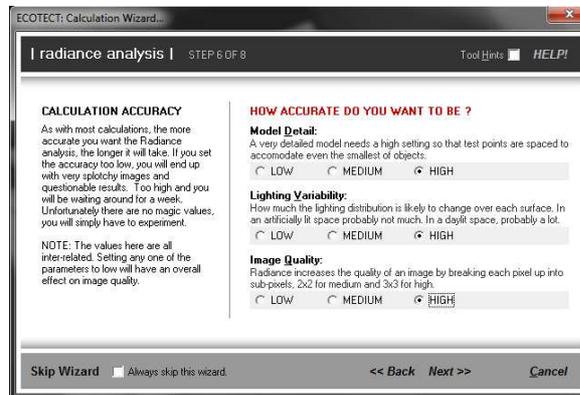


Figure 153 : Les paramètres sélectionnés pour la qualité du rendu final.

Source : Auteur

L'image suivante n'apparaît, dans cet état, que lorsque radiance est correctement installé. L'étape suivante est la spécification du chemin du dossier de sortie.

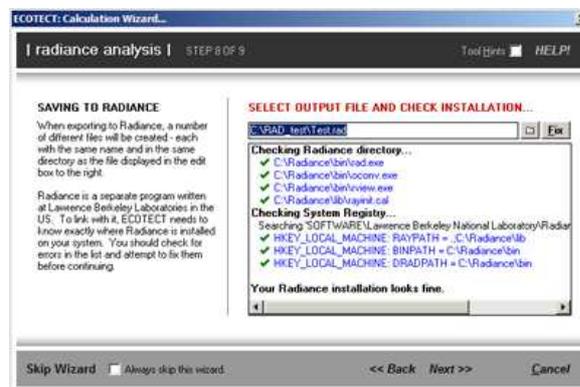


Figure 154 : Spécification du dossier de sortie.

Source : Auteur

Ce dernier écran est sous forme de résumé de tous les paramètres que nous avons sélectionnés à l'aide de l'assistant.

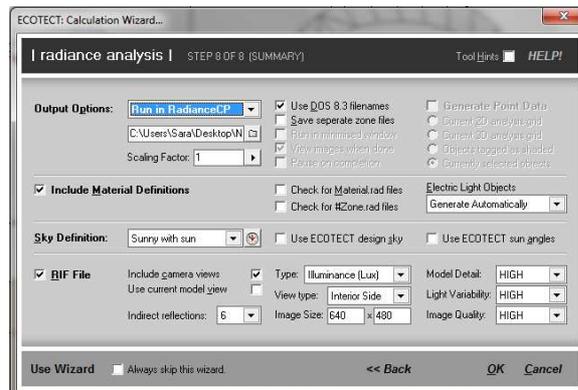


Figure 155 : Fenêtre de synthèse des paramètres de la simulation.

Source : Auteur

Nous apportons à ce niveau d'importantes modifications, concernant la localisation du modèle vis-à-vis de la latitude 35.0, la longitude -1.7 et le fuseau horaire GMT, en plus de son orientation par rapport au nord conventionnel.

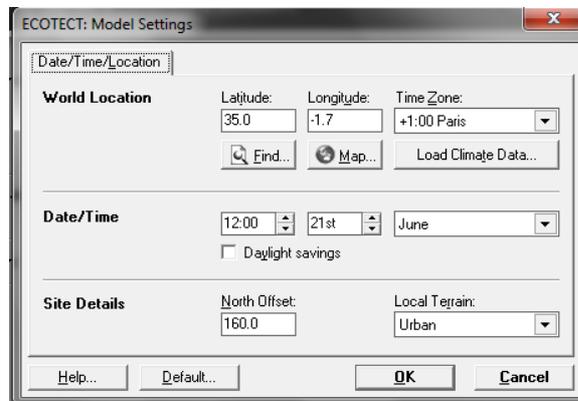


Figure 156 : Les données de la localisation et l'orientation du modèle de l'étude.

Source : Auteur

Une fenêtre de contrôle apparait, résumant tous les paramètres de rendu déjà établis, en cliquant sur Render le rendu est lancé.

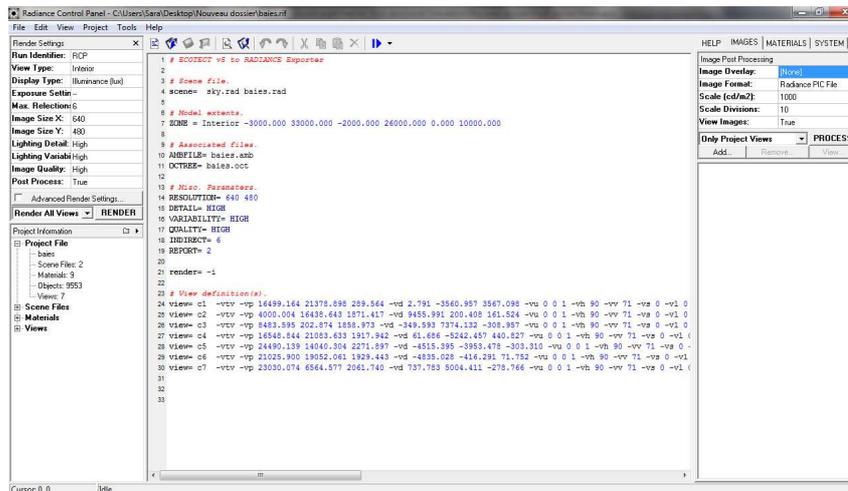


Figure 157 : La fenêtre de contrôle de l'ensemble des paramètres du rendu.

Source : Auteur

Et ça démarre, une fenêtre de commande s'affiche, indiquant que Radiance a débuté les calculs de rendu.

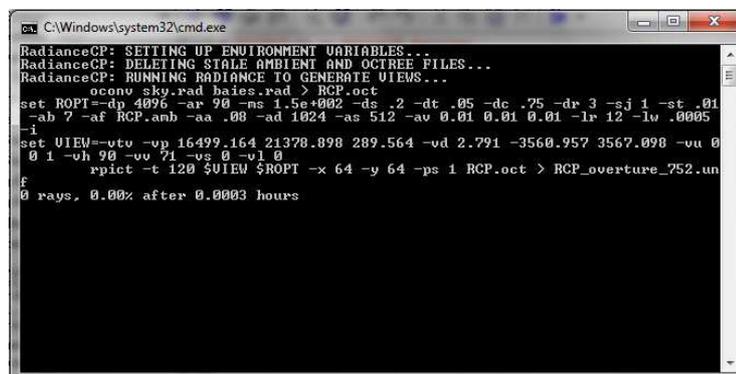


Figure 158 : La fenêtre indiquant le lancement du rendu.

Source : Auteur

L'image du rendu final prendra du temps, relativement au degré des détails et au nombre des éléments à calculer, pour être générée. Le rendu final produit par Rdiance s'ouvre dans *Image Viewer*, et à son état brut il ressemble à ceci:





**Figure 161** : Image montrant les courbes iso-lux

**Source** : Auteur

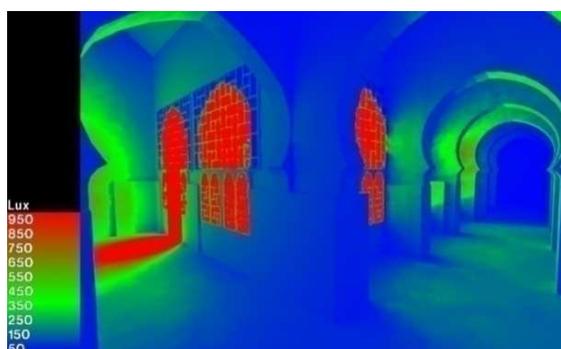
Pour les bandes de contour, on acquiert les bandes iso-lux suivantes :



**Figure 162** : Image des bandes de contour.

**Source** Auteur

D'autres superpositions sont possibles ; les fausses couleurs génèrent des plages d'iso-lux :



**Figure 163** : Image en fausses couleurs.

**Source** : Auteur

Le calcul du FLJ est également possible aussi et se traduit sous la forme suivante :



Figure 164 : Image des niveaux du FLJ.

Source : Auteur

Un autre type de rendu est possible, ce dernier correspond à la perception humaine de luminances :



Figure 165 : Image révélant la perception humaine des luminances.

Source : Auteur

D'autres formes de prise de vue, sont possibles à base de diverses caméras telles que la caméra mi-sphérique ou Fishe Eye :

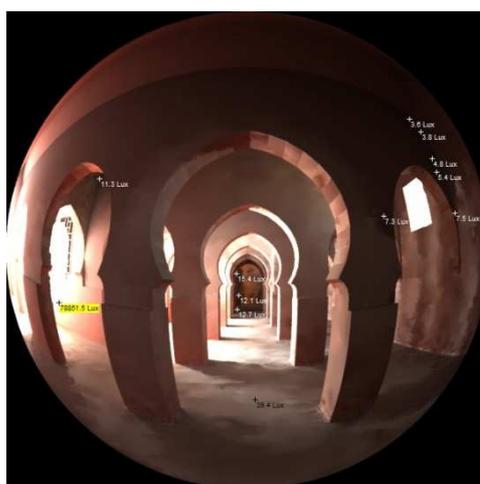


Figure 166 : Rendu en caméra Fishe Eye.

Source : Auteur

Le rectangle jaune indique la valeur maximale des éclairages calculés pour cette scène.

## 2.4 Discussion des résultats :

### Scène 1



Image 1

Les taches en bleu sur l'image1 correspondent à des niveaux d'éclairage bas inférieurs à 100 lux.

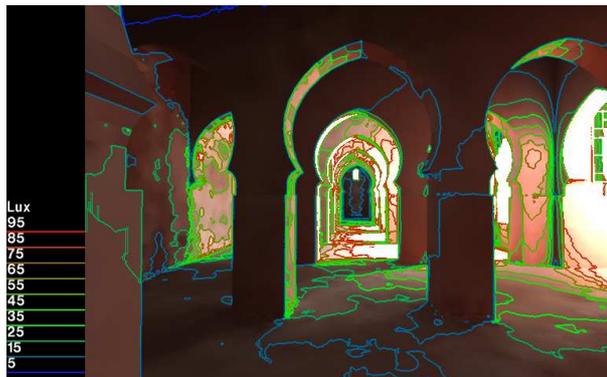


Image 2

Pour plus de détails, l'image2 représentative des courbes iso-lux sur une échelle de 100 lux, indique même des zones correspondant à 5 lux.

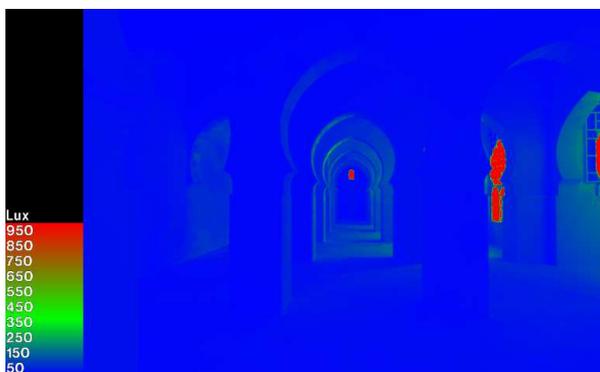


Image 3

L'image3 dépeint deux tonalités majeures et très distinctes des plages d'éclairage à dominance bleu qui correspond à la plage 200 à 50 lux voir même moins, quelques tache à nuance rouge correspondent à 800 lux et plus.

## Scène 2



Image 4

Sur l'image4 les taches iso-lux en bleu sur une échelle de 1000 concordent à des niveaux d'éclairage inférieurs à 100 (niveaux d'éclairage bas).

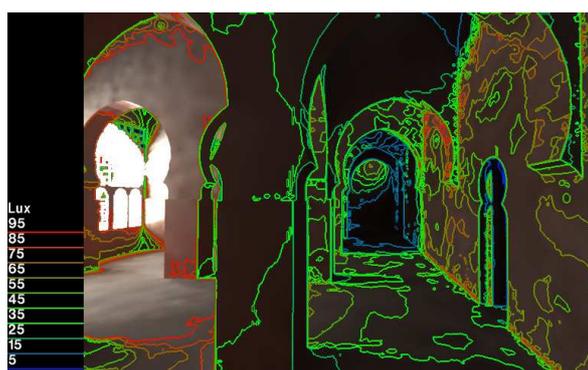


Image 5

L'image5 spécifique aux courbes iso-lux sur une échelle agrandie (100 lux), indique des courbe à majorité verte (entre 25 à 45 lux) on repère aussi des courbes correspondant à 5 lux.

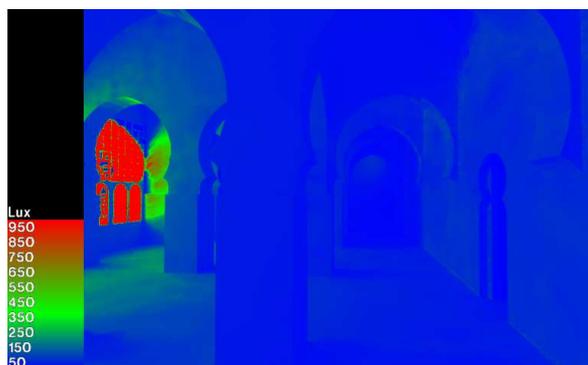


Image 6

L'image6 retrace essentiellement trois plages de colorations différentes à prédominance bleu pour un niveau d'éclairage s'étalant de 200 à 50 lux voir même moins, une coloration rouge correspondant à 800 lux et enfin une petite tache verte de 350 à 750 lux environ.

### Scène 3 et 4

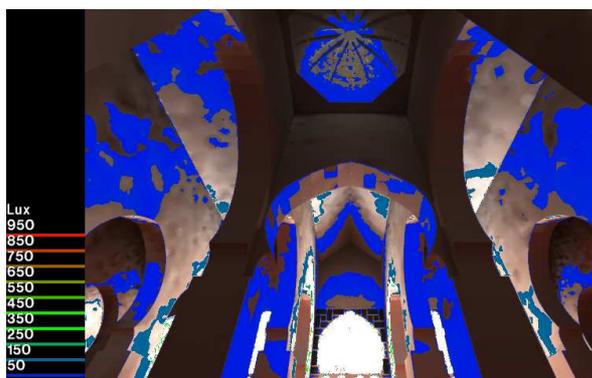


Image 7



Image 10

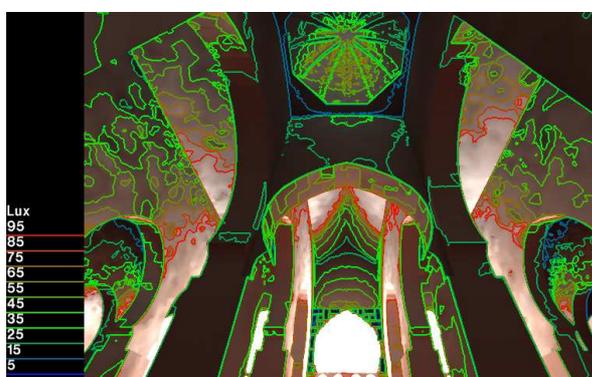


Image 8



Image 11

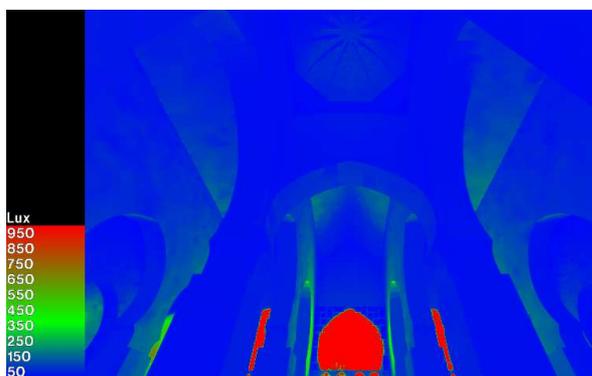


Image 9

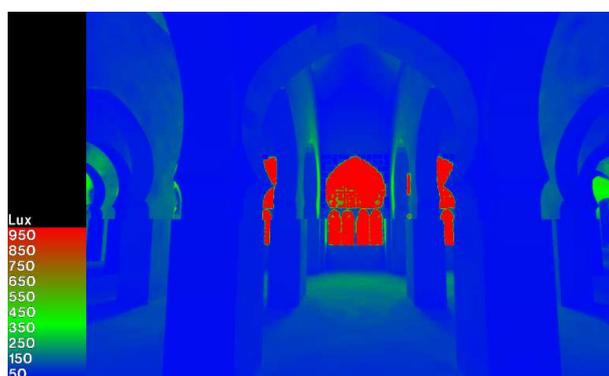


Image 12

Les deux scènes sont regroupées vu qu'elles traitent la même portion d'espace (la nef centrale) avec une différence d'inclinaison de la caméra une fois orientée vers le haut (plafond) et une autre fois centrée vers la porte de la cour.

Les taches bleues, concentrées sur le plafond et le haut des murs et colonnes, sur les images 7 et 10 correspondent à des niveaux d'éclairage inférieurs à 100 lux.

Pour plus de précision un zoom est effectué sur l'échelle (100 lux), les image8 et 11 représentatives des courbes iso-lux, indiquent des courbes majoritairement entre 25 à 45 lux, on remarque aussi des courbes correspondant à 5 lux mais qui ne figure que sur le plafond.

L'image3 dépeint deux tonalités majeures des plages d'éclairément à dominance bleu qui correspond à la plage 200 à 50 lux voir même moins avec quelques taches à nuance rouge (800 lux) correspondent aux ouvertures.

### Scène 5 :



Image 13



Image 14

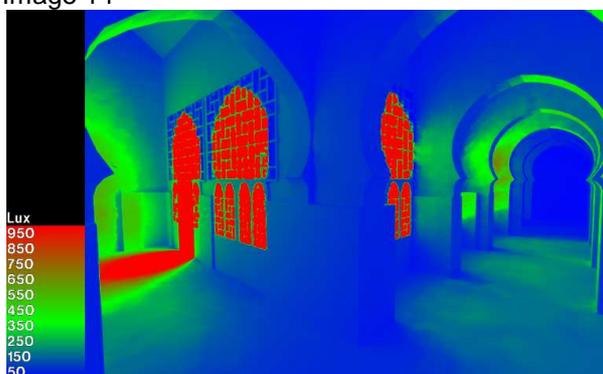


Image 15

La superposition des informations édictées par les images 15 et 16 nous amène à déceler une différence par rapport aux scènes précédentes dues principalement à des augmentations des niveaux d'éclairéments.

L'image15 retrace une répartition moins contrastée des colorations observées qui s'étalent entre 850 à 25 lux.

### Scène 6 et 7



Image 16

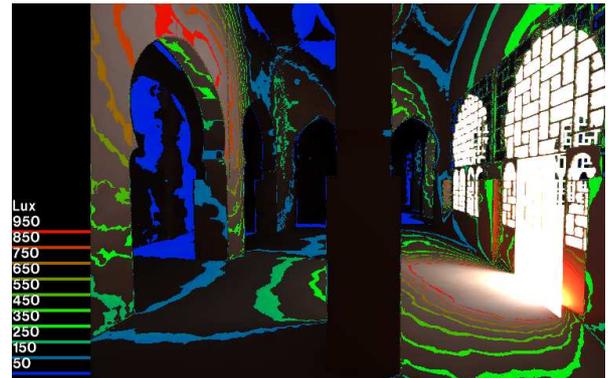


Image 19



Image 17

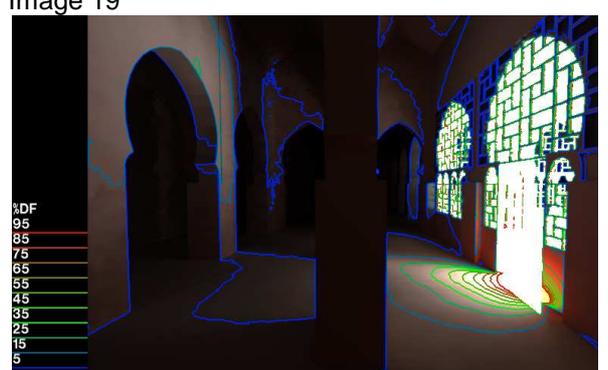


Image 20

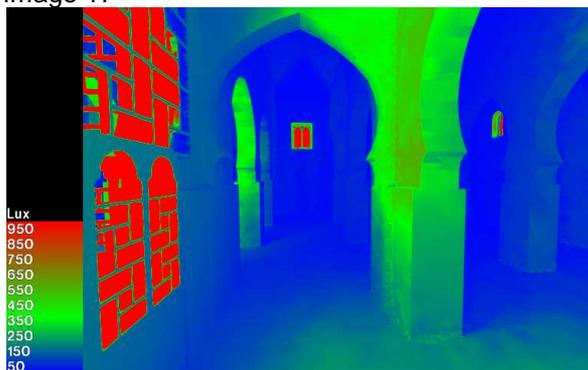


Image 18

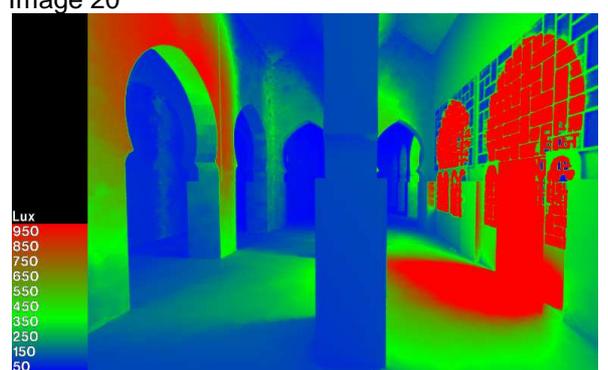


Image 21

Les deux scènes sont rassemblées parcequ'elles présentent toutes les deux la zone adjacente à la source principale de lumière (la cour), avec une différence de prise de vue l'une (image 18) sur l'axe central de la salle de prière, l'autre (image 21) sur le flanc.

Sur l'image 16 et 19 on remarque l'existence de seuil à partir duquel les niveaux d'éclairage baissent ce seuil est matérialisé par la travée : les bandes iso-lux vertes sur l'image 16 et vertes et rouges sur l'image 19 (niveaux d'éclairage élevés) disparaissent au-delà de la première travée, les courbes iso-lux sur une échelle de 100 (échelle agrandie) renforce la première remarque.

Les images 18 et 21 retracent essentiellement trois plages de colorations différentes à prédominance verte est rouge (correspondent à environ 350 à plus de 800 lux) à proximité des ouvertures qui laissent la place à des nuances de bleu (de 200 à 50 lux voir même moins) au-delà de la première travée.

## Conclusion :

Des écarts trop importants des niveaux d'éclairage sont enregistrés, un grand contraste entre les différentes zones du champ visuel pouvant occasionner une gêne, un éblouissement et une fatigue liés aux limites de notre faculté d'adaptation visuelle.

Le niveau d'éclairage est élevé à proximité des baies; et est en constante décroissance en allant vers le fond (**rapport proportionnellement inverse entre le niveau d'éclairage /l'éloignement à la baie**).

La lumière ne pénètre significativement, à l'intérieur de la salle de prière qu'à une distance réduite heurtée aux travées qui constituent un obstacle notamment leur partie haute. Dès lors, au delà d'une certaine profondeur, **les niveaux d'éclairage chutent, le centre de la salle de prière reste très mal éclairé.**

Notre étude ne pourrait être présentée autrement que par le biais des technologies virtuelles. Ces procédés ont l'avantage d'être précis. Les résultats donnent un aperçu général de la réalité. Quoique' ils n'introduisent pas tout le côté sensible et tactile de la matière. La subtilité des phénomènes et leurs interactions ne peuvent être simulées avec exactitude, puisqu'ils ne peuvent être programmés, étant trop complexes.

**En situation complexe, et c'est notre cas, le temps nécessaire pour obtenir des images précises est très long.** Ce temps est lié à la succession de deux phases : l'introduction des données et principalement le calcul. **Pour remédier à ce problème, nous envisageons des tests pilotes visant à vérifier l'effet des variations clés de l'expérimentation** en vue d'éviter la simulation, par la suite, des variables n'ayant presque pas d'impact sur l'environnement lumineux étudié.

*" Les Grecs avaient bien su tirer profit de leurs outils pour exploiter le potentiel de lumière réfléchi qui résulte des différences de texture d'un même matériau. Puisqu'un élément architectural est composé de plusieurs parties, ...."*

(Meiss, Frampton, Oswald, 1993, p.202)

### **Introduction :**

Nous proposons, sur la base des modalités retenues dans le chapitre précédent un ensemble de scénarios ou de cas à simuler sur Radiance, conformément aux paramètres suivants :

Les quatre paramètres essentiels dont nous testons l'effet sur la caractérisation d'une ambiance lumineuse propre aux mosquées en respect de l'objectif de notre recherche sont :

Relativement à la texture et à la couleur; nous étudions l'impact de l'enveloppe déterminée par la paroi horizontale haute, la paroi horizontale basse et les palois latérales.

Concernant la baie ; nous testons le retentissement du complément claustra et les dimensions conséquentes, sur l'ambiance lumineuse.

En se rapportant à la configuration de l'espace, l'effet des divisions intérieures est mis en exergue avec une distinction faite entre les formes carrée et ronde des poteaux respectivement.

L'étude présentée ici porte plutôt un regard **quantitatif** sur la rencontre spatiale entre lumière pénétrante engageant ainsi la notion de **Baie/matière** comme étant la peau de la conformation architecturale mettant en exergue la notion de **CRI**, à l'aide d'une lecture faite des simulations menées, où les images servent à la fois « d'empreintes » de la relation spatiale, de moyens d'interprétation et de source d'information.

Le modèle à simuler est constitué d'un simple quadrilatéral à forme et textures intérieures variables et comportant différentes baies laissant pénétrer la lumière naturelle.

## 1. Le cadre expérimental :

Nous proposons, sur la base des modalités de baie et de composante réfléchie interne dégagées dans les chapitres précédents, un ensemble de scénarios ou de cas, et à travers un travail de modélisation sur Ecotect et de simulation sur Radiance nous essayons d'évaluer ces cas par rapport à l'environnement lumineux intérieur produit.

### 1.1 Description de l'expérimentation :

L'expérimentation cible des manipulations clés et un éventail limité de configurations, afin d'en faciliter l'interprétation qui restera cependant compliquée pour le cas de notre étude. Il ne serait pas utile de s'attarder sur toutes les configurations formelles possibles, c'est pourquoi on se limitera, dans cette recherche à l'étude du modèle A1, qui s'avère le plus répandu, sur l'ensemble des mosquées implantées sur le territoire Algérien.

L'expérimentation consiste à effectuer des percements (**Baies**) dans une boîte fermée avec une ouverture à proportion fixée, pour toute l'étude, du côté assurant le lien avec l'espace ouvert au ciel (la cour). Une seconde manipulation consistera à apporter différents découpages à l'intérieur de cette boîte (**propriétés formelles**). Il sera également question de manipulations effectuées sur la couche extérieure de la conformation intérieure (**propriétés surfaciques**). Les scènes fixées, pour la simulation, seront matérialisées par des images qui captent les ambiances lumineuses dérivant des interférences entre différentes manipulations.

Dans cette partie, nous testons l'effet des variations clés de l'expérimentation en vue de déceler l'ampleur de leur impact sur l'environnement lumineux intérieur, tout en se basant sur deux indicateurs, à savoir l'éclairement et la luminance.

#### 1.1.1 Date, heures et localisation :

Une journée représentative est choisie telle que le **21 Juin** et deux temps de simulation (El-Dhohr à **12 h 30** et El-Aasr à **16h 30**), pour la ville de Batna, une ville algérienne d'altitude moyenne caractérisée par un **ciel clair ensoleillé** (Figure167) :

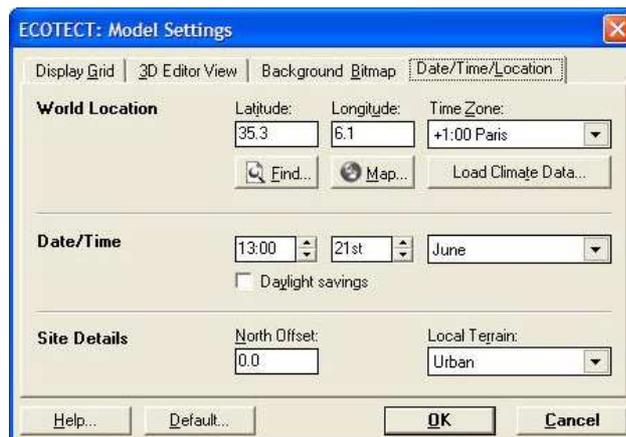


Figure 167: Réglage date, heures, localisation.

Source : Auteur

### 1.1.2 Construction des grilles et des points de mesures calculées pour la simulation :

**L'éclairement**, à l'aide d'une grille choisie conformément au positionnement des prieurs, pour les mesures d'éclairements, est déterminé par un point dans l'axe de la salle de prière et un autre sur les cotés, pour un prier proche et un autre lointain de l'ouverture, à un niveau de 40 cm du sol (la hauteur d'un livre tenu par une personne assise par terre ou en tailleur) :

**La luminance** est prise pour une personne debout (hauteur des yeux = 160 cm), et aussi pour une personne assise (hauteur des yeux = 80 cm), cependant le regard du prier est toujours dirigé vers le mur de la qibla quelle que soit sa position dans la mosquée. Il faudra donc simuler le champ de vision (Figure168) d'en face pour un prier proche et un autre lointain :

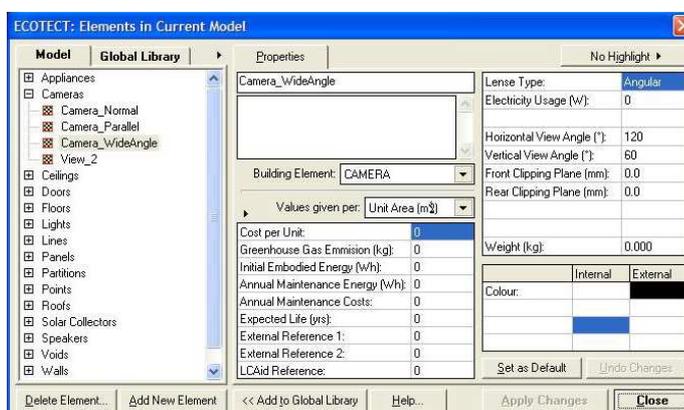


Figure 168 : Réglage caméra conformément au champ visuel humain.

Source : Auteur

### 1.1.3 Réglage des couleurs et textures :

Les valeurs utilisées pour le réglage de la couleur et de la texture sont obtenues du manuel d'aide à l'utilisation d'Ecotect :

Reflectance ▶	Internal	External
Colour:		
Emissivity:	0.88	0
Specularity:	0.2	0
Roughness:	0	0

**Figure 169** : Les valeurs utilisées pour la texture lisse, couleur claire.

Source : Auteur

Reflectance ▶	Internal	External
Colour:		
Emissivity:	0.88	0
Specularity:	0	0
Roughness:	0	0

**Figure 170** : Les valeurs utilisées pour la texture intermédiaire, couleur claire.

Source : Auteur

Reflectance ▶	Internal	External
Colour:		
Emissivity:	0.88	0
Specularity:	0	0
Roughness:	0.2	0

**Figure 171** : Les valeurs utilisées pour la texture rugueuse, couleur claire.

Source : Auteur

Les mêmes valeurs de la spécularité et de la rugosité sont utilisées pour la **couleur foncée**, le changement réside dans la valeur de l'**émissivité = 0,9**.

### 1.1.4 Valeurs référentielles utiles pour les interprétations des données :

Pour un plan de travail dans un bureau (micro-champ visuel), les valeurs recommandées sont, d'une manière générale, comprises entre 200 et 600 lux (Fontoynt, 1999). Les valeurs recommandées, pour la luminance maximale présente dans le macro-champ visuel, sont fonction de la taille de la source lumineuse dans le champ visuel et du type de cette source, artificielle ou naturelle. Lorsque la source occupe une surface minimale de ce champ (lampe à incandescence par exemple), il est recommandé que sa luminance doit être inférieure à 2000 cd/m<sup>2</sup> ; quand cette surface est considérablement large par rapport au champ visuel (mur ou une vitre par exemple), sa luminance maximale ne doit pas être supérieure à 500 cd/m<sup>2</sup> (Berruto, 1996). Pour le cas d'un éclairage naturel, la présence du ciel dans le champ visuel ne sera gênante que lorsque la valeur de sa luminance excède les 2000 cd/m<sup>2</sup> (Berruto, 1996). Sans préciser de quelle surface s'agit-il, (Baker et al, 1993)

affirment que, sous un éclairage naturel, toute surface dont la luminance est supérieure à 500 cd/m<sup>2</sup> est à considérer comme éblouissante. Les valeurs recommandées pour le Ratio 1 (luminance minimale / luminance maximale), sont comme suit (Grandjean, 1983) : i) inférieure à 1/20 (0,05) entre une surface et une source lumineuse (fenêtre ou autre) dans le champ visuel, et ii) inférieure à 1/40 (0,025) entre n'importe quelles deux surfaces du champ visuel. De plus, d'autres auteurs affirment qu'un ratio de 1/50 (0,02) est le contraste maximal à utiliser pour mettre en valeur un élément du champ visuel (A.F.E., 1977 ; Baker et al, 1993).

### 1.1.5 Cas à simuler :

Après avoir énuméré les quatre paramètres de la simulation, nous procédons à leur décortication :

#### **Enveloppe :**

. Paroi horizontale haute variant entre i) texture intermédiaire à couleur claire et ii) texture lisse à couleur foncée.

. Paroi horizontale basse changeant de i) texture rugueuse à couleur claire et ii) texture rugueuse à couleur foncée.

En conséquence quatre combinaisons sont possibles ;

- A. Paroi horizontale haute claire à texture intermédiaire et paroi horizontale basse foncée à texture rugueuse,
- B. Paroi horizontale haute claire à texture intermédiaire et paroi horizontale basse claire à texture rugueuse,
- C. Paroi horizontale haute foncée à texture lisse et paroi horizontale basse foncée à texture rugueuse,
- D. Paroi horizontale haute foncée à texture lisse et paroi horizontale basse claire à texture rugueuse,

LE 21 JUIN						
SALAT EL-DHOHR (12H30)			SALAT EL-AASR (16H30)			
C A S (A.)	TEXTURE	COULEUR				
		Claire (C)	Foncée (F)	Claire (C)	Foncée (F)	
		Lisse (L)	(12H30) A.LC	(12H30) A.LF	(16H30) A.LC	(16H30) A.LF
		Intermédiaire (I)	(12H30) A.IC	(12H30) A.IF	(16H30) A.IC	(16H30) A.IF
	Rugueuse (R)	(12H30) A.RC	(12H30) A.RF	(16H30) A.RC	(16H30) A.RF	
C A S (B.)	Lisse (L)	(12H30) B.LC	(12H30) B.LF	(16H30) B.LC	(16H30) B.LF	
	Intermédiaire (I)	(12H30) B.IC	(12H30) B.IF	(16H30) B.IC	(16H30) B.IF	
	Rugueuse (R)	(12H30) B.RC	(12H30) B.RF	(16H30) B.RC	(16H30) B.RF	
C A S (C.)	Lisse (L)	(12H30) C.LC	(12H30) C.LF	(16H30) C.LC	(16H30) C.LF	
	Intermédiaire (I)	(12H30) C.IC	(12H30) C.IF	(16H30) C.IC	(16H30) C.IF	
	Rugueuse (R)	(12H30) C.RC	(12H30) C.RF	(16H30) C.RC	(16H30) C.RF	
C A S (D.)	Lisse (L)	(12H30) D.LC	(12H30) D.LF	(16H30) D.LC	(16H30) D.LF	
	Intermédiaire (I)	(12H30) D.IC	(12H30) D.IF	(16H30) D.IC	(16H30) D.IF	
	Rugueuse (R)	(12H30) D.RC	(12H30) D.RF	(16H30) D.RC	(16H30) D.RF	
Eclairment = 48 Cas à simuler x 2 (prieur proche+prieur lointain)						
Luminance = 48 Cas à simuler x 2 (Position debout+position assise)						
Un total de 192 scénarios						

### Baie :

Claustras : Pour tester l'effet des claustras nous avons choisi une fenêtre de taille moyenne faisant 1,2 m de longueur et 0,8 m de largeur (baie référence) sur laquelle nous appliquons des claustras variant entre deux proportions d'ouverture ; i) claustra dont la surface des perforations appliquées est égale à 70% de la surface de la baie référence, ii) claustra dont la surface des perforations le constituant est égale à 50% de la surface de la baie référence.

Taille : Ensuite nous comparons les résultats engendrés par les claustras avec l'effet de deux baies ayant une surface d'ouverture égale à la somme des surfaces des perforations relatives des claustras étudiés précédemment, en vue de repérer une relation possible entre les deux, pour simplifier la simulation, compte tenu du temps nécessaire pour le calcul du claustra (considéré par le logiciel comme étant un objet compliqué).

En conséquent deux alliances sont possibles ;

LE 21 JUIN					
SALAT EL-DHOHR (12H30)			SALAT EL-AASR (16H30)		
C A S (E.)	Baie	COULEUR			
	Clastra	Claire (C)	Foncée (F)	Claire (C)	Foncée (F)
	Référence (R100)	(12H30) E.R100C	(12H30) E.R100F	(16H30) E.R100C	(16H30) E.R100F
	Clastra 70% (CI70)	(12H30) E.CI70C	(12H30) E.CI70F	(16H30) E.CI70C	(16H30) E.CI70F
	Clastra 50% (CI50)	(12H30) E.CI50C	(12H30) E.CI50F	(16H30) E.CI50C	(16H30) E.CI50F
C A S (F.)	Taille	Claire (C)	Foncée (F)	Claire (C)	Foncée (F)
	Ouverture 70% (Ou70)	(12H30) F.Ou70C	(12H30) F.Ou70F	(16H30) F.Ou70C	(16H30) F.Ou70F
	Ouverture 50% (Ou50)	(12H30) F.Ou50C	(12H30) F.Ou50F	(16H30) F.Ou50C	(16H30) F.Ou50F
Eclairage = 20 Cas à simuler x 2 (prieur proche+prieur lointain) Luminance = 20 Cas à simuler x 2 (Position debout+position assise) Un total de 80 scénarios					

### Configuration :

Division : Pour tester l'effet de la division de l'espace intérieur, nous avons choisi un espace divisible en trois dans les deux sens, trois travée sont ainsi créées (espace référence), cet espace sera divisé comme suit ; i) division verticale, ii) division horizontale, iii) division croisée.

La forme des poteaux entre ronde ou carré, sera prise en compte également.

Retenons, que deux combinaisons sont étudiées ;

LE 21 JUIN					
SALAT EL-DHOHR (12H30)			SALAT EL-AASR (16H30)		
	Configuration Division	Section			
		Ronde (Rd)	Carrée (Cr)	Ronde (Rd)	Carrée (Cr)
C A S (G.)	Référence (S)	(12H30) G.S Rd	(12H30) G.S Cr	(16H30) G.S Rd	(16H30) G.S Cr
	Verticale (V)	(12H30) G.V Rd	(12H30) G.V Cr	(16H30) G.V Rd	(16H30) G.V Cr
	Horizontale (H)	(12H30) G.H Rd	(12H30) G.H Cr	(16H30) G.H Rd	(16H30) G.H Cr
	Croisée (X)	(12H30) G.X Rd	(12H30) G.X Cr	(16H30) G.X Rd	(16H30) G.X Cr
	Eclairage = 16 Cas à simuler x 2 (prieur proche+prieur lointain) Luminance = 16 Cas à simuler x 2 (Position debout+position assise) Un total de 64 scénarios				

Nous choisissons pour l'étude des trois premiers paramètres un espace tridimensionnel caractérisé comme suit (Figure172) :

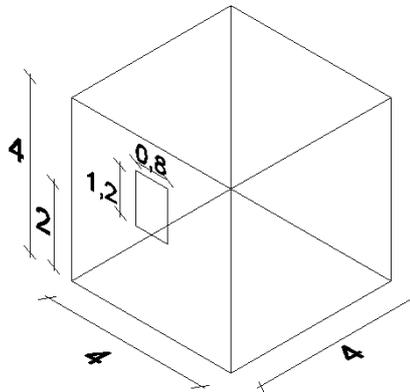
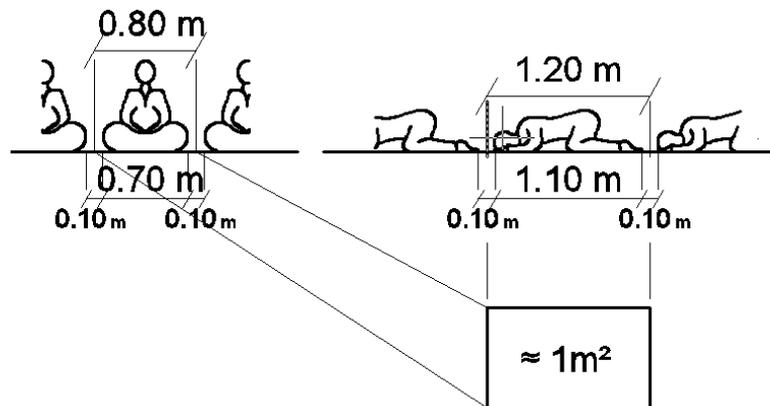


Figure 172 : Le modèle en trois dimensions.

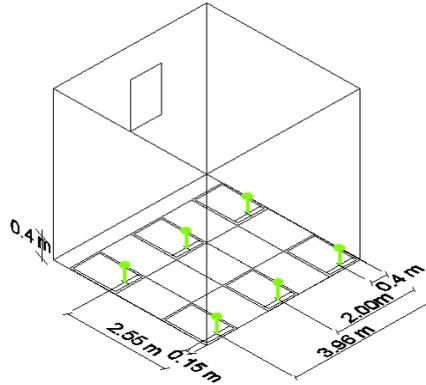
Source : Auteur



**Figure 173 :** L'espace occupé par un prieur.

**Source :** Auteur

La grille, choisie conformément aux positionnements des prieurs (Figure173), pour les mesures d'éclairéments, est définie comme suit (Figure174):



**Figure 174 :** Les sondes choisies pour les mesures de l'éclairément.

**Source :** Auteur

## 2. Résultats :

### 2.1 Enveloppe :

#### 2.1.1 Cas A :

##### 2.1.1.1 Éclairément :

##### 2.1.1.1.1 Au moment de la prière d'El-Dhojr :

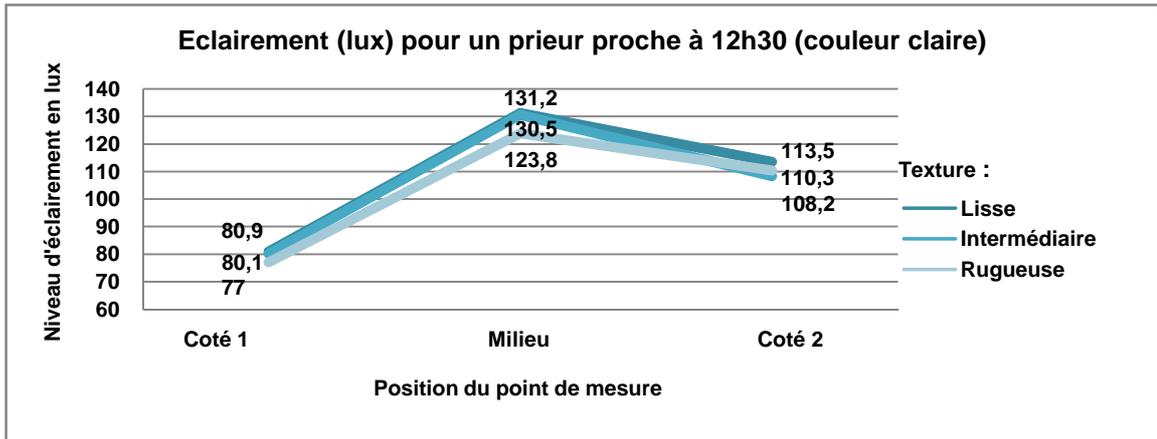


Figure 175 : Eclairage pour un prier proche au moment de la prière d'El-Dhohr (couleur claire).

Source : Auteur

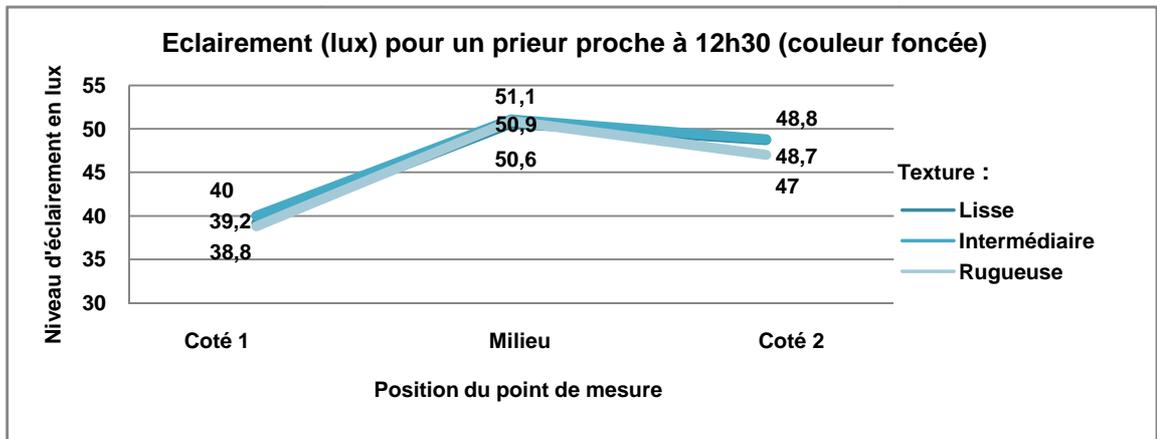


Figure 176 : Eclairage pour un prier proche au moment de la prière d'El-Dhohr (couleur foncée).

Source : Auteur

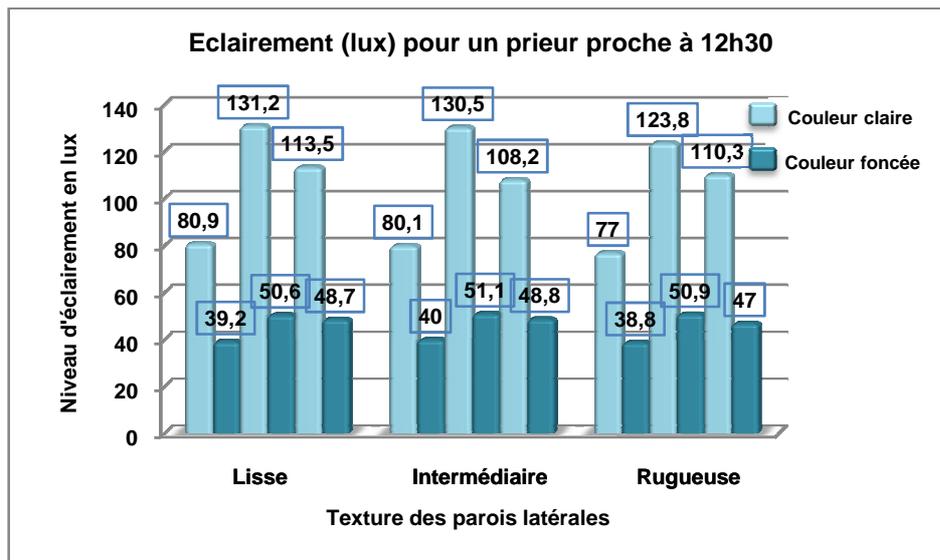


Figure 177 : Eclairage pour un prier proche au moment de la prière d'El-Dhohr (couleur claire et foncée).

Source : Auteur

On remarque que pour un prieur proche ;

. Les textures lisse et intermédiaire donnent les plus grandes valeurs d'éclairément, suivies de la texture rugueuse.

. Il est à noter que pour les textures lisse et intermédiaire l'écart entre les mesures est très faible, voir négligeable parfois (chiffres après la virgule).

. Le point de mesure 'milieu' enregistre les plus grandes valeurs d'éclairément suivi du 'coté2' et en dernier 'coté1',

. La couleur foncée, fait baisser les niveaux d'éclairément enregistrés de plus de la moitié, comparée à la couleur claire, pour les mêmes textures.

. Il est à préciser que pour la couleur foncée l'écart entre les valeurs d'éclairément est moins important d'un point de mesure à l'autre, et d'une texture à une autre.

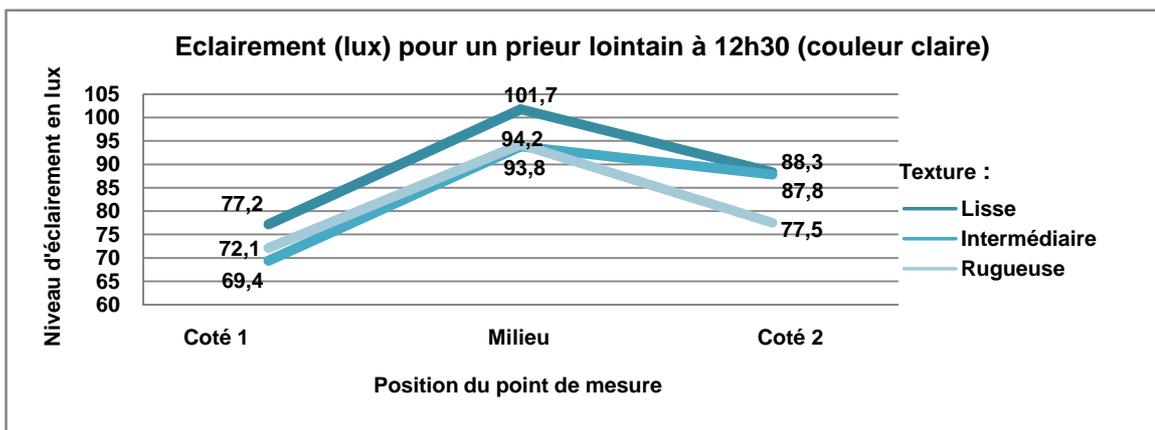


Figure 178 : Eclairément pour un prieur lointain au moment de la prière d'El-Dhohr (couleur claire).

Source : Auteur

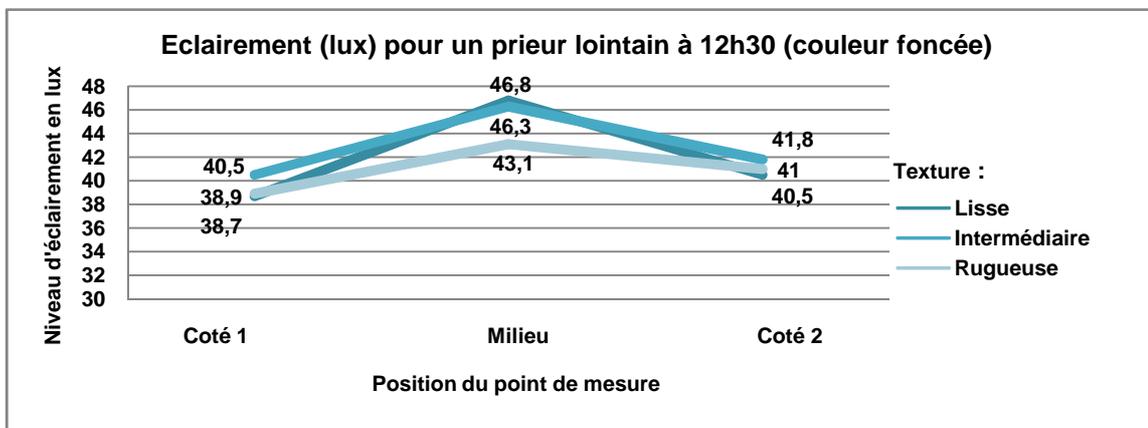
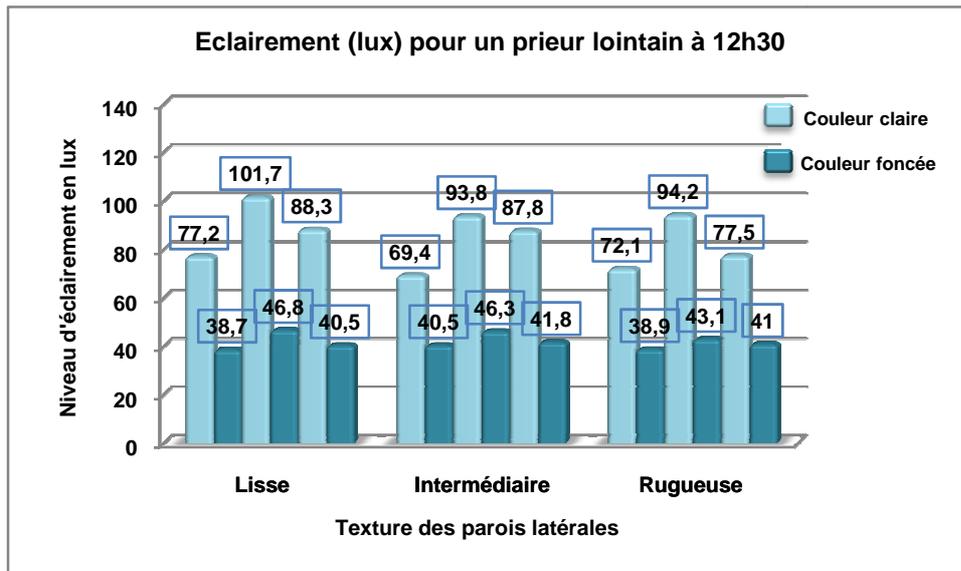


Figure 179 : Eclairément pour un prieur lointain au moment de la prière d'El-Dhohr (couleur foncée).

Source : Auteur



**Figure 180 :** Eclairage pour un prieur lointain au moment de la prière d'El-Dhohr (couleur claire et foncée).

**Source :** Auteur

On remarque que pour un prieur lointain ;

- . Les textures lisse et intermédiaire donnent les plus grandes valeurs d'éclairage, suivies de la texture rugueuse.
- . Il est à noter que pour les textures intermédiaire et rugueuse l'écart entre les valeurs d'éclairage est très faible en ce qui concerne la couleur claire,
- . Et pour les textures lisse et intermédiaire l'écart entre les niveaux mesurés est très faible, voir négligeable parfois (chiffres après la virgule) et ce, en cas de couleur foncée.
- . Le point de mesure 'milieu' enregistre les plus grandes valeurs d'éclairage suivi du 'coté2' et en dernier 'coté1',
- . La couleur foncée, fait baisser les niveaux d'éclairage enregistrés de plus de la moitié, comparée à la couleur claire, pour les mêmes textures.

2.1.1.1.2 Au moment de la prière d'El-Aasr :

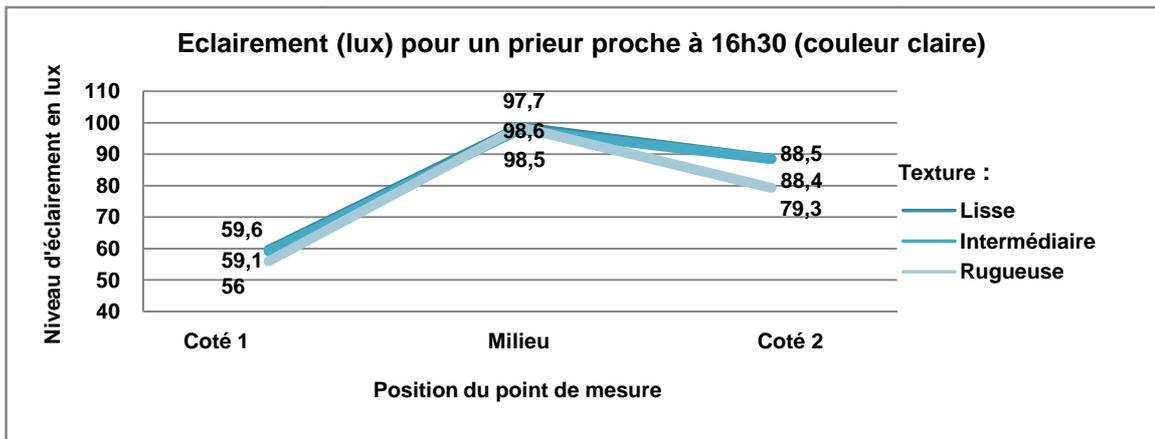


Figure 181 : Eclairage pour un prieur proche au moment de la prière d'El-Aasr (couleur claire).

Source : Auteur

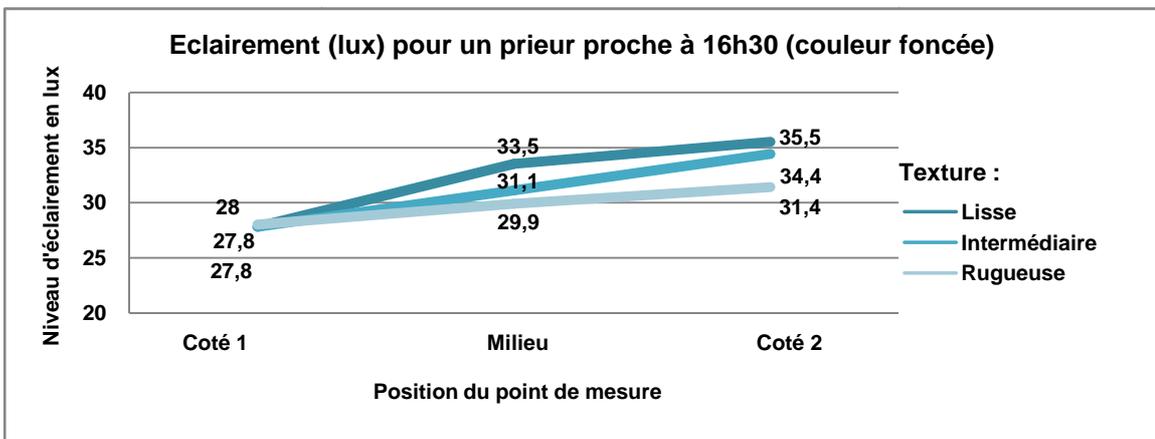


Figure 182 : Eclairage pour un prieur proche au moment de la prière d'El-Aasr (couleur foncée).

Source : Auteur

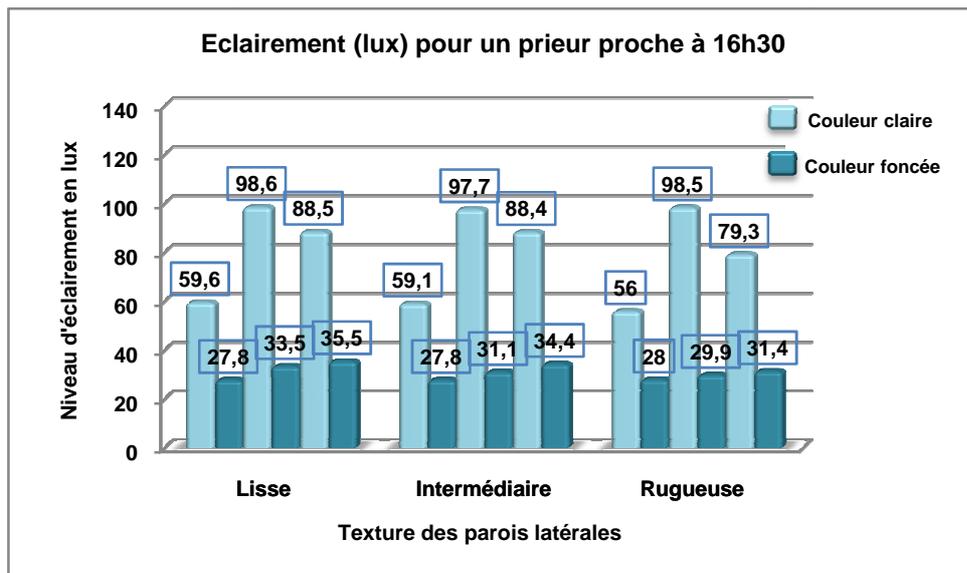


Figure 183 : Eclairage pour un prieur proche au moment de la prière d'El-Aasr (couleur claire et foncée).

Source : Auteur

On remarque que pour un prieur proche ;

. Les textures lisse et intermédiaire donnent les plus grandes valeurs d'éclairage, suivies de la texture rugueuse.

. Il est à noter que pour les textures intermédiaire et lisse, l'écart entre les valeurs mesurées est très faible en ce qui concerne la couleur claire,

. Le point de mesure 'milieu' enregistre les plus grandes valeurs d'éclairage suivi du 'coté2' et en dernier 'coté1', exception faite dans le cas de la couleur foncée.

. La couleur foncée, fait baisser les niveaux d'éclairage enregistrés de plus de la moitié, comparée à la couleur claire, pour les mêmes textures.

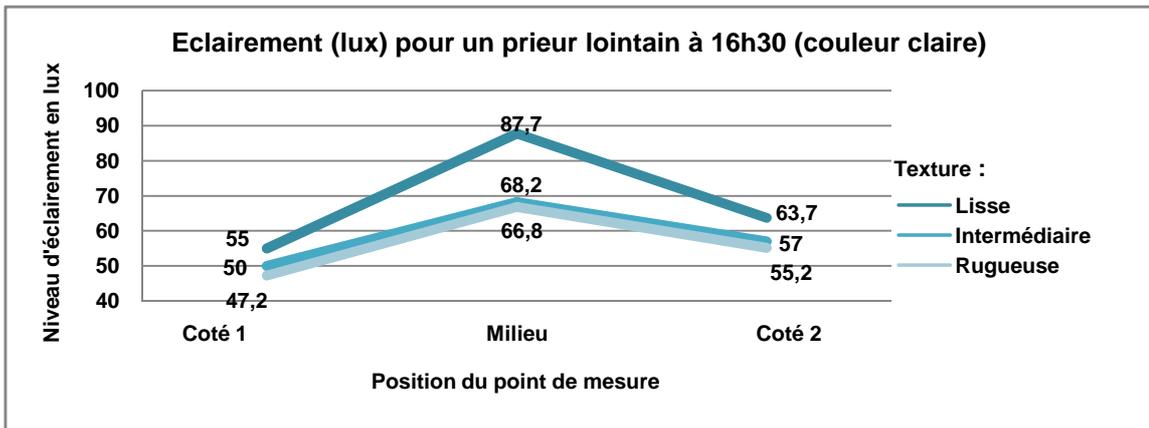


Figure 184 : Eclairage pour un prieur lointain au moment de la prière d'El-Aasr (couleur claire).

Source : Auteur

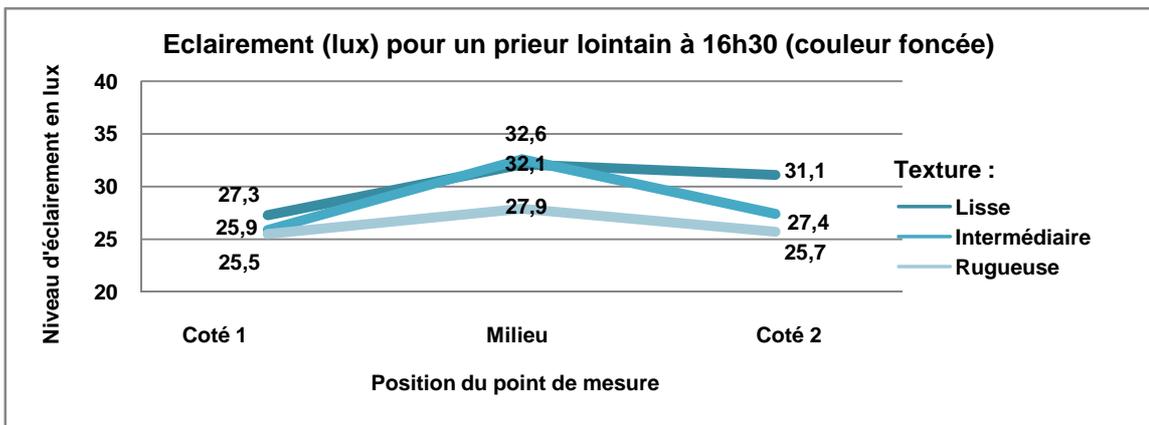


Figure 185 : Eclairage pour un prieur lointain au moment de la prière d'El-Aasr (couleur foncée).

Source : Auteur

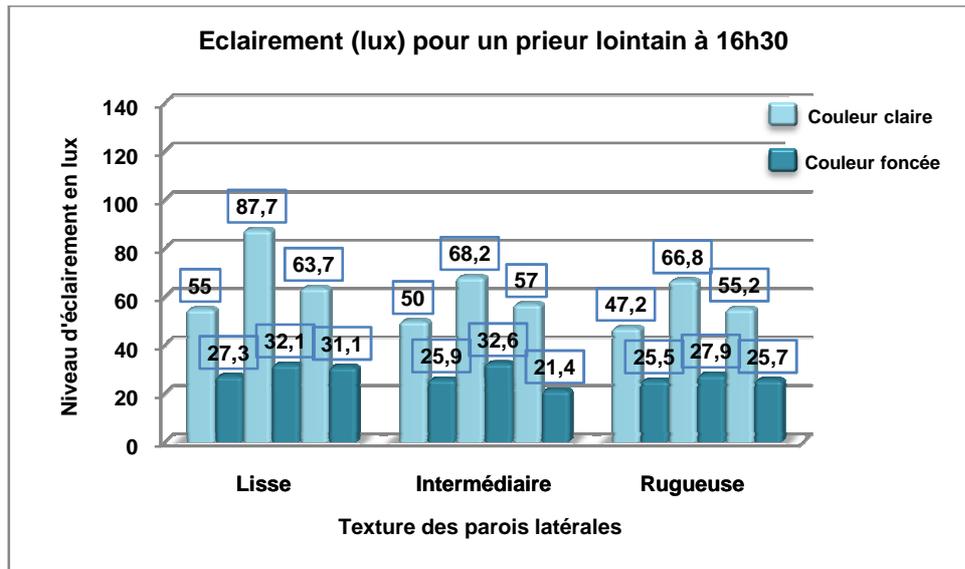


Figure 186 : Eclairage pour un prieur lointain au moment de la prière d'El-Aasr (couleur claire et foncée).

Source : Auteur

On remarque que pour un prieur lointain ;

- . La texture lisse donne les plus grandes valeurs d'éclairage, suivie des textures intermédiaire et rugueuse.
- . Dans le cas de la couleur claire, l'écart entre les valeurs d'éclairage est grand entre d'une part celles de la texture lisse et d'autre part celles des textures intermédiaires et rugueuses qui, à leurs tours, affichent des valeurs très proches.
- . Il est à noter que pour les textures lisse, et intermédiaire, l'écart entre les mesures est très faible, voir négligeable parfois (chiffres après la virgule), en cas de la couleur foncée.
- . Le point de mesure 'milieu' enregistre les plus grandes valeurs d'éclairage suivi du 'coté2' et en dernier 'coté1'.
- . La couleur foncée, fait baisser les niveaux d'éclairage enregistrés de plus de la moitié, comparée à la couleur claire, pour les mêmes textures.

2.1.1.2 Conclusion concernant l'éclairage:

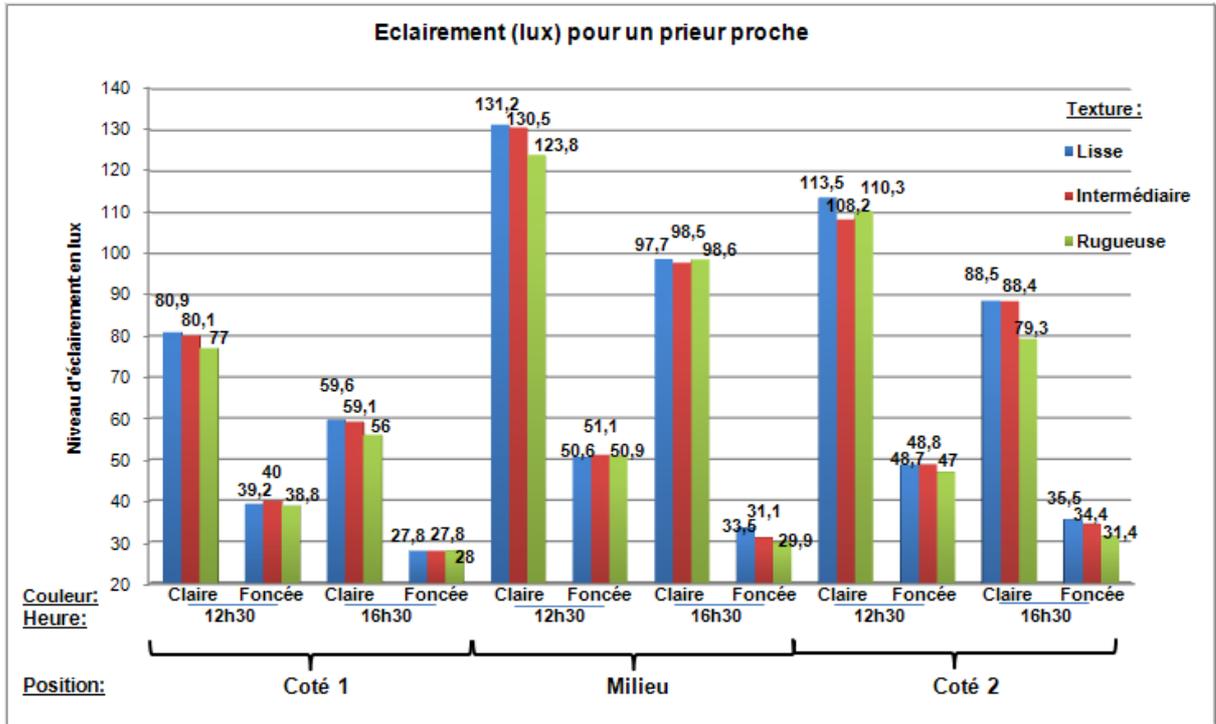


Figure 187 : Eclairage pour un prieur proche aux deux moments de la prière (couleur claire et foncée).

Source : Auteur

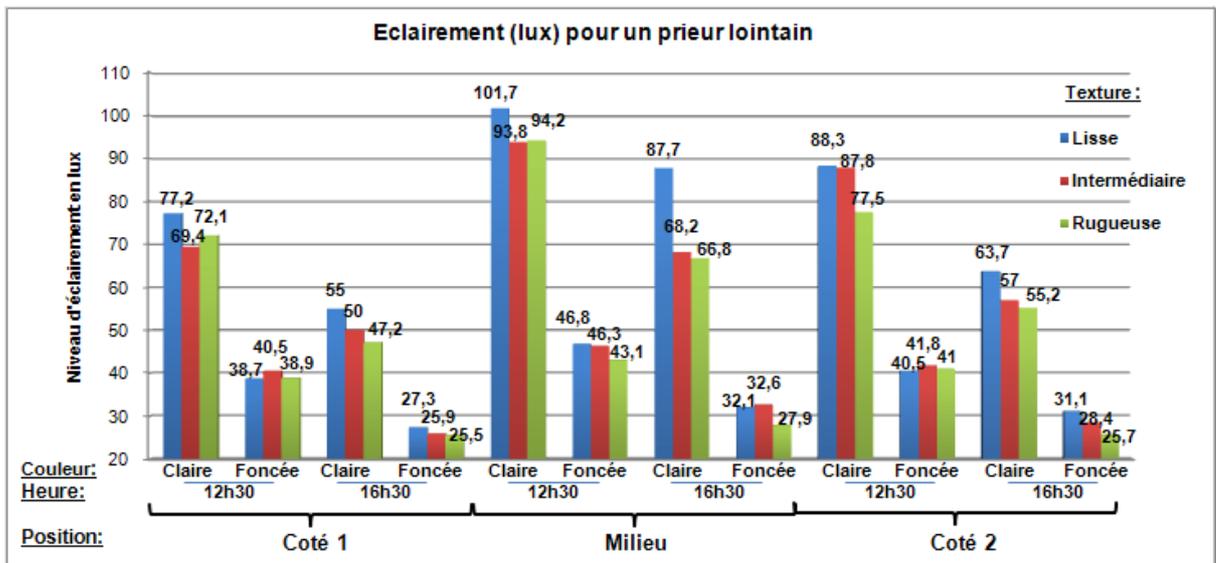


Figure 188 : Eclairage pour un prieur lointain aux deux moments de la prière (couleur claire et foncée).

Source : Auteur

La comparaison des niveaux d'éclairement enregistrés (Figure187, Figure188) nous fournit les renseignements suivants :

- . S'agissant de la couleur claire ou foncée des parois latérales, prieur proche ou lointain, au moment de la prière d'El-Dhohr comme El-Aasr, les niveaux d'éclairement culminants correspondent à la texture lisse puis à la texture intermédiaire pour atteindre enfin les bas niveaux en cas de texture rugueuse.
- . Les valeurs d'éclairement de la couleur claire sont doublement supérieures aux valeurs relatives à la couleur foncée.
- . Les niveaux d'éclairements enregistrés au moment de la prière d'El-Dhohr dépassent ceux enregistrés au moment de la prière d'El-Aasr de 20 lux environ.
- . Dans le cas de la couleur claire, les valeurs enregistrées, pour la texture lisse, sont généralement très proches de celles enregistrées pour la texture intermédiaire.
- . La variation, dans les valeurs d'éclairement enregistrées pour la couleur foncée au moment de la prière d'El-Aasr (16h30), est petite (valeurs très proche l'une de l'autres).
- . Il est à noter que toutes les valeurs enregistrées même la maximale 131,2 lux (prieur proche à 12h30 texture lisse couleur claire) restent inférieures au niveau recommandé pour une simple lecture.

### 2.1.1.3 Luminance:

#### 2.1.1.3.1 Couleur claire :

Couleur	Claire								
Texture	LISSE			INTERMEDIAIRE			RUGUEUSE		
12 30	MIN	MAX	MIN/MAX	MIN	MAX	MIN/MAX	MIN	MAX	MIN/MAX
Debout	11,966	1464,808	0,00816899	11,179	1464,945	0,007631	10,501	1458,569	0,0071995
Assis	11,858	1457,232	0,00813735	11,213	1457,055	0,007696	10,977	1460,002	0,0075185

Texture	LISSE			INTERMEDIAIRE			RUGUEUSE		
16 30	MIN	MAX	MIN/MAX	MIN	MAX	MIN/MAX	MIN	MAX	MIN/MAX
Debout	5,251	787,731	0,00666598	5,008	786,126	0,00637	4,966	786,1	0,0063173
Assis	5,362	565,591	0,00948035	5,155	564,605	0,00913	5,093	563,997	0,0090302

Tableau 9 : Luminance pour un prieur debout et assis aux deux moments de la prière (couleur claire).

Source : Auteur

#### 2.1.1.3.2 Couleur foncée :

Couleur	Claire								
Texture	LISSE			INTERMEDIAIRE			RUGUEUSE		
12 30	MIN	MAX	MIN/MAX	MIN	MAX	MIN/MAX	MIN	MAX	MIN/MAX
Debout	1,382	1032,775	0,00133814	5,261	1452,929	0,003621	5,439	1457,836	0,0037309
Assis	1,416	801,35	0,00176702	5,585	1453,901	0,003841	4,941	1442,384	0,0034256

Texture	LISSE			INTERMEDIAIRE			RUGUEUSE		
16 30	MIN	MAX	MIN/MAX	MIN	MAX	MIN/MAX	MIN	MAX	MIN/MAX
Debout	0,893	681,78	0,00130981	2,472	785,185	0,003148	2,416	781,347	0,0030921
Assis	0,917	460,209	0,00199257	2,392	561,944	0,004257	2,418	563,473	0,0042912

Tableau 10 : Luminance pour un prieur debout et assis aux deux moments de la prière (couleur foncée).

Source : Auteur

### 2.1.1.4 Conclusion concernant la luminance :

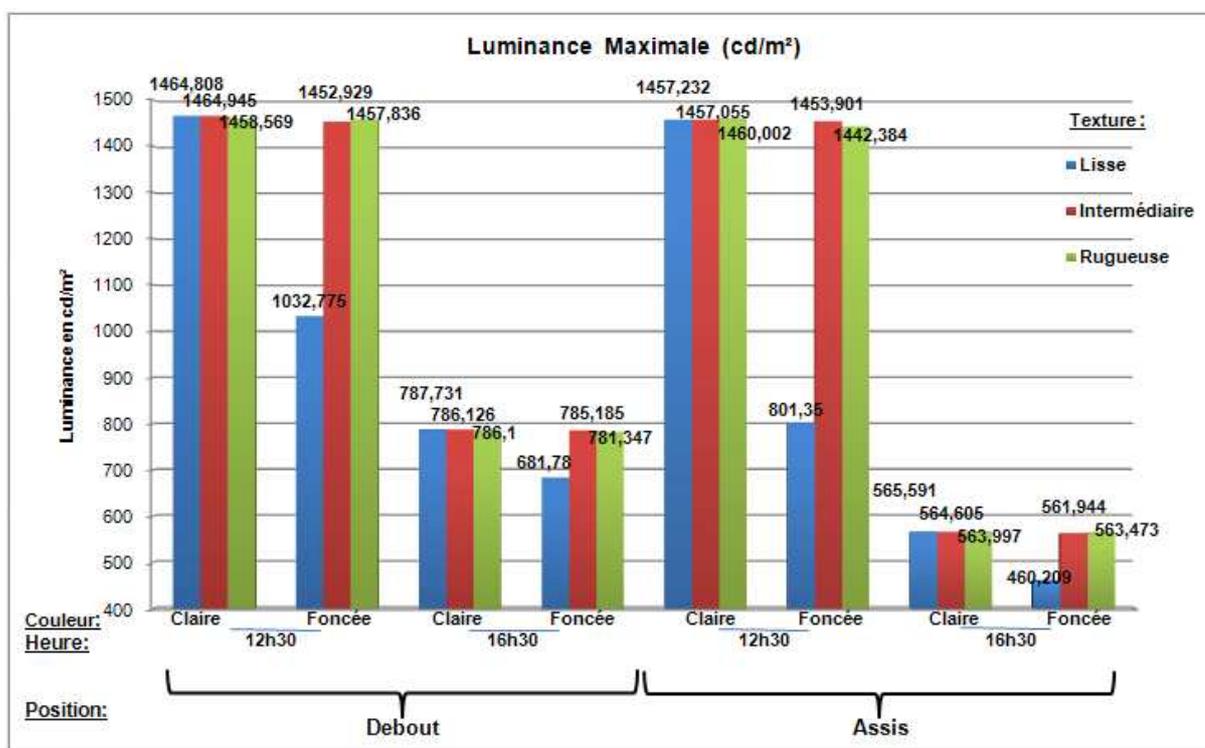


Figure 189 : Luminance maximale pour un prieur debout et assis aux deux moments de la prière (couleur claire et foncée).

Source : Auteur

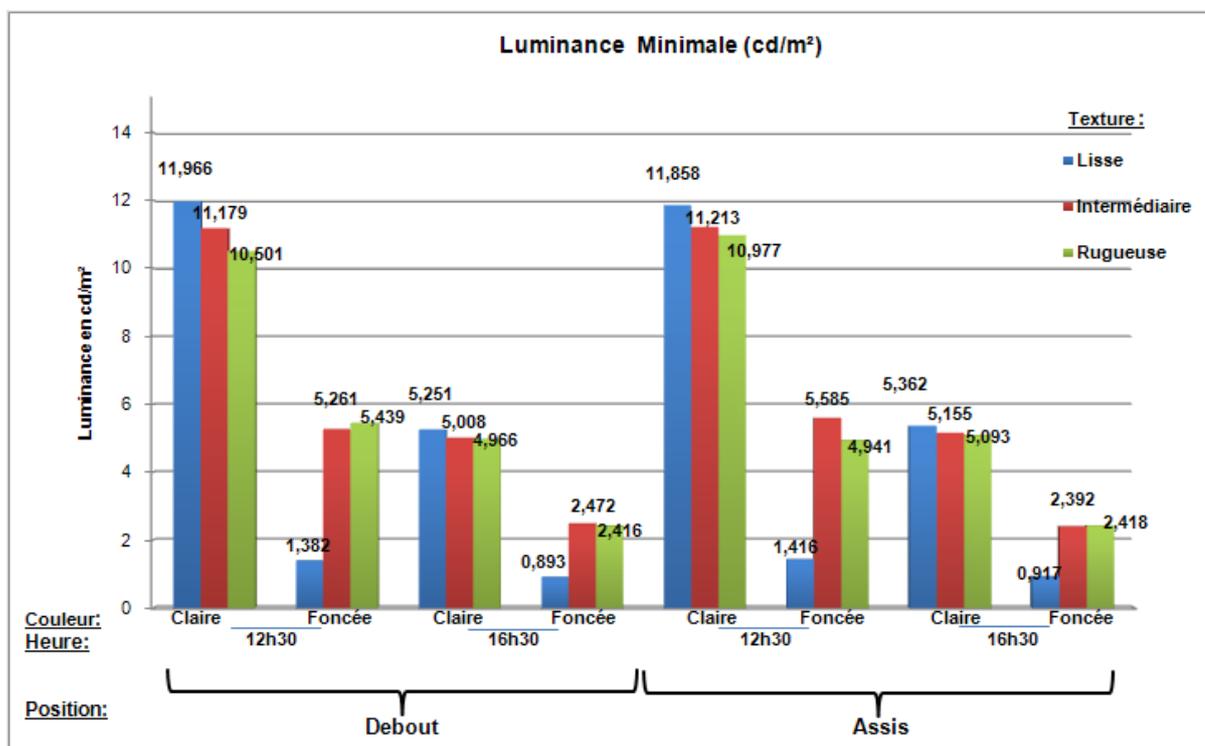


Figure 190 : Luminance minimale pour un prieur debout et assis aux deux moments de la prière (couleur claire et foncée).

Source : Auteur

La lecture faite des figures précédentes révèle ;

. Un très grand écart est enregistré (1450 cd/m<sup>2</sup> environ) entre les valeurs maximales et minimales de la luminance et ce pour toutes les textures, position debout comme assis, couleur claire comme foncée. On note que cet écart est divisé par trois ou presque au moment de la prière El-Aasr.

. De ce fait le calcul du rapport (luminance min / luminance max) donne des valeurs supérieures à 1/20 et forcément à 1/40, autrement dit supérieures aux niveaux recommandés.

. Les valeurs de luminance sont très proches les unes des autres, s'agissant de texture lisse, intermédiaire ou rugueuse dans le cas de la couleur claire, contrairement à la couleur foncée où on constate un écart plus grand entre les valeurs relatives à la texture lisse et à celles de la texture intermédiaire.

. Les plus grandes valeurs de la luminance sont enregistrées pour la texture lisse suivie de la texture intermédiaire et enfin de la texture rugueuse, dans le cas de la couleur claire. L'ordre est inversé entre la texture lisse et intermédiaire concernant la couleur foncée.

. Dans tous les cas la valeur de luminance maximale dépasse 500 cd/m<sup>2</sup> donnant ainsi des surfaces éblouissantes, exception faite dans le cas de texture lisse couleur foncée position assis à 16h30 où on enregistre une valeur maximale de luminance égale à 460,209 cd/m<sup>2</sup>.

## **2.1.2 Cas B :**

### **2.1.2.1 Eclaircissement :**

#### **2.1.2.1.1 Au moment de la prière d'El-Dhohr :**

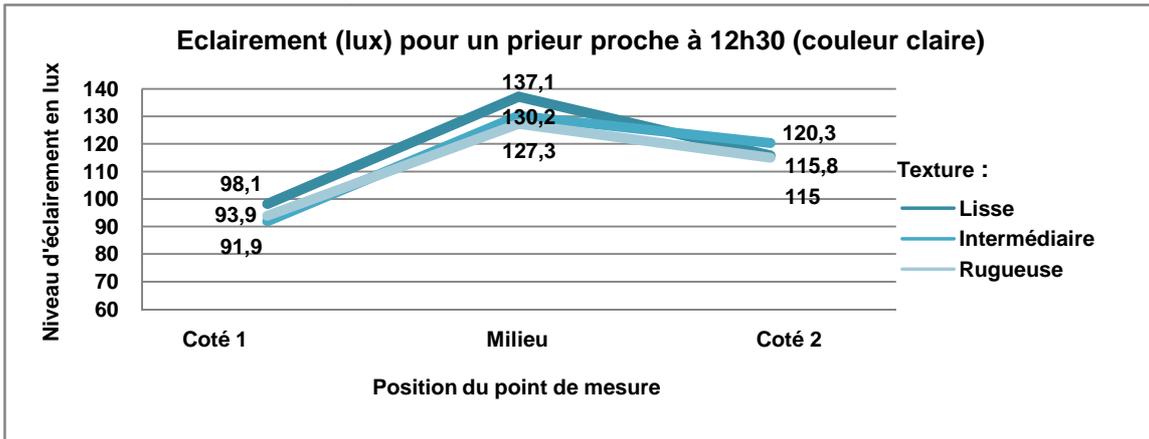


Figure 191 : Eclairage pour un prieur proche au moment de la prière d'El-Dhohr (couleur claire).

Source : Auteur

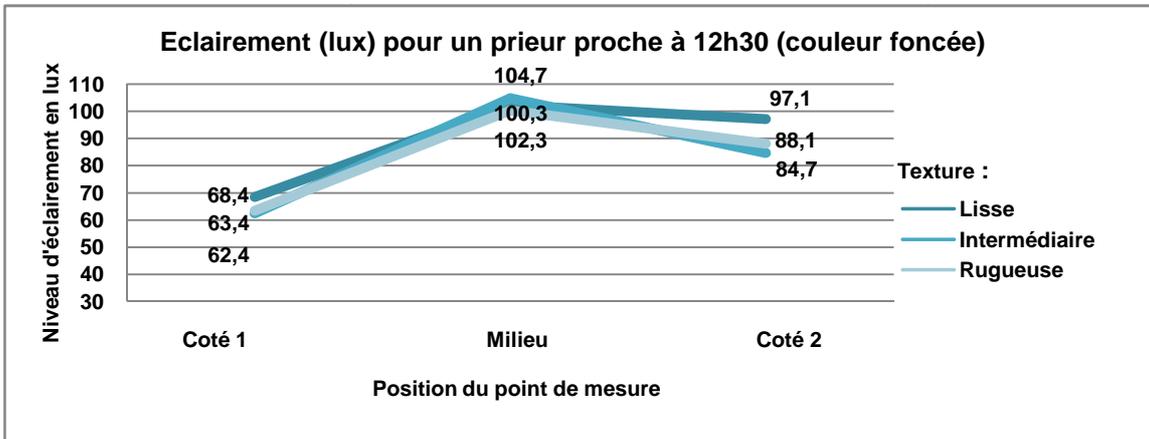


Figure 192 : Eclairage pour un prieur proche au moment de la prière d'El-Dhohr (couleur foncée).

Source : Auteur

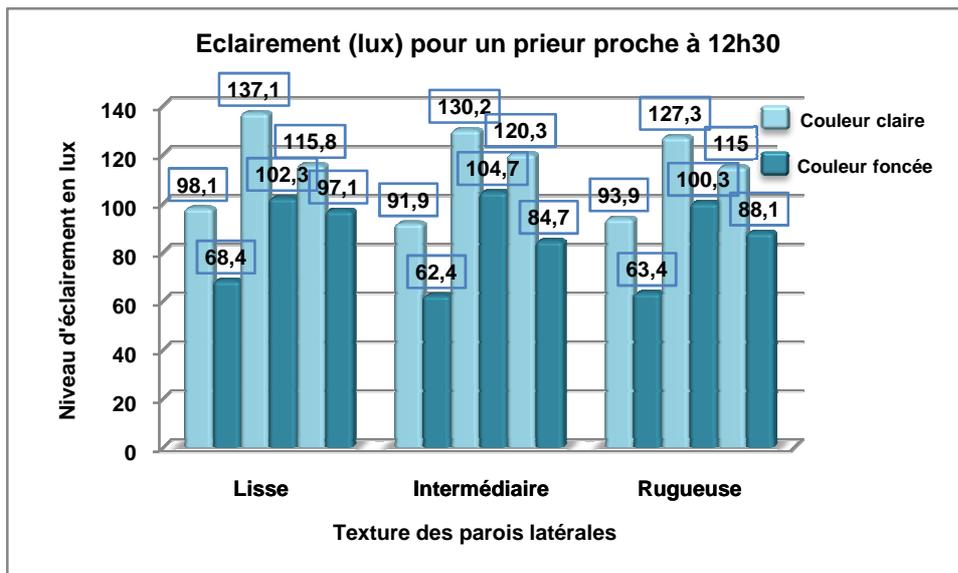


Figure 193 : Eclairage pour un prieur proche au moment de la prière d'El-Dhohr (couleur claire et foncée).

Source : Auteur

On remarque que pour un prieur proche ;

. Les textures lisse et intermédiaire donnent les plus grandes valeurs d'éclairément, suivies de la texture rugueuse.

. Il est à noter que pour les textures lisse et intermédiaire l'écart entre les mesures est très faible.

. Le point de mesure 'milieu' enregistre les plus grandes valeurs d'éclairément suivi du 'coté2' et en dernier 'coté1',

. La couleur foncée, fait baisser les niveaux d'éclairément enregistrés d'une trentaine de lux environ comparée à la couleur claire, pour les mêmes textures.

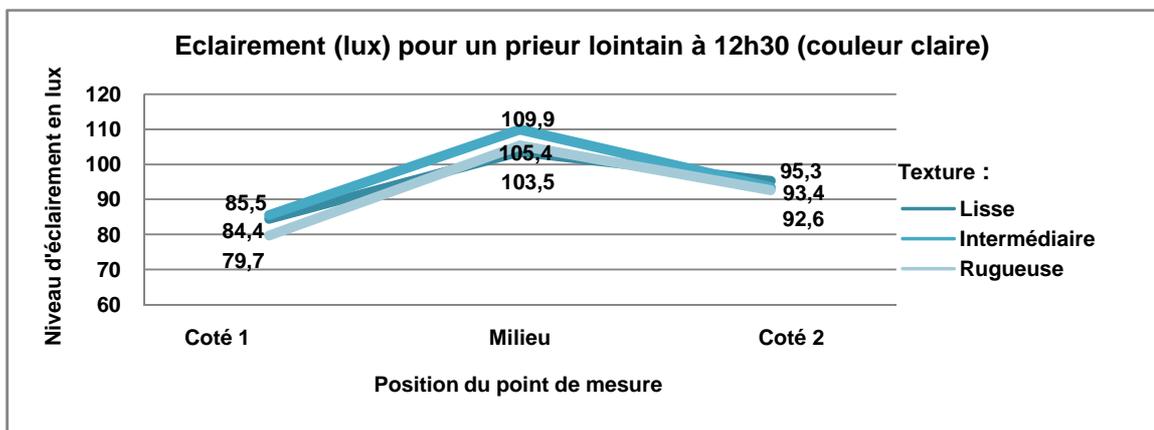


Figure 194 : Eclairément pour un prieur lointain au moment de la prière d'El-Dhohr (couleur claire).

Source : Auteur

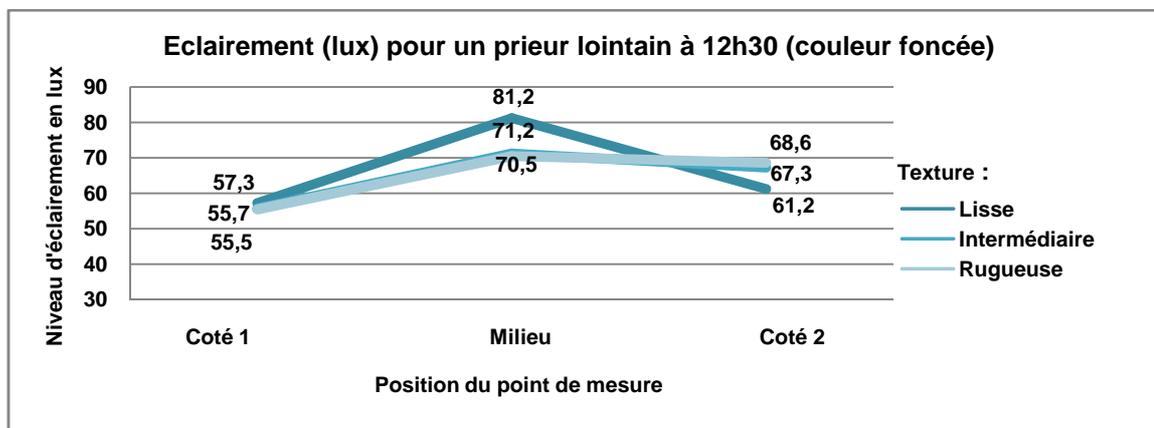


Figure 195 : Eclairément pour un prieur lointain au moment de la prière d'El-Dhohr (couleur foncée).

Source : Auteur

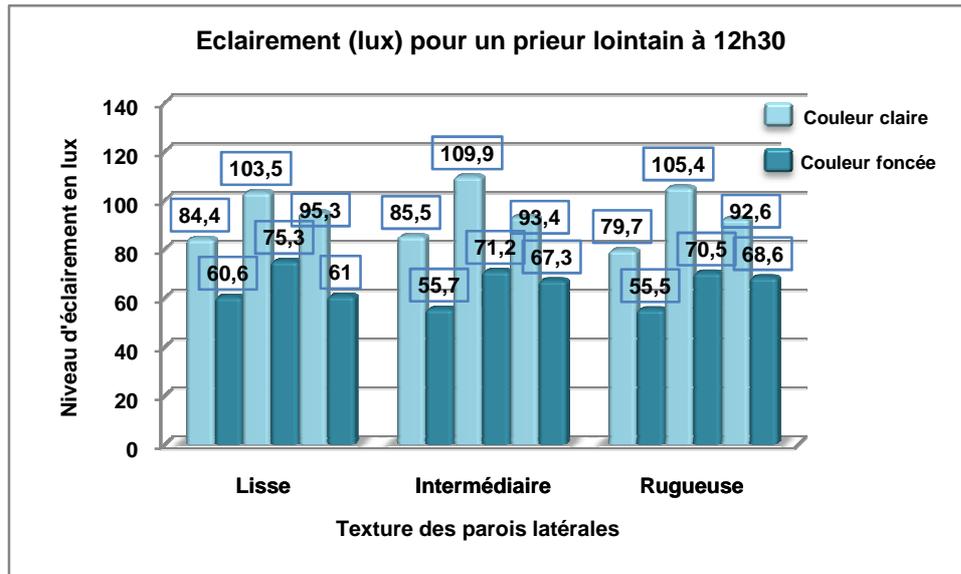


Figure 196 : Eclairage pour un prier lointain au moment de la prière d'El-Dhohr (couleur claire et foncée).

Source : Auteur

On remarque que pour un prier lointain ;

- . Les textures lisse et intermédiaire donnent les plus grandes valeurs d'éclairage, suivies de la texture rugueuse.
- . Il est à noter que pour les textures intermédiaire et rugueuse l'écart entre les valeurs d'éclairage est très faible concernant la couleur claire,
- . Le point de mesure 'milieu' enregistre les plus grandes valeurs d'éclairage suivi du 'coté2' et en dernier 'coté1',
- . La couleur foncée, fait baisser les niveaux d'éclairage enregistrés d'une vingtaine de lux environ relativement à la couleur claire, pour les mêmes textures.

2.1.2.1.2 Au moment de la prière d'El-Aasr :

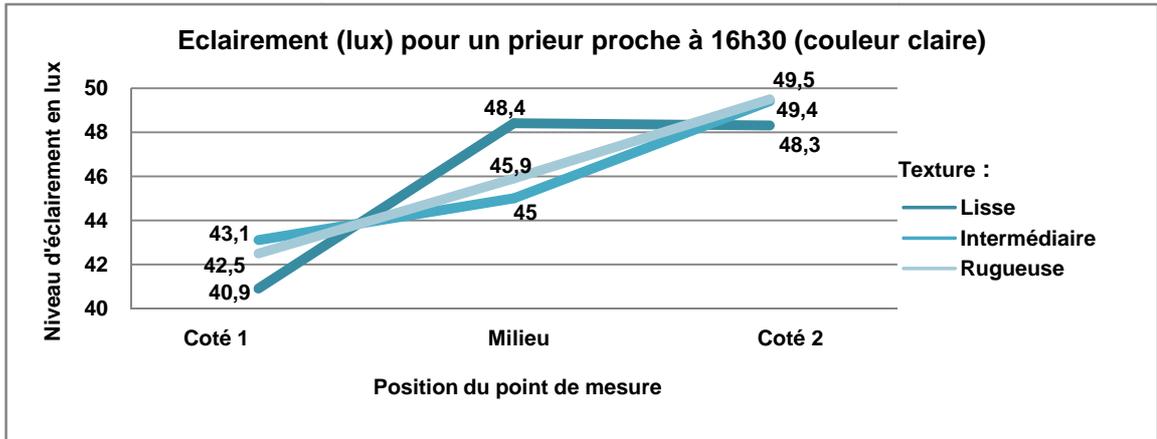


Figure 197 : Eclairage pour un prieur proche au moment de la prière d'El-Aasr (couleur claire).

Source : Auteur

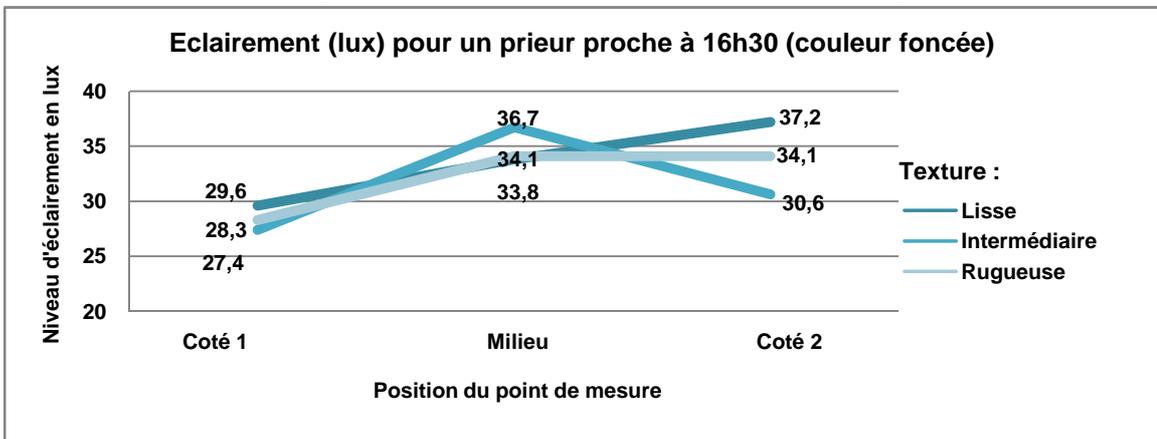


Figure 198 : Eclairage pour un prieur proche au moment de la prière d'El-Aasr (couleur foncée).

Source : Auteur

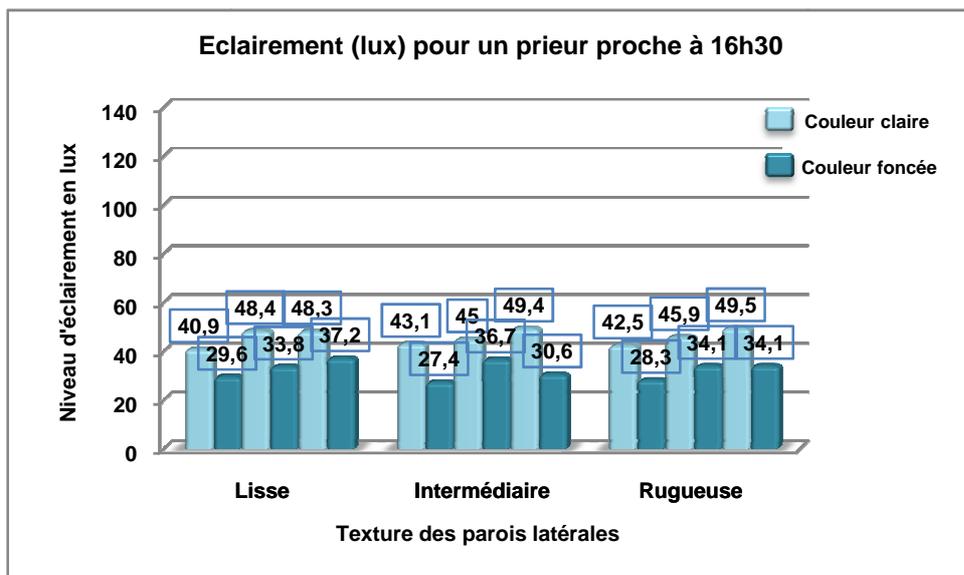


Figure 199 : Eclairage pour un prieur proche au moment de la prière d'El-Aasr (couleur claire et foncée).

Source : Auteur

On remarque que pour un prieur proche ;

. Dans le cas de la couleur claire, la texture lisse épouse une courbe aigue (grande différence entre les trois valeurs) comparée à la texture intermédiaire et rugueuse à valeurs très proches de l'une et de l'autre.

. Concernant la couleur foncée, c'est la texture intermédiaire qui se présente sous forme d'une courbe aigue, cependant les textures lisse et rugueuse manifestent la même tendance avec des valeurs très rapprochées.

. Contrairement aux situations précédentes, le point de mesure 'coté2' enregistre les plus grandes valeurs d'éclairément suivi du 'milieu' et en dernier 'coté1', exception faite dans le cas de la texture intermédiaire.

. La couleur foncée, fait baisser les niveaux d'éclairément enregistrés d'une dizaine de lux comparée à la couleur claire, pour les même s textures.

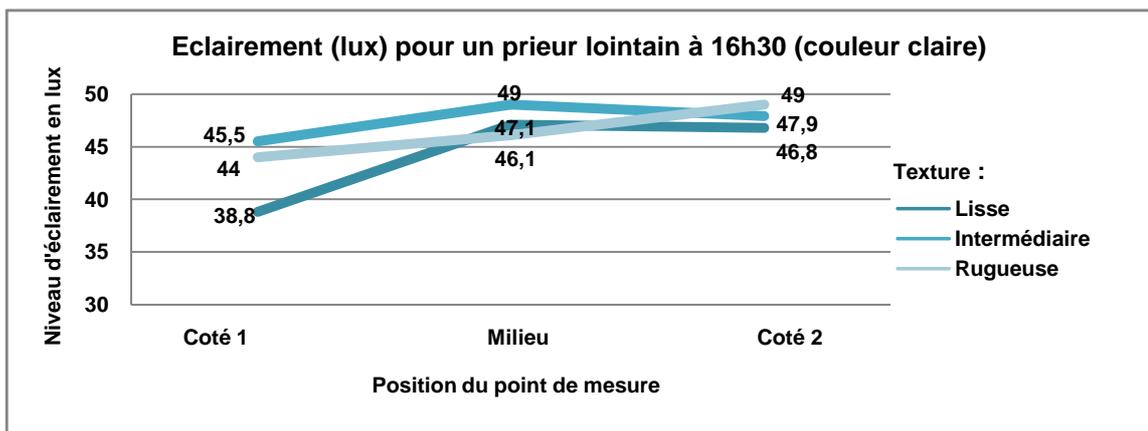


Figure 200 : Eclairément pour un prieur lointain au moment de la prière d'El-Aasr (couleur claire).

Source : Auteur

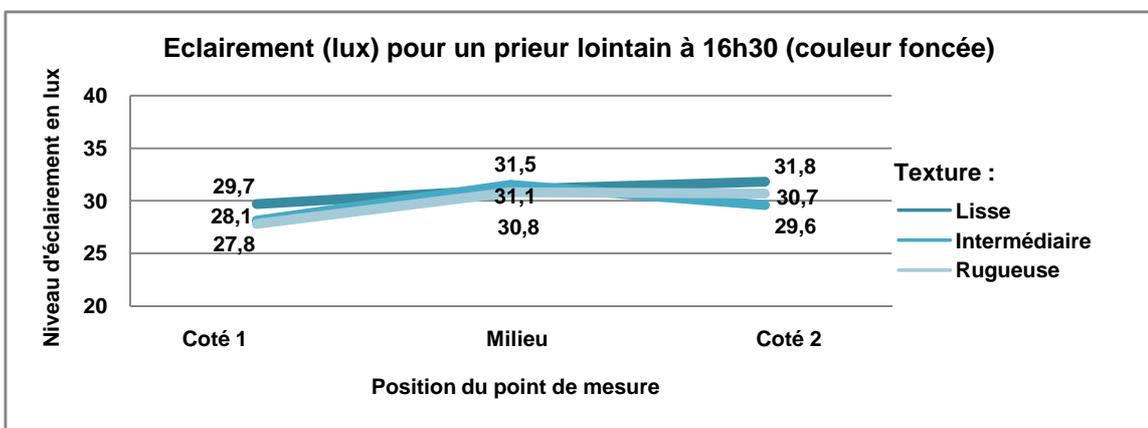


Figure 201 : Eclairément pour un prieur lointain au moment de la prière d'El-Aasr (couleur foncée).

Source : Auteur

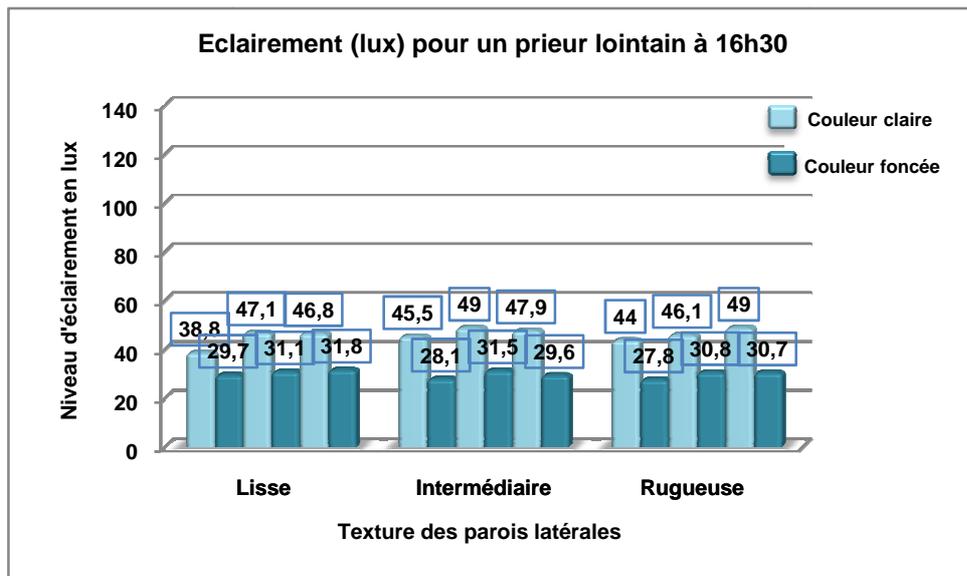


Figure 202 : Eclairage pour un prieur lointain au moment de la prière d'El-Aasr (couleur claire et foncée).

Source : Auteur

On remarque que pour un prieur lointain ;

. La texture lisse donne les plus grandes valeurs d'éclairage, suivie des textures intermédiaire et rugueuse, exception faite du cas de la texture rugueuse texture claire.

. Le point de mesure 'milieu' enregistre les plus grandes valeurs d'éclairage suivi du 'coté2' et en dernier 'coté1', cet ordre est rompu dans le cas de la texture rugueuse claire et lisse foncée.

. La couleur foncée, fait baisser les niveaux d'éclairage enregistrés de presque plus d'une vingtaine de lux comparée à la couleur claire, pour les mêmes textures.

2.1.2.2 Conclusion concernant l'éclairéement :

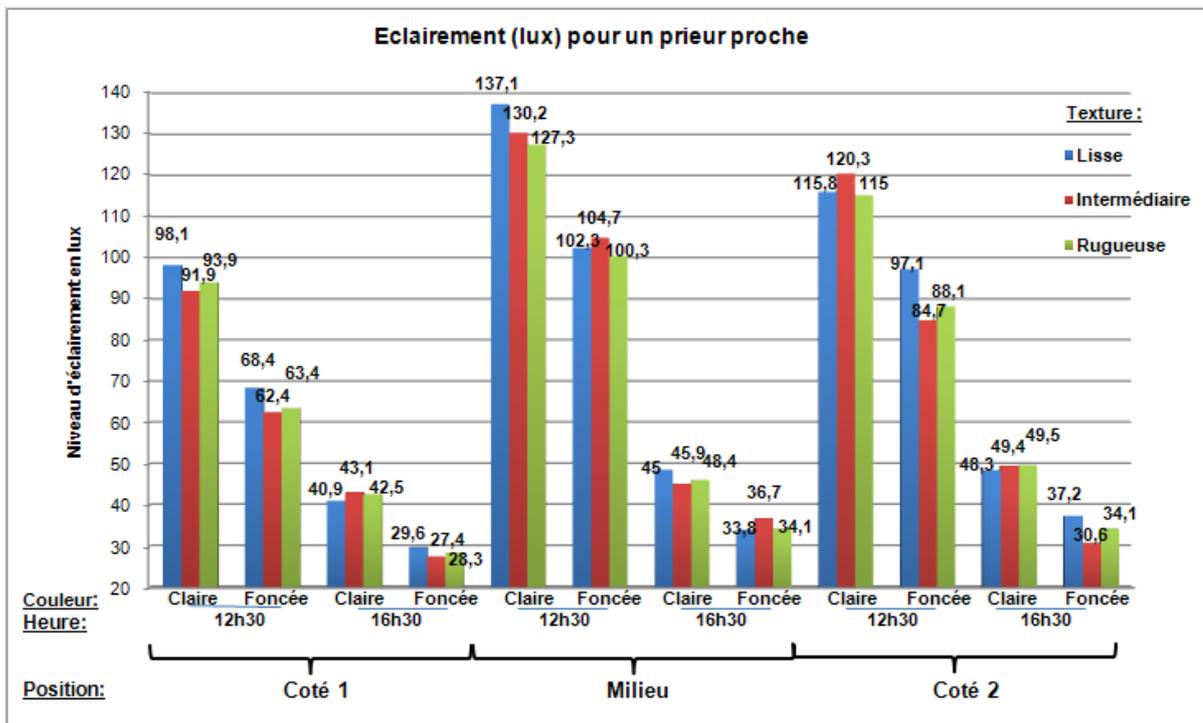


Figure 203 : Eclairéement pour un prieur proche aux deux moments de la prière (couleur claire et foncée).

Source : Auteur

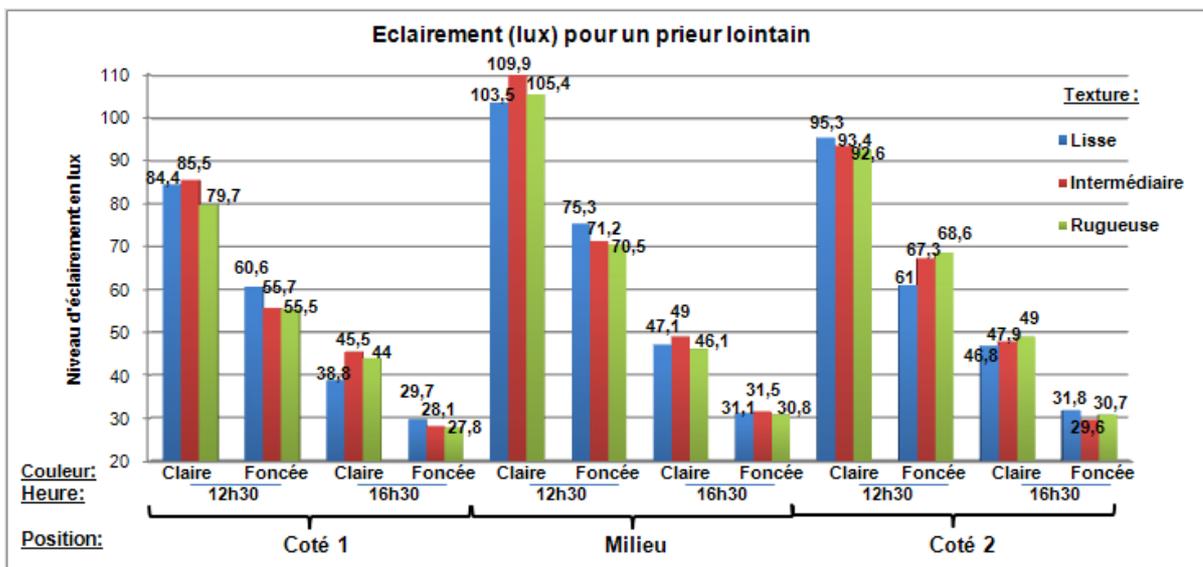


Figure 204 : Eclairéement pour un prieur lointain aux deux moments de la prière (couleur claire et foncée).

Source : Auteur

La comparaison des niveaux d'éclairement enregistrés (Figure203, Figure204) nous donne les renseignements suivants :

- . S'agissant de la couleur claire ou foncée des parois latérales, position debout ou assis du prier, au moment de la prière d'El-Dhohr comme El-Aasr, les niveaux d'éclairement les plus élevés sont généralement partagés entre la texture lisse et intermédiaire pour atteindre les plus basses valeurs dans le cas de la texture rugueuse.
- . Les valeurs d'éclairement de la couleur claire sont supérieures d'environ 20 lux, aux valeurs concordantes à la couleur foncée.
- . Les niveaux d'éclairements enregistrés au moment de la prière d'El-Dhohr dépassent ceux enregistrés au moment de la prière d'El-Aasr de 20 lux environ.
- . Il est à noter que toutes les valeurs enregistrées même la maximale 137,1 lux (prier proche à 12h30 texture lisse couleur claire) restent inférieures au niveau recommandé pour une simple lecture.

### 2.1.2.3 Luminance:

#### 2.1.2.3.1 Couleur claire :

Couleur	Claire								
Texture	LISSE			INTERMEDIAIRE			RUGUEUSE		
12 30	MIN	MAX	MIN/MAX	MIN	MAX	MIN/MAX	MIN	MAX	MIN/MAX
Debout	3,824	1047,517	0,00365054	13,732	2107,194	0,0065167	12,183	2106,3	0,0057840
Assis	4,51	801,191	0,00562912	14,661	2096,651	0,0069925	14,51	2096,2	0,0069220

Texture	LISSE			INTERMEDIAIRE			RUGUEUSE		
16 30	MIN	MAX	MIN/MAX	MIN	MAX	MIN/MAX	MIN	MAX	MIN/MAX
Debout	2,717	695,134	0,0039086	6,517	787,837	0,0082722	6,786	786,08	0,0086327
Assis	3,049	461,884	0,00660122	6,977	564,256	0,0123645	6,195	562,98	0,0110034

Tableau 11 : Luminance pour un prieur debout et assis aux deux moments de la prière (couleur claire).

Source : Auteur

#### 2.1.2.3.2 Couleur foncée :

Couleur	Claire								
Texture	LISSE			INTERMEDIAIRE			RUGUEUSE		
12 30	MIN	MAX	MIN/MAX	MIN	MAX	MIN/MAX	MIN	MAX	MIN/MAX
Debout	1,743	1000,898	0,00174144	6,488	2088,002	0,0031072	6,065	2093,292	0,0028973
Assis	1,792	799,091	0,00224255	6,071	2087,382	0,0029084	6,367	2091,291	0,0030445

Texture	LISSE			INTERMEDIAIRE			RUGUEUSE		
16 30	MIN	MAX	MIN/MAX	MIN	MAX	MIN/MAX	MIN	MAX	MIN/MAX
Debout	1,047	654,173	0,00160049	2,606	788,023	0,0033070	2,498	785,125	0,0031816
Assis	1,128	456,937	0,00246861	2,776	564,861	0,0049144	2,765	563,764	0,0049045

Tableau 12 : Luminance pour un prieur debout et assis aux deux moments de la prière (couleur foncée).

Source : Auteur

2.1.2.4 Conclusion concernant la luminance :

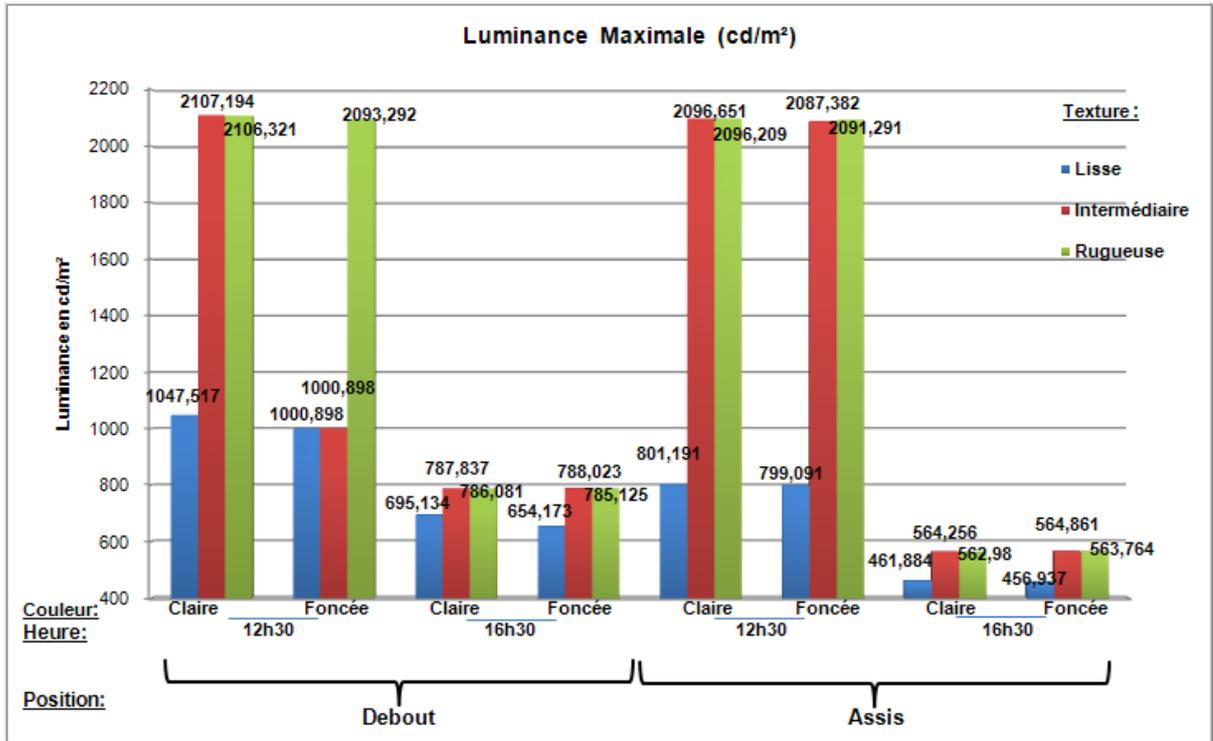


Figure 205 : Luminance maximale pour un prieur debout et assis aux deux moments de la prière (couleur claire et foncée).

Source : Auteur

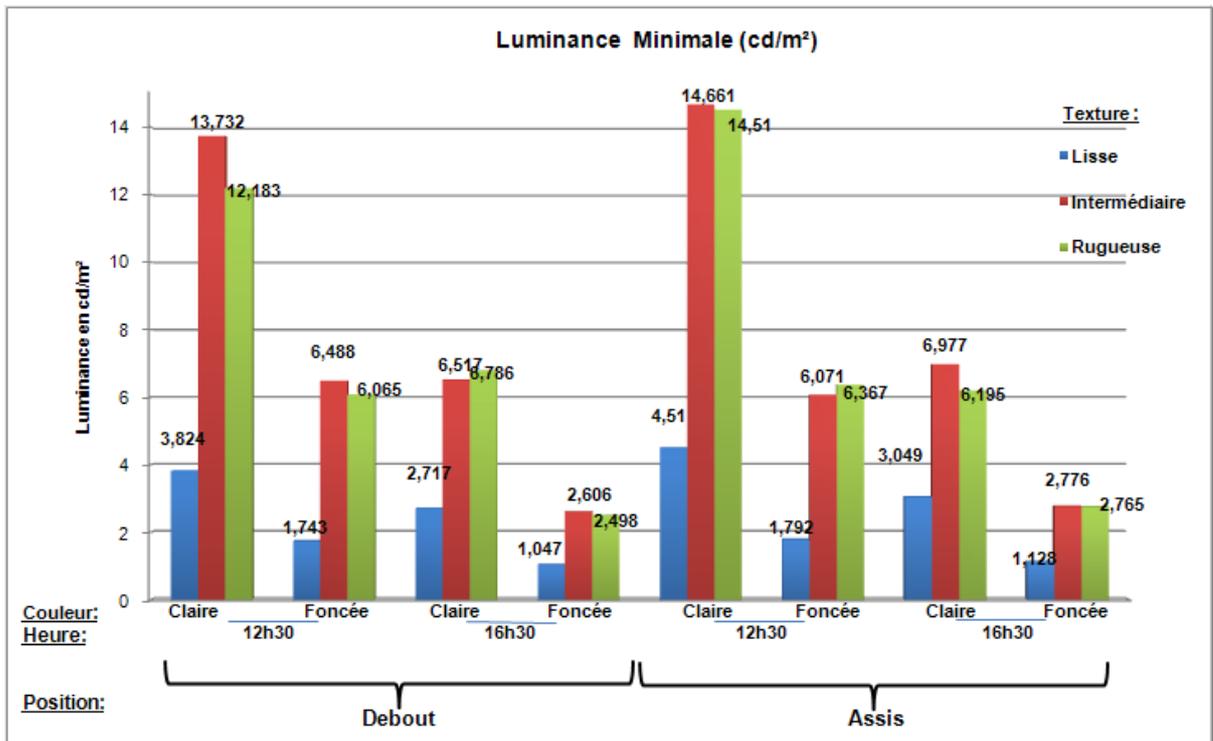


Figure 206 : Luminance minimale pour un prieur debout et assis aux deux moments de la prière (couleur claire et foncée).

Source : Auteur

La lecture faite des figures précédentes révèle ;

. Un très grand écart est enregistré (environ 2090 cd/m<sup>2</sup>) entre les valeurs maximales et minimales de la luminance et ce pour toutes les textures, position debout comme assis, couleur claire comme foncée, on note que cet écart est divisé par quatre ou presque au moment de la prière El-Aasr (jusqu'à 450 cd/m<sup>2</sup>).

. De ce fait le calcul du rapport (luminance min / luminance max) donne des valeurs supérieures à 1/20 et forcément à 1/40, autrement dit supérieures aux niveaux recommandés.

. Les valeurs de luminance sont généralement très proches l'une de l'autre s'agissant des textures intermédiaire et rugueuse, contrairement à la texture lisse très contrastée de ces deux dernières.

. Les valeurs les plus grandes de la luminance sont généralement enregistrées pour la texture intermédiaire suivie de la texture rugueuse et enfin de la texture lisse.

. Dans tous les cas la valeur de luminance maximale dépasse 500 cd/m<sup>2</sup> donnant ainsi des surface éblouissantes, exception faite du cas de la texture lisse couleur claire et couleur foncée position assis à 16h30 où enregistre des valeurs maximales de luminance égales à 461,884 et 456,937 cd/m<sup>2</sup>.

### **2.1.3 Cas C :**

#### **2.1.3.1 Éclairément :**

##### **2.1.3.1.1 Au moment de la prière d'El-Dhohr:**

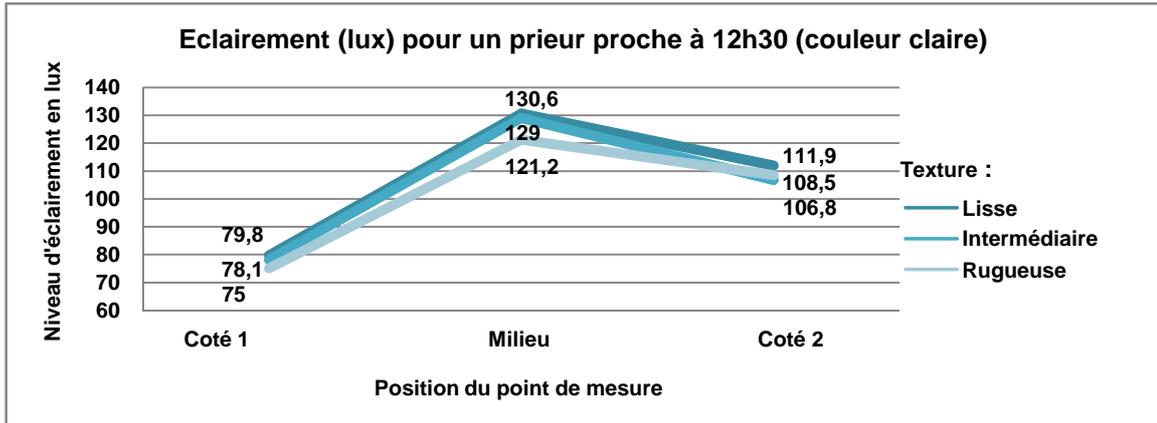


Figure 207 : Eclairage pour un prieur proche au moment de la prière d'El-Dohr (couleur claire).

Source : Auteur

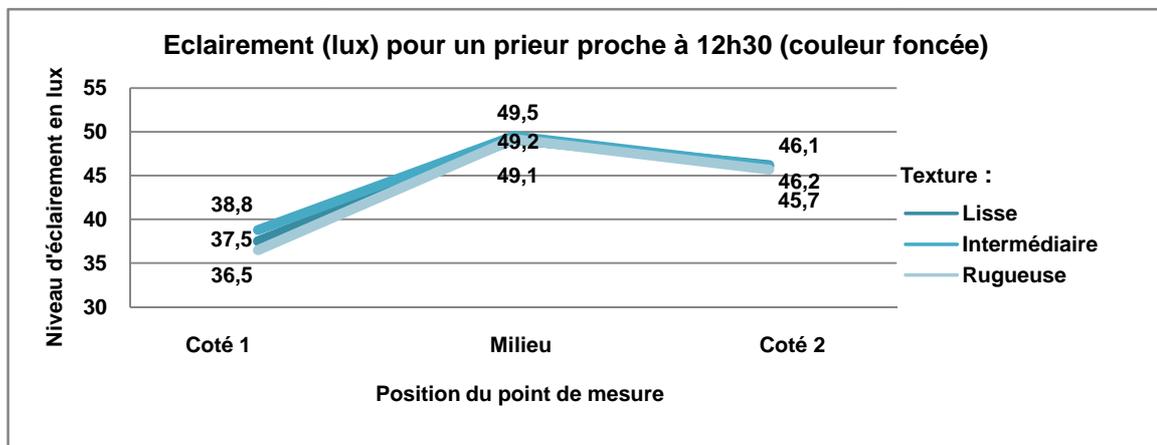


Figure 208 : Eclairage pour un prieur proche au moment de la prière d'El-Dohr (couleur foncée).

Source : Auteur

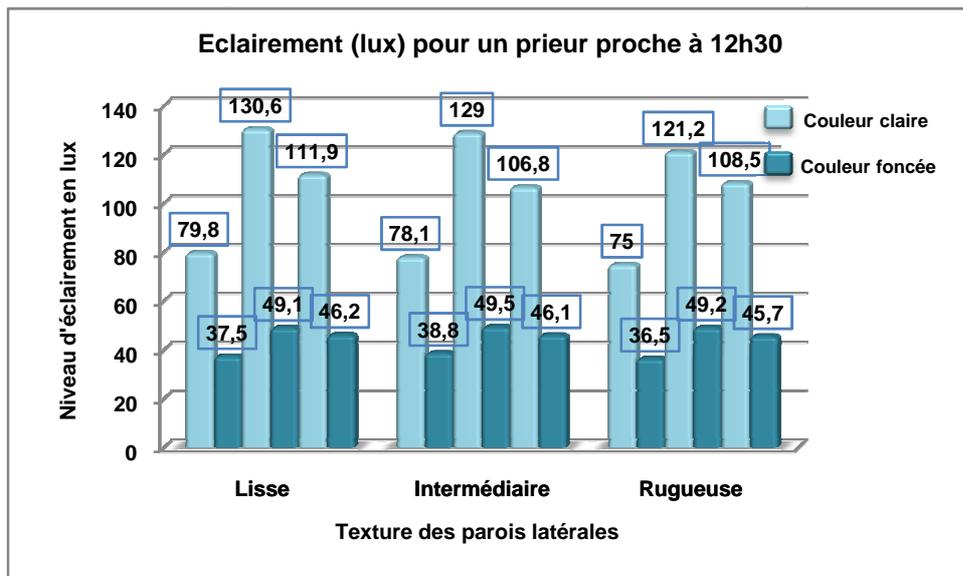


Figure 209 : Eclairage pour un prieur proche au moment de la prière d'El-Dohr (couleur claire et foncée).

Source : Auteur

On remarque que pour un prieur proche ;

. Les valeurs maximales d'éclairage correspondent aux textures lisse et intermédiaire, suivies de la texture rugueuse.

. Un écart minime est remarqué pour la texture lisse et intermédiaire, parfois même négligeable (chiffres après la virgule).

. Le point de mesure 'milieu' enregistre les plus grandes valeurs d'éclairage suivi du 'coté2' et en dernier 'coté1',

. La couleur foncée, fait baisser les niveaux d'éclairage enregistrés de plus de la moitié comparée à la couleur claire, pour les mêmes textures.

. Il est à préciser que pour la couleur foncée l'écart entre les valeurs d'éclairage est moins important d'un point de mesure à l'autre, et d'une texture à une autre.

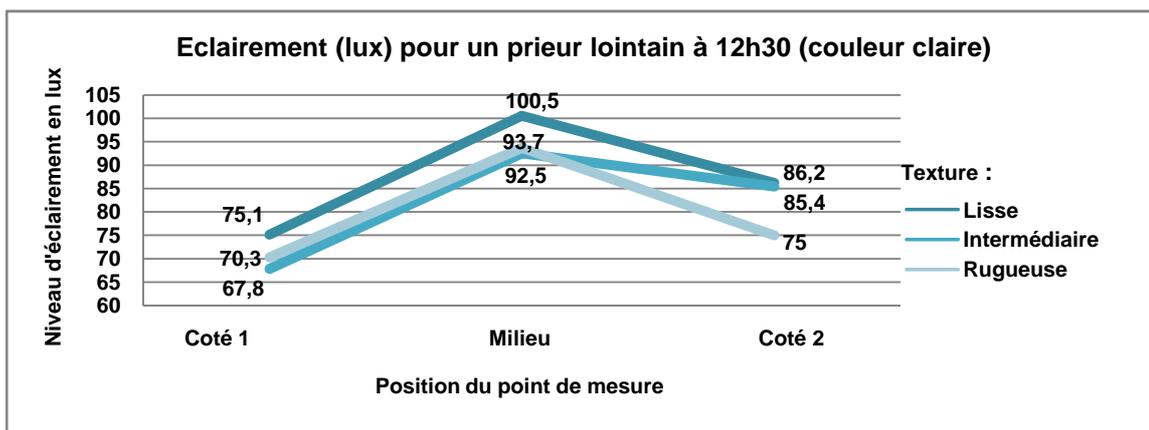


Figure 210 : Eclairage pour un prieur lointain au moment de la prière d'El-Dhohr (couleur claire).

Source : Auteur

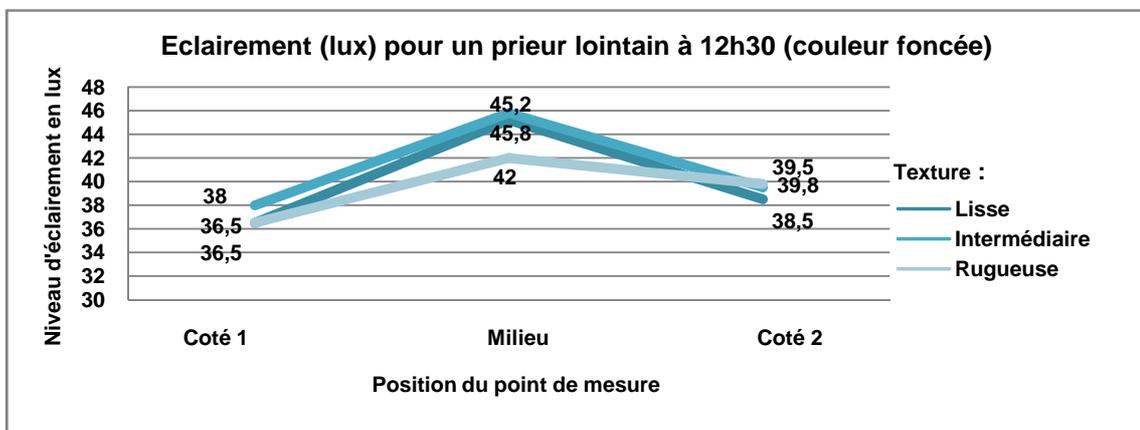
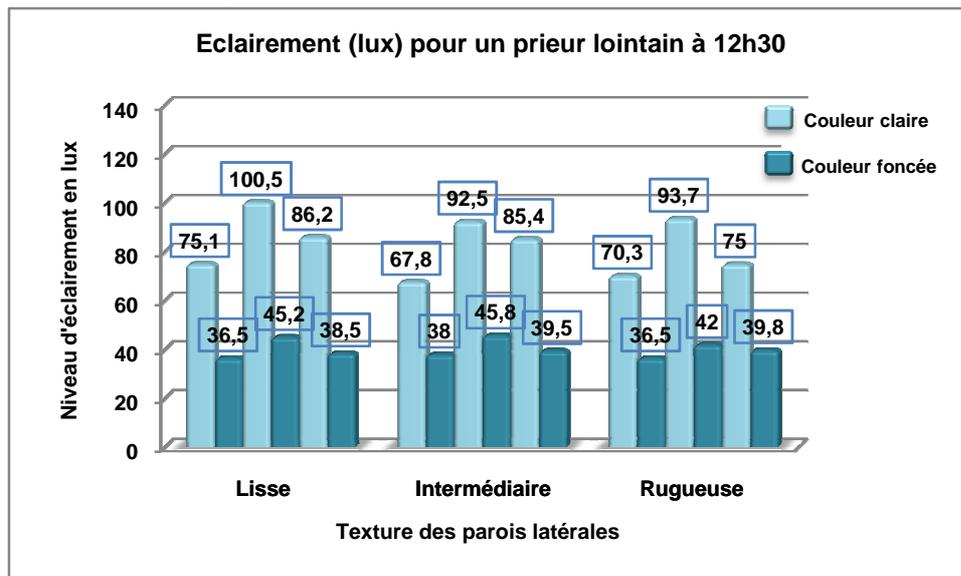


Figure 211 : Eclairage pour un prieur lointain au moment de la prière d'El-Dhohr (couleur foncée).

Source : Auteur



**Figure 212 :** Eclairage pour un prieur lointain au moment de la prière d'El-Dhohr (couleur claire et foncée).

**Source :** Auteur

On remarque que pour un prieur lointain ;

. Les textures lisse et intermédiaire génèrent les plus grandes valeurs d'éclairage, suivies de la texture rugueuse.

. Il est à noter que pour les textures intermédiaire et rugueuse l'écart entre les valeurs d'éclairage est très faible concernant la couleur claire,

. Et pour les textures lisse et intermédiaire l'écart entre les valeurs d'éclairage mesurés et très faible, voir insignifiant parfois (chiffres après la virgule) et cela en cas de couleur foncée.

. Le point de mesure 'milieu' enregistre les plus grandes valeurs d'éclairage suivi du 'coté2' et en dernier 'coté1',

. La couleur foncée, à pour effet de faire baisser les niveaux d'éclairage enregistrés de plus de la moitié, comparée à la couleur claire, pour les mêmes textures.

2.1.3.1.2 Au moment de la prière d'El-Aasr :

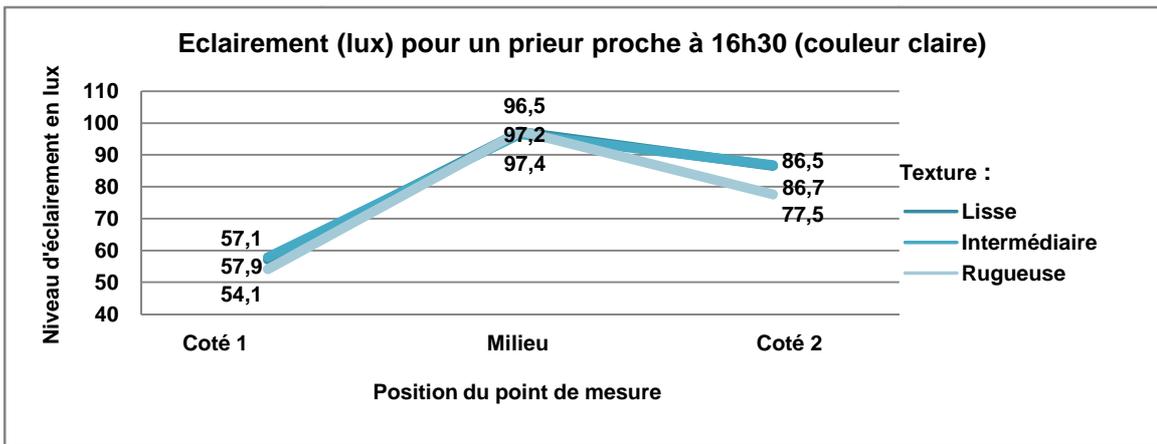


Figure 213 : Eclairage pour un prieur proche au moment de la prière d'El-Aasr (couleur claire).

Source : Auteur

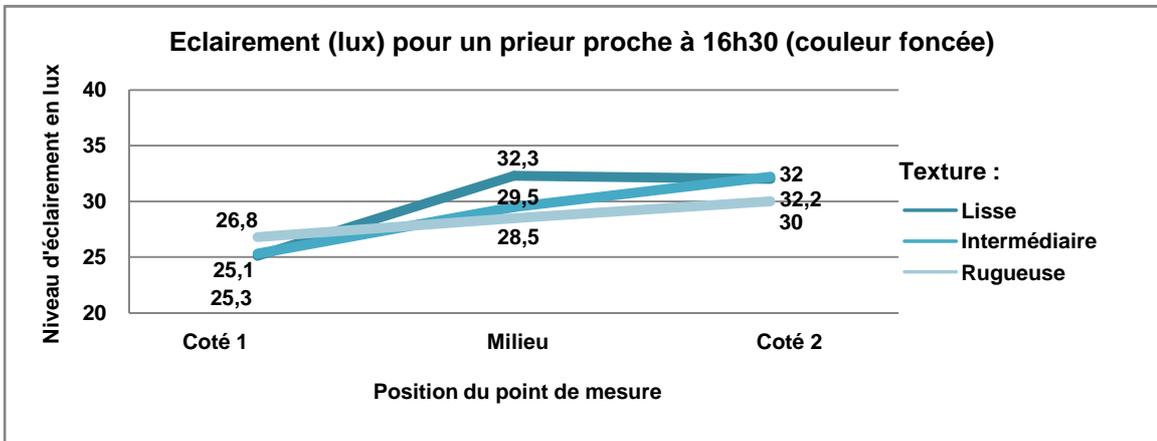


Figure 214 : Eclairage pour un prieur proche au moment de la prière d'El-Aasr (couleur foncée).

Source : Auteur

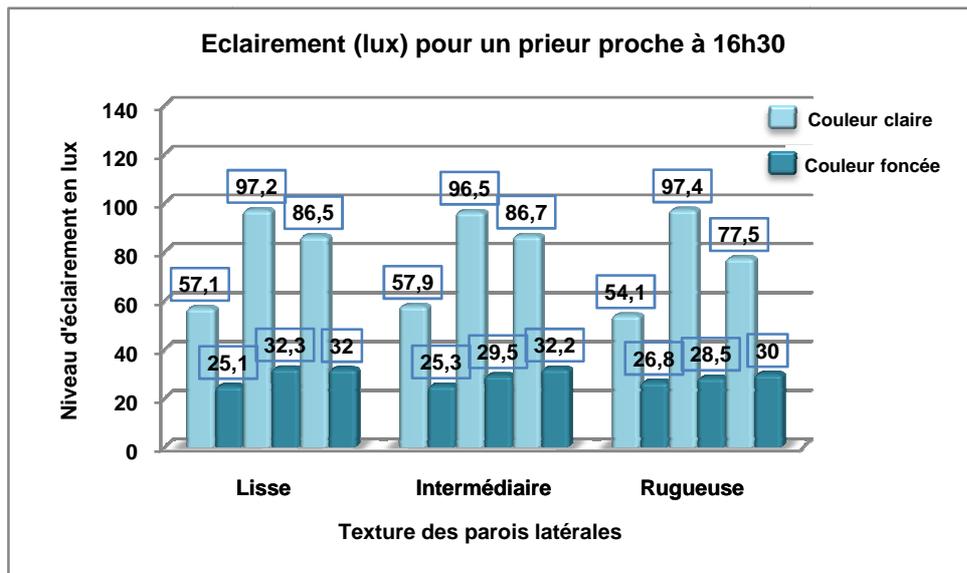


Figure 215 : Eclairage pour un prieur proche au moment de la prière d'El-Aasr (couleur claire et foncée).

Source : Auteur

On remarque que pour un prieur proche ;

. Les textures lisse et intermédiaire correspondent aux valeurs culminantes d'éclairément, suivies de la texture rugueuse.

. En cas de couleur claire, l'écart entre les valeurs d'éclairément relativement aux textures intermédiaire et lisse est très faible,

. Le point de mesure 'milieu' enregistre les plus grandes valeurs d'éclairément suivi du 'coté2' et en dernier 'coté1', exception faite dans le cas de la couleur foncée.

. La couleur foncée, fait baisser les niveaux d'éclairément enregistrés de plus de la moitié, comparée à la couleur claire, pour les mêmes textures.

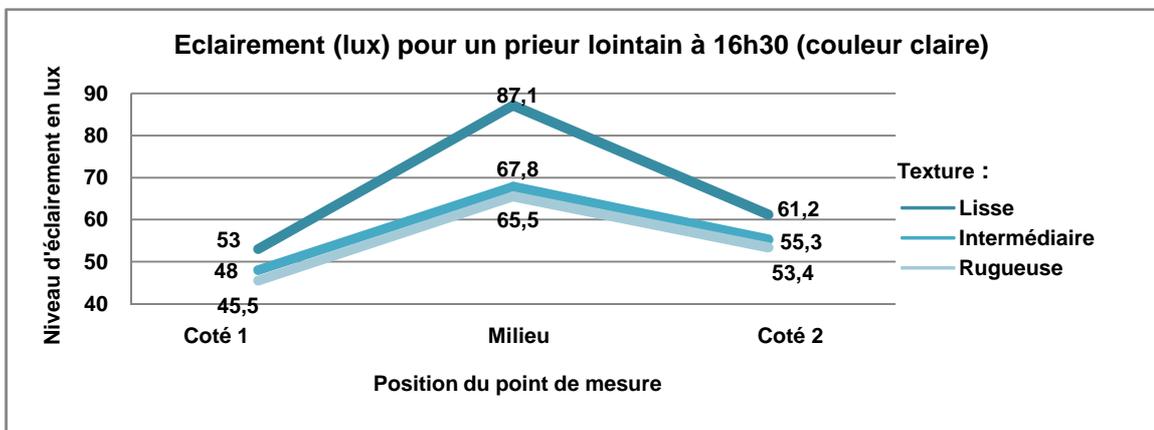


Figure 216 : Eclairément pour un prieur lointain au moment de la prière d'El-Aasr (couleur claire).

Source : Auteur

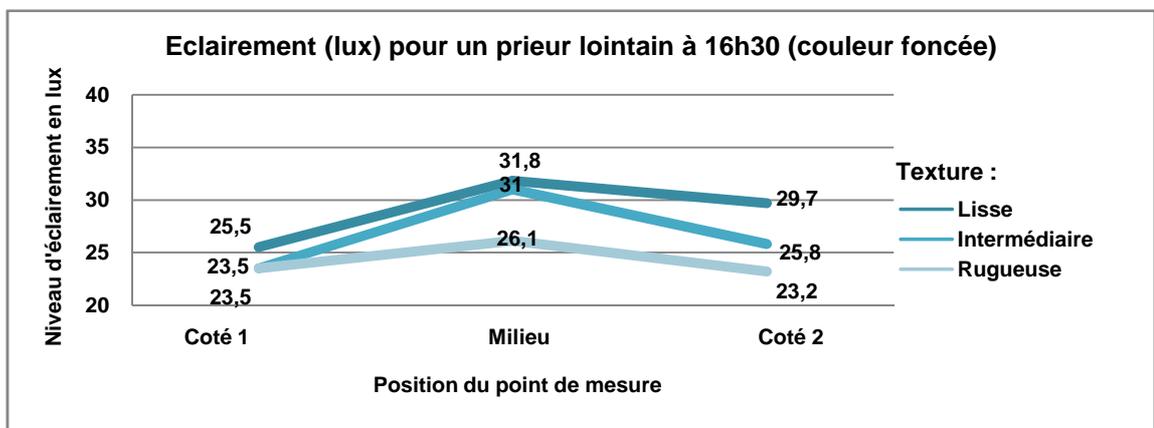
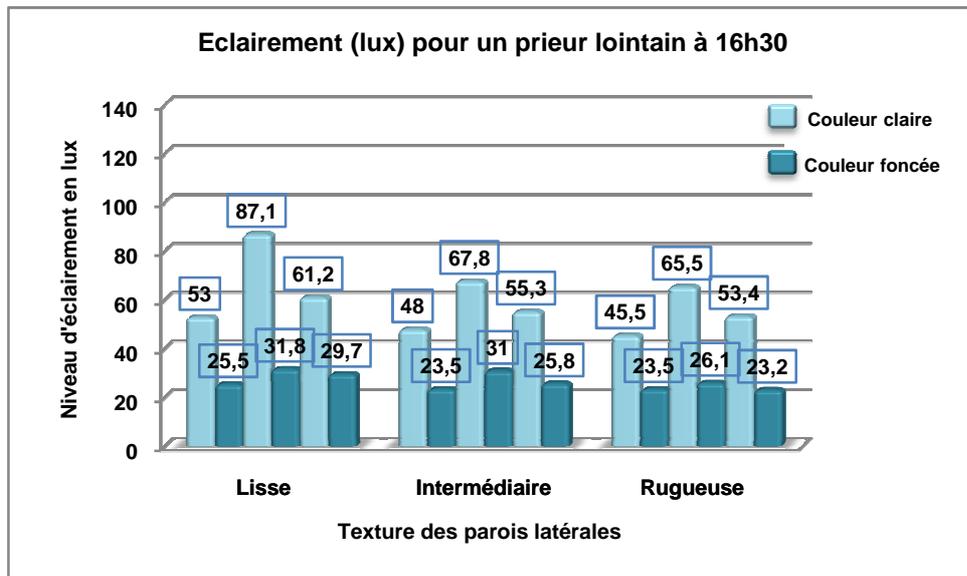


Figure 217 : Eclairément pour un prieur lointain au moment de la prière d'El-Aasr (couleur foncée).

Source : Auteur



**Figure 218 :** Eclairage pour un prieur lointain au moment de la prière d'El-Aasr (couleur claire et foncée).

**Source :** Auteur

On remarque que pour un prieur lointain ;

. Cette fois c'est la texture lisse seulement qui correspond aux valeurs culminantes d'éclairage, suivie des textures intermédiaire et rugueuse.

. Dans le cas de la couleur claire, l'écart entre les valeurs d'éclairage est grand entre d'une part la texture lisse et d'autre part les textures intermédiaire et d'autre part rugueuse qui à leur tour affichent des valeurs très proches.

. Il est à noter que pour les textures lisse et intermédiaire l'écart entre les mesures est très faible, voir insignifiant parfois (chiffres après la virgule), le cas de la couleur foncée.

. Le point de mesure 'milieu' enregistre les plus grandes valeurs d'éclairage suivi du 'coté2' et en dernier 'coté1',

. Les niveaux d'éclairage correspondant à la couleur foncée, sont divisés par deux comparés à ceux relatifs à la couleur claire.

2.1.3.2 Conclusion concernant l'éclairage:

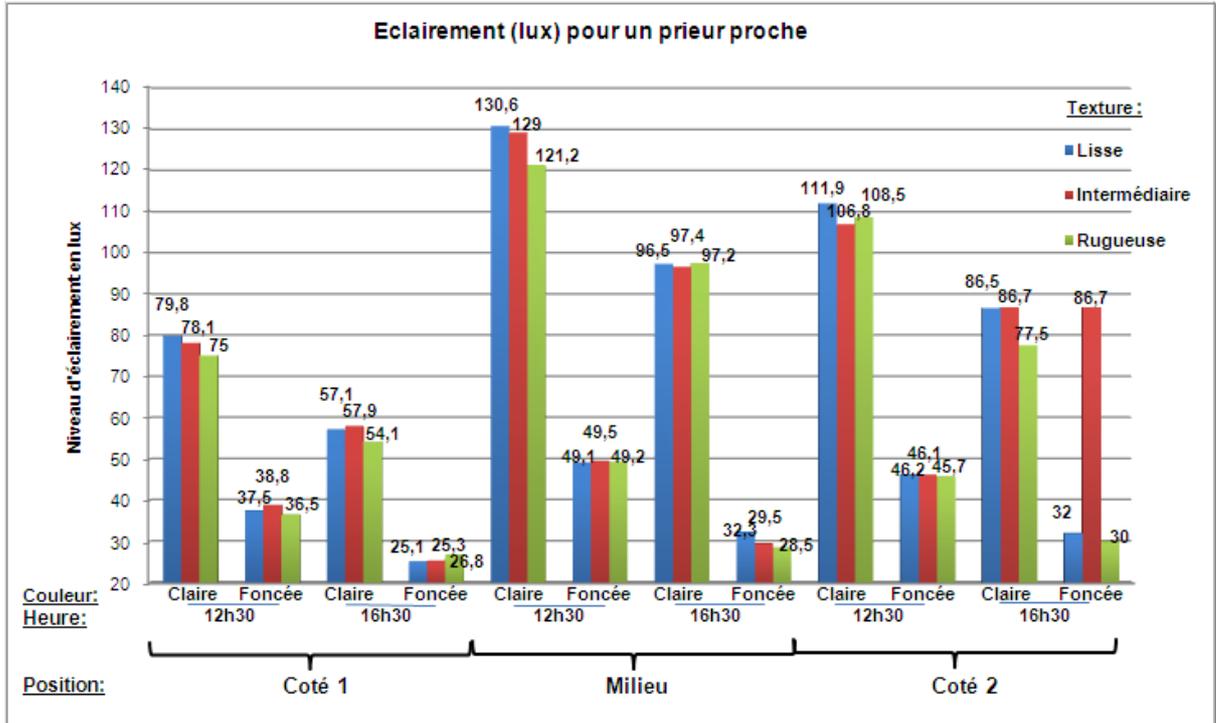


Figure 219 : Eclairage pour un prieur proche aux deux moments de la prière (couleur claire et foncée).

Source : Auteur

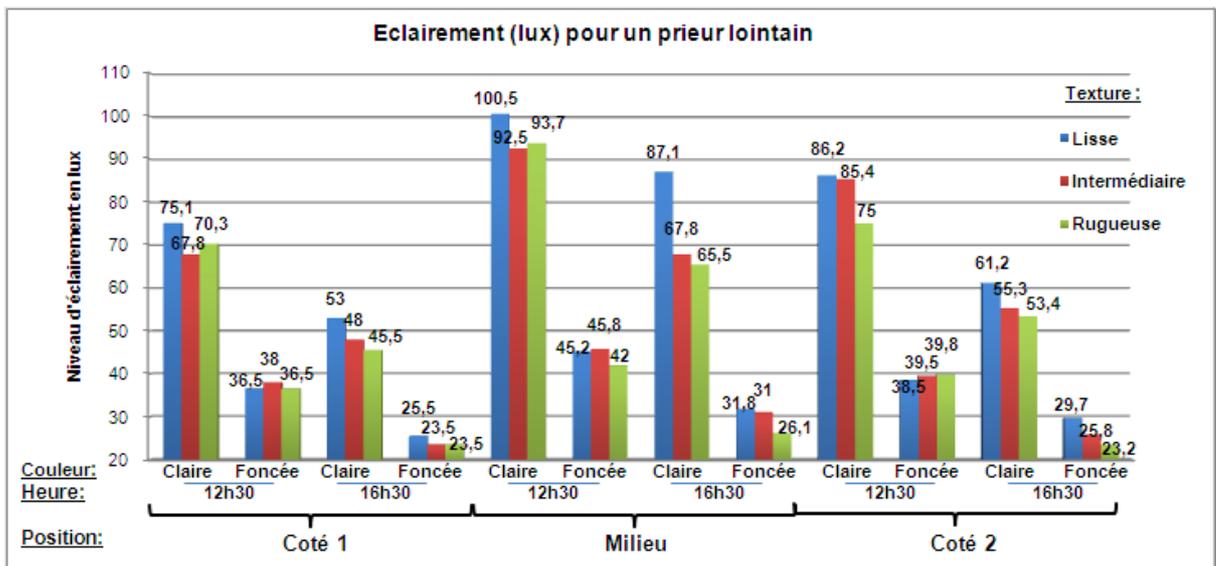


Figure 220 : Eclairage pour un prieur lointain aux deux moments de la prière (couleur claire et foncée).

Source : Auteur

La comparaison des niveaux d'éclairement enregistrés (Figure219, Figure220) nous donne les renseignements suivants :

- . S'agissant de la couleur claire ou foncée des parois latérales, prier proche ou lointain, au moment de la prière d'El-Dhohr comme El-Aasr, les niveaux d'éclairement culminants correspondent à la texture lisse ensuite à la texture intermédiaire pour atteindre les bas niveaux en cas de texture rugueuse.
- . Les valeurs d'éclairement de la couleur claire sont deux fois supérieures aux valeurs correspondant à la couleur foncée.
- . Les niveaux d'éclairements enregistrés au moment de la prière d'El-Dhohr dépassant ceux enregistrés au moment de la prière d'El-Aasr de 20 lux environ.
- . Dans le cas de la couleur claire les valeurs enregistrées pour la texture lisse sont généralement très proches de celles enregistrées pour la texture intermédiaire.
- . La variation dans les valeurs d'éclairement enregistrées pour la couleur foncée au moment de la prière d'El-Aasr (16h30) est faible (valeurs très proche l'une de l'autres).
- . Il est à noter que toutes les valeurs enregistrées même la maximal 131,2 lux (prier proche à 12h30 texture lisse couleur claire) restent inférieures au niveau recommandé pour une simple lecture.

### 2.1.3.3 Luminance:

#### 2.1.3.3.1 Couleur claire :

Couleur	Claire								
Texture	LISSE			INTERMEDIAIRE			RUGUEUSE		
12 30	MIN	MAX	MIN/MAX	MIN	MAX	MIN/MAX	MIN	MAX	MIN/MAX
Debout	2,268	1052,678	0,0021545	9,485	1465,342	0,0064728	8,084	1465,4	0,0055167
Assis	2,599	780,375	0,00333045	9,874	1453,519	0,0067931	9,365	1455,2	0,0064354

Texture	LISSE			INTERMEDIAIRE			RUGUEUSE		
16 30	MIN	MAX	MIN/MAX	MIN	MAX	MIN/MAX	MIN	MAX	MIN/MAX
Debout	1,508	686,857	0,00219551	5,008	786,126	0,0063704	3,9	788,56	0,0049457
Assis	1,738	476,173	0,00364993	4,894	564,265	0,0086732	4,386	563,52	0,0077832

Tableau 13 : Luminance pour un prieur debout et assis aux deux moments de la prière (couleur claire).

Source : Auteur

#### 2.1.3.3.2 Couleur foncée :

Couleur	Foncée								
Texture	LISSE			INTERMEDIAIRE			RUGUEUSE		
12 30	MIN	MAX	MIN/MAX	MIN	MAX	MIN/MAX	MIN	MAX	MIN/MAX
Debout	1,239	1043,446	0,00118741	4,743	1456,375	0,0032567	4,164	1457,099	0,0028577
Assis	1,254	782,424	0,00160271	4,896	1450,712	0,0033748	4,3	1448,13	0,0029693

Texture	LISSE			INTERMEDIAIRE			RUGUEUSE		
16 30	MIN	MAX	MIN/MAX	MIN	MAX	MIN/MAX	MIN	MAX	MIN/MAX
Debout	0,705	665,798	0,00105888	1,958	783,101	0,0025003	1,909	784,953	0,0024319
Assis	0,761	444,33	0,00171269	2,205	563,112	0,0039157	2,008	563,411	0,0035640

Tableau 14 : Luminance pour un prieur debout et assis aux deux moments de la prière (couleur foncée).

Source : Auteur

### 2.1.3.4 Conclusion concernant la luminance :

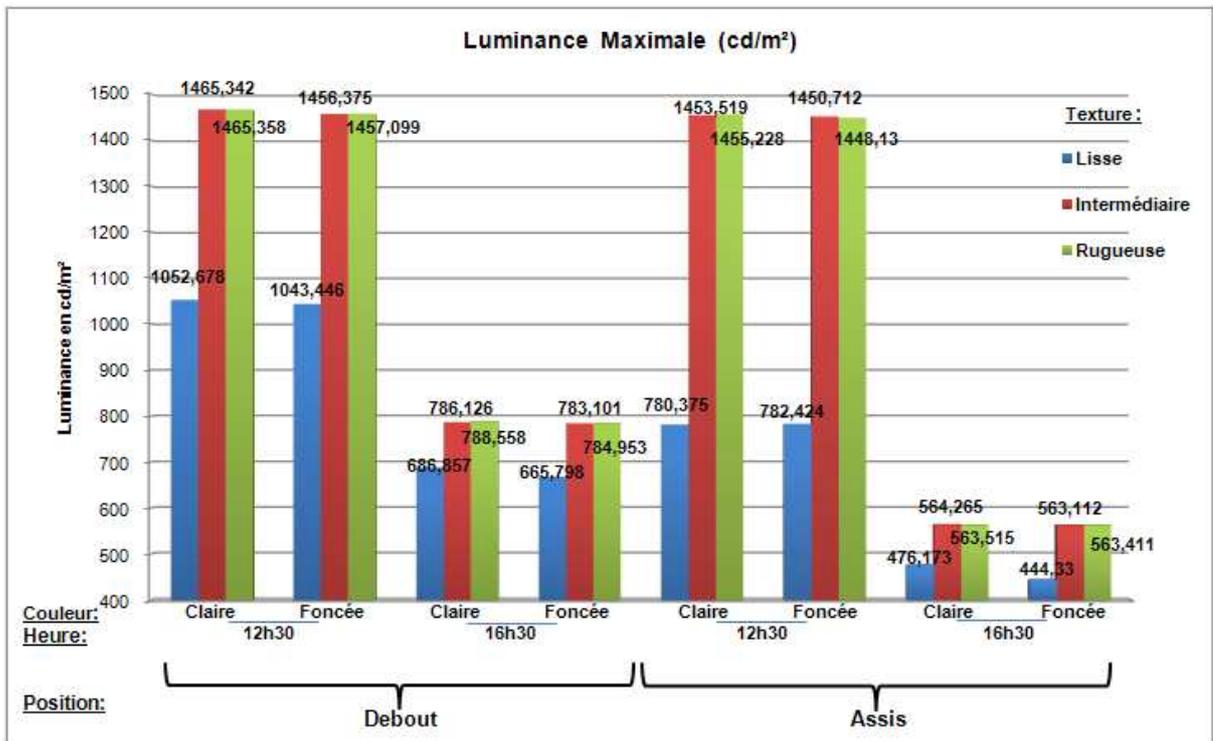


Figure 221 : Luminance maximale pour un prieur debout et assis aux deux moments de la prière (couleur claire et foncée).  
 Source : Auteur

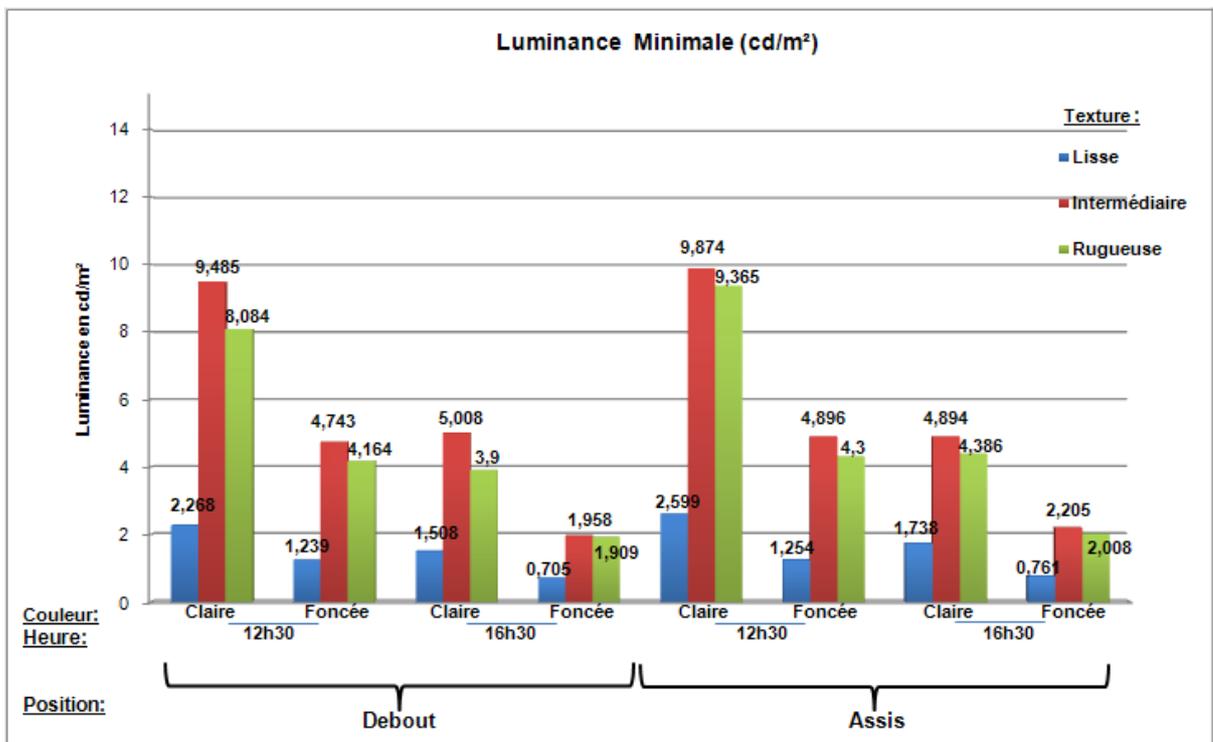


Figure 222 : Luminance minimale pour un prieur debout et assis aux deux moments de la prière (couleur claire et foncée).  
 Source : Auteur

La lecture faite des figures précédentes révèle ;

. Un très important écart est enregistré (environ 1050 à 780 cd/m<sup>2</sup>) entre les valeurs maximales et minimales de la luminance toutes les textures confondues, position debout comme assis, couleur claire comme foncée, on note que cet espacement entre les mesures est divisé par deux ou presque, au moment de la prière El-Aasr (jusqu'à 440 cd/m<sup>2</sup>).

. De ce fait le calcul du rapport (luminance min / luminance max) attribue des valeurs supérieures à 1/20 donc forcément supérieures à 1/40, autrement dit supérieures aux niveaux recommandés.

. Les valeurs de luminance sont généralement très proches les unes des autres s'agissant des textures intermédiaire et rugueuse, contrairement à la texture lisse qui leur est très contrastée.

. Les valeurs culminantes de luminance sont couramment enregistrées pour la texture intermédiaire suivie de la texture rugueuse et enfin de la texture lisse.

. Dans tous les cas la valeur de luminance maximale dépasse 500 cd/m<sup>2</sup> donnant ainsi des surface éblouissantes, exception faite en cas de texture lisse couleur claire et couleur foncée, position assis à 16h30, où on enregistre des valeurs maximales de luminance égales à 476,173 et 444,33 cd/m<sup>2</sup>.

## **2.1.1 Cas D :**

### **2.1.1.1 Eclairément :**

#### **2.1.1.1.1 Au moment de la prière d'El-Dhohr:**

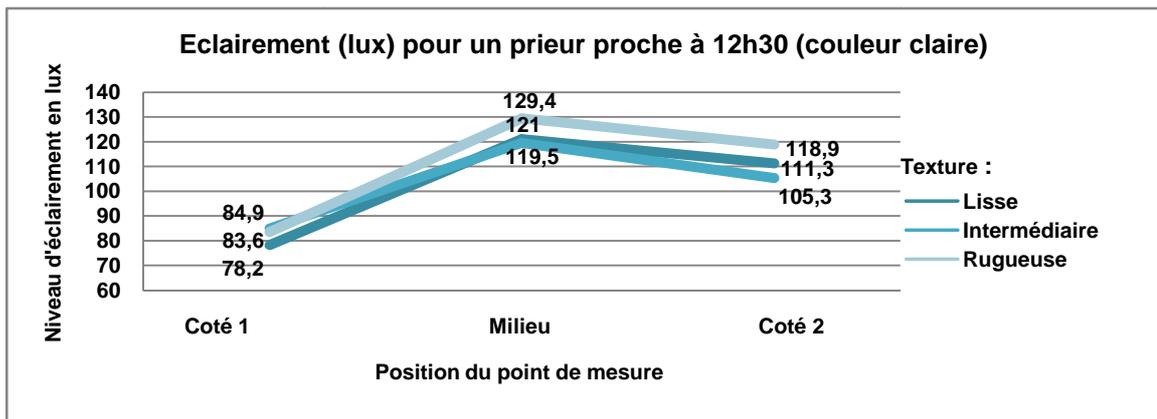


Figure 223 : Eclairage pour un prieur proche au moment de la prière d'El-Dhohr (couleur claire).

Source : Auteur

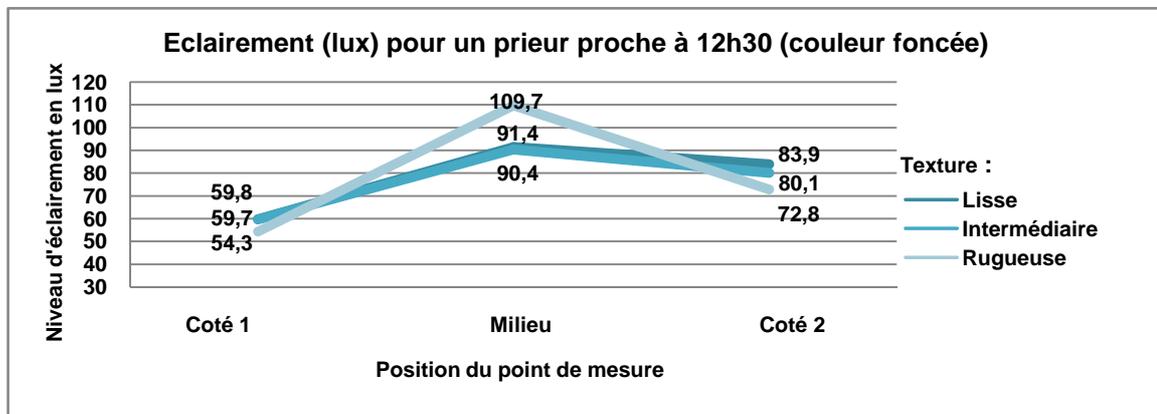


Figure 224 : Eclairage pour un prieur proche au moment de la prière d'El-Dhohr (couleur foncée).

Source : Auteur

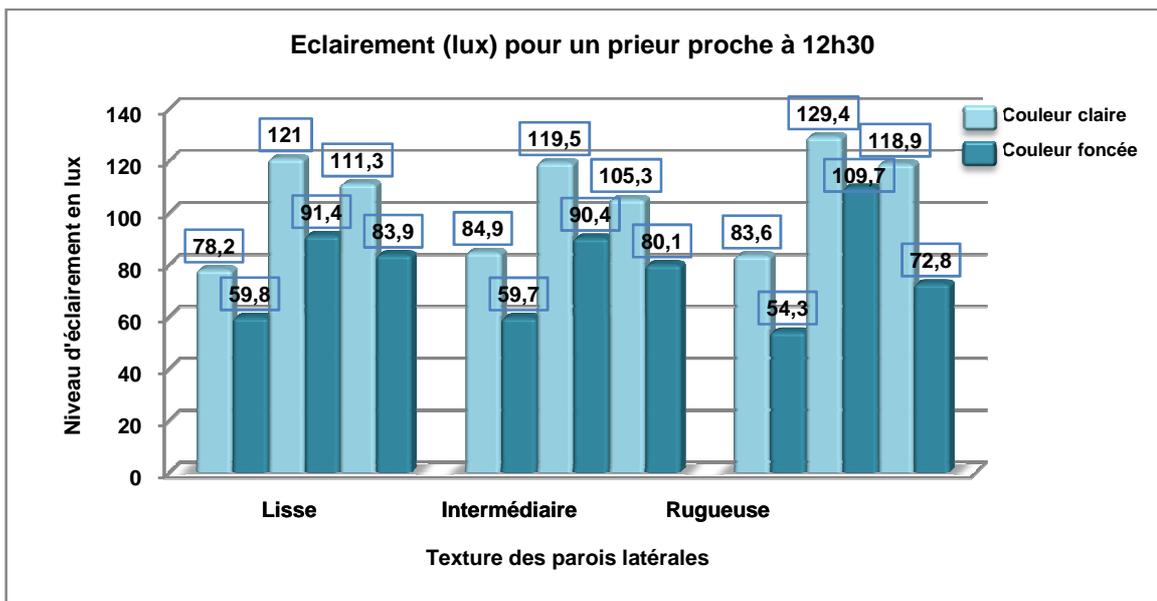


Figure 225 : Eclairage pour un prieur proche au moment de la prière d'El-Dhohr (couleur claire et foncée).

Source : Auteur

On remarque que pour un prieur proche ;

. La texture rugueuse engendre les plus grandes valeurs d'éclairage, suivie des textures lisse et intermédiaire.

. Il est à noter que la nuance entre les mesures d'éclairage issues des textures lisse et intermédiaire est très légère.

. Le point de mesure 'milieu' enregistre les plus grandes valeurs d'éclairage suivi du 'coté2' et en dernier 'coté1',

. La couleur foncée, fait baisser les niveaux d'éclairage enregistrés d'une trentaine à une vingtaine de lux comparée à la couleur claire, pour les mêmes textures.

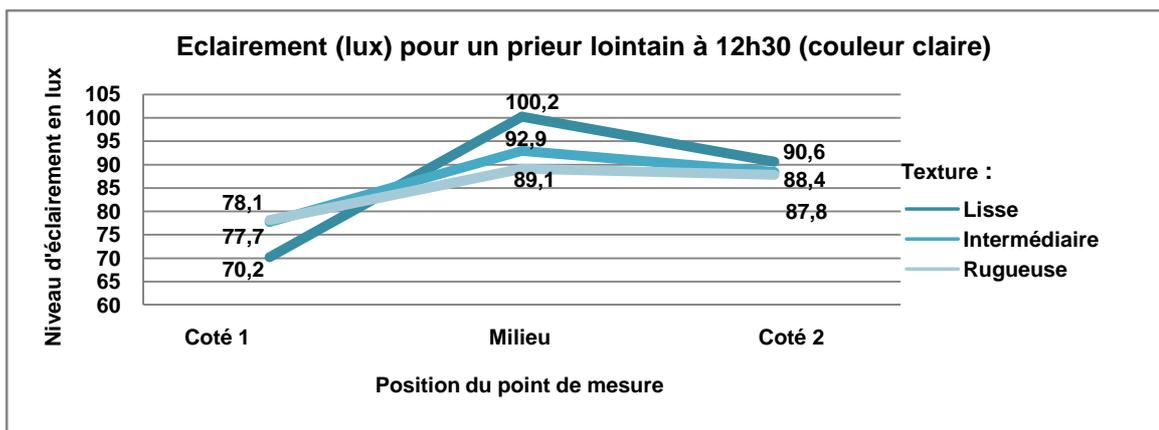


Figure 226 : Eclairage pour un prieur lointain au moment de la prière d'El-Dhohr (couleur claire).

Source : Auteur

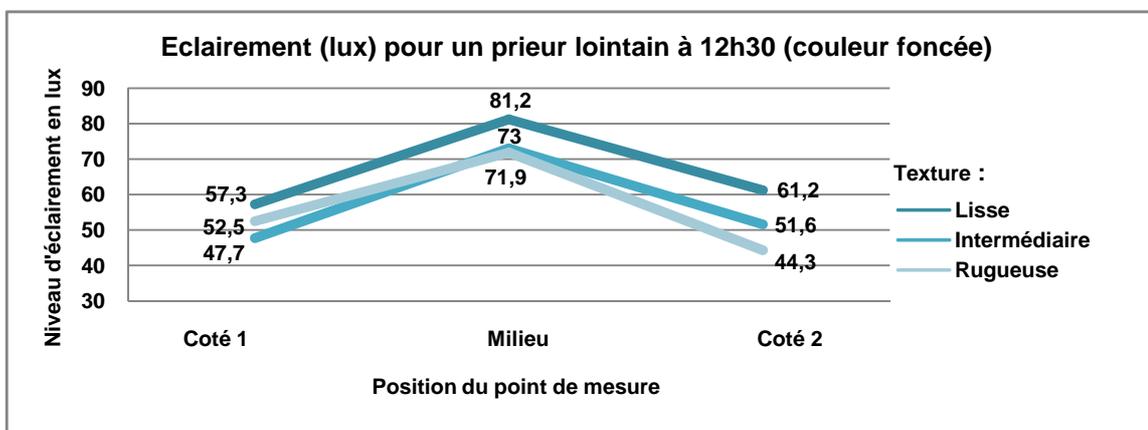


Figure 227 : Eclairage pour un prieur lointain au moment de la prière d'El-Dhohr (couleur foncée).

Source : Auteur

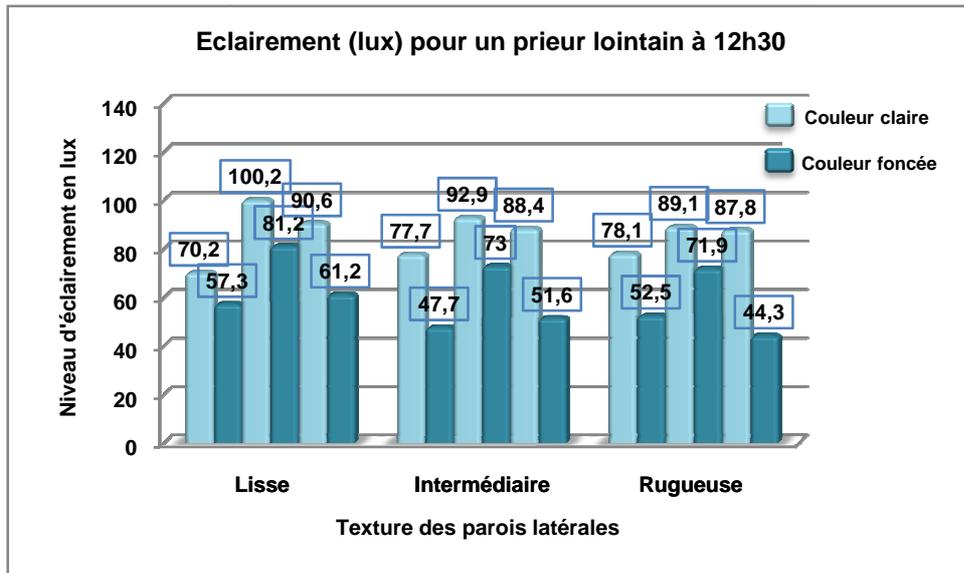


Figure 228 : Eclairage pour un prieur lointain au moment de la prière d'El-Dhohr (couleur claire et foncée).

Source : Auteur

On remarque que pour un prieur lointain ;

La texture lisse enregistre les plus grandes valeurs d'éclairage, suivie des textures intermédiaire et rugueuse,

. Il est à noter qu'un faible écart est décelé entre les mesures d'éclairage relativement aux textures intermédiaire et rugueuse,

. Le point de mesure 'milieu' correspond aux valeurs culminantes d'éclairage suivi du 'coté2' et en dernier 'coté1',

. La couleur foncée, a pour effet de faire décroître les niveaux d'éclairage enregistrés, d'une trentaine à une vingtaine de lux, comparée à la couleur claire en cas de même texture.

2.1.1.1.2 Au moment de la prière d'El-Aasr :

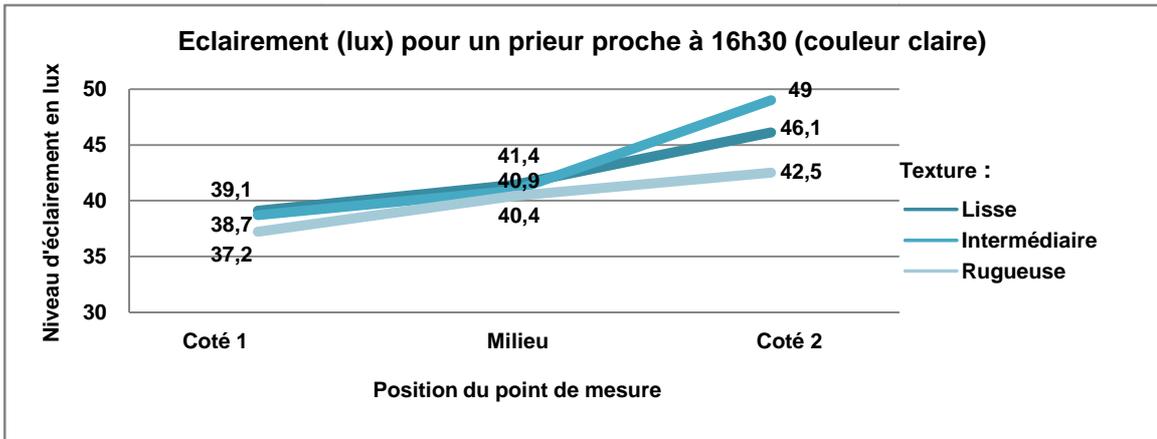


Figure 229 : Eclairage pour un prieur proche au moment de la prière d'El-Aasr (couleur claire).

Source : Auteur

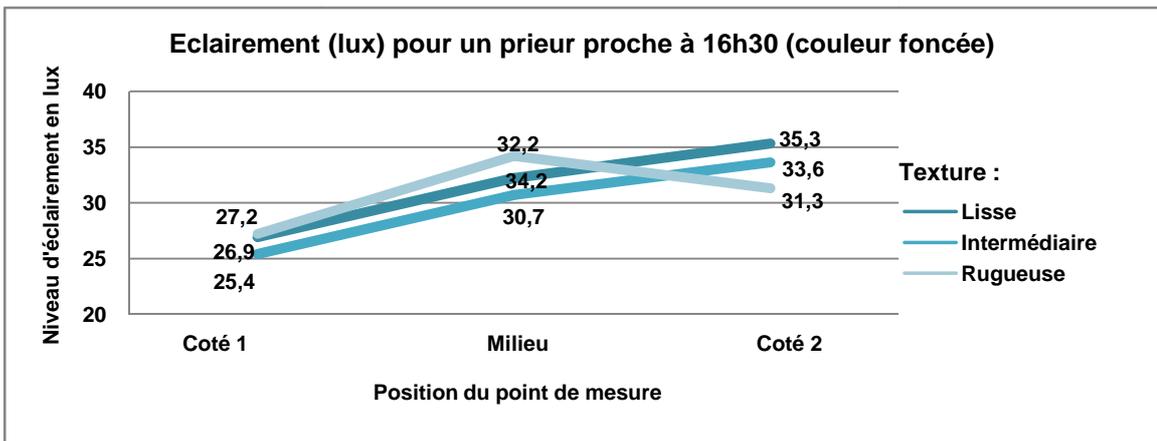


Figure 230 : Eclairage pour un prieur proche au moment de la prière d'El-Aasr (couleur foncée).

Source : Auteur

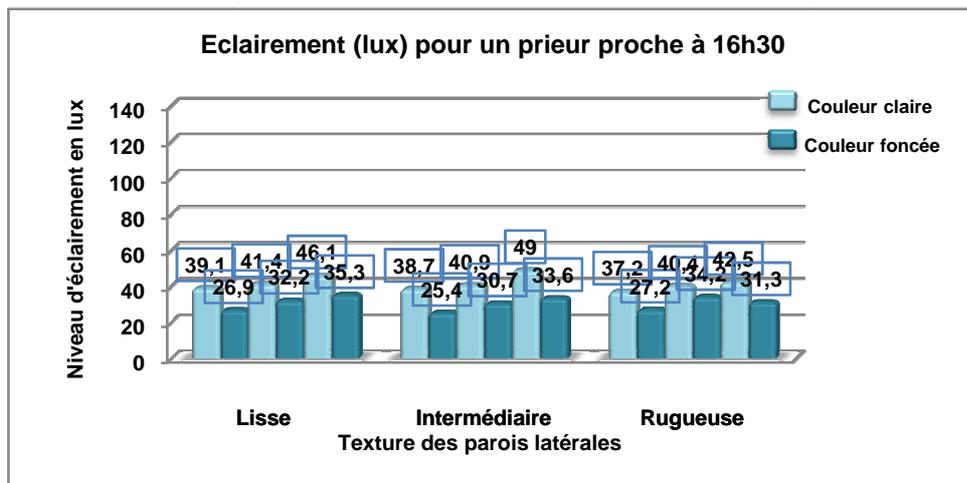


Figure 231 : Eclairage pour un prieur proche au moment de la prière d'El-Aasr (couleur claire et foncée).

Source : Auteur

On remarque que pour un prieur proche ;

. Les valeurs culminantes d'éclairement sont celles relatives à la texture intermédiaire à couleur claire et à la texture rugueuse à couleur foncée,

. Le point de mesure 'coté2' enregistre les plus grandes valeurs d'éclairement suivi du 'milieu' et en dernier 'coté1', exception faite du cas de textures intermédiaire et rugueuse couleur foncée,

. Une baisse d'une dizaine de lux environ est remarquée relativement à la couleur foncée par rapport à la couleur claire.

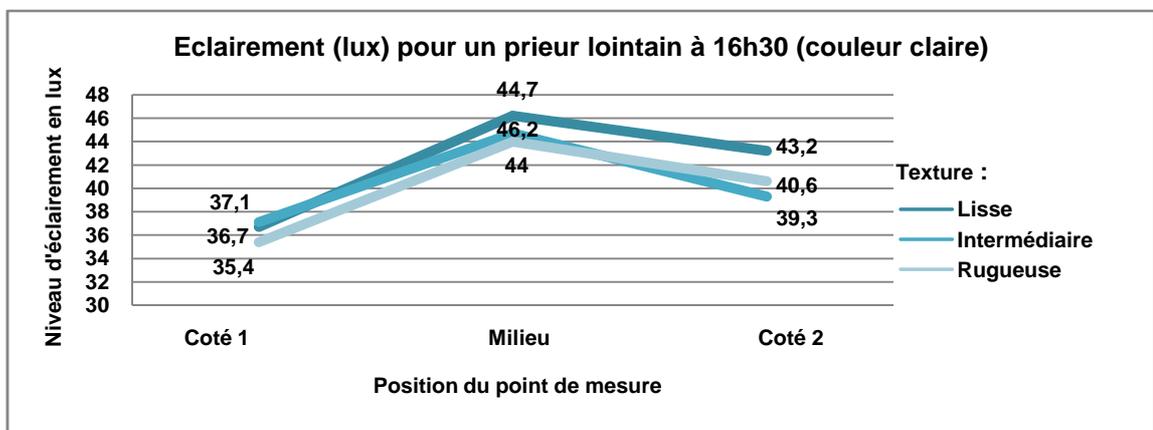


Figure 232 : Eclairage pour un prieur lointain au moment de la prière d'El-Aasr (couleur claire).

Source : Auteur

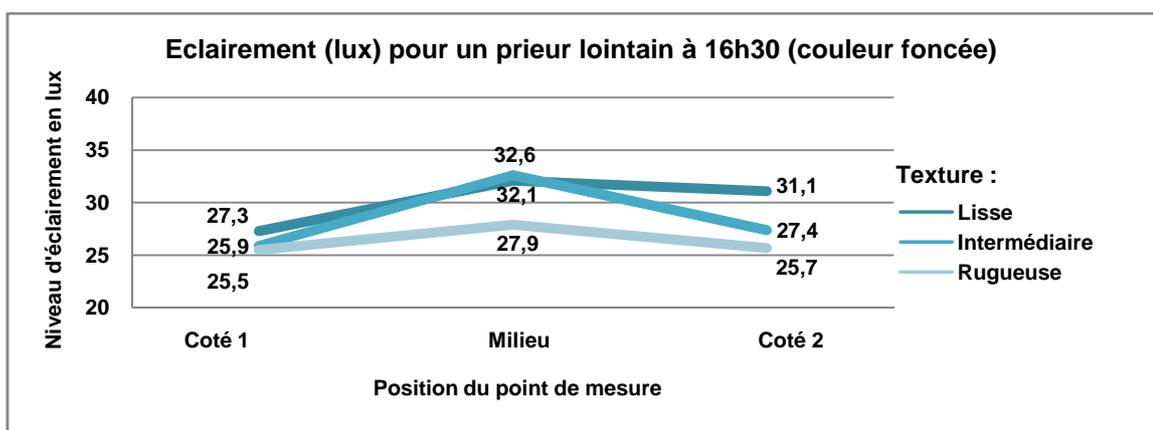


Figure 233 : Eclairage pour un prieur lointain au moment de la prière d'El-Aasr (couleur foncée).

Source : Auteur

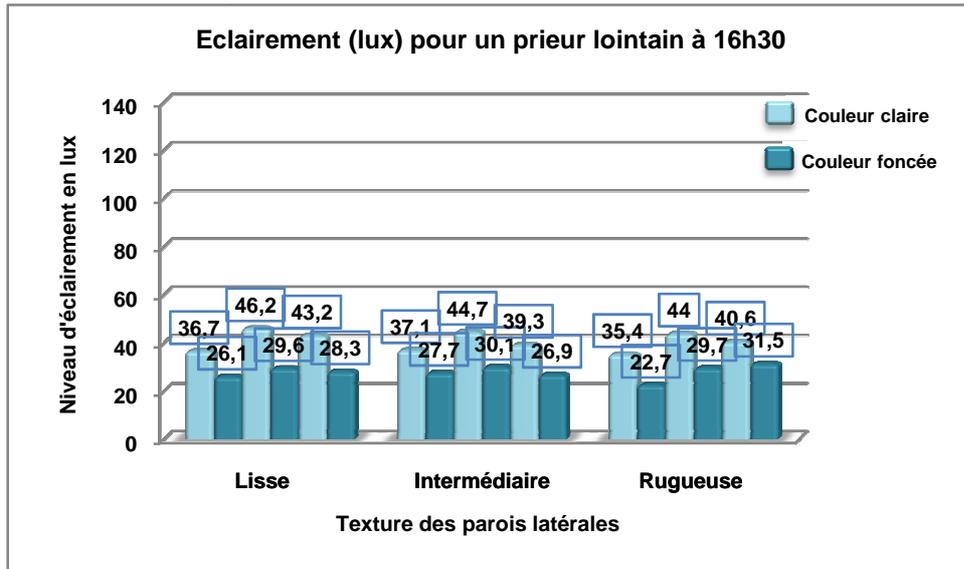


Figure 234 : Eclairage pour un prieur lointain au moment de la prière d'El-Aasr (couleur claire et foncée).

Source : Auteur

On remarque que pour un prieur lointain ;

- . Les textures lisse à couleur claire et intermédiaire à couleur foncée génèrent les plus grandes valeurs d'éclairage,
- . Le point de mesure 'milieu' enregistre les plus grandes valeurs d'éclairage suivi du 'coté2' et en dernier 'coté1', exception faite du cas de la texture rugueuse couleur foncée,
- . La couleur foncée, fait baisser les niveaux d'éclairage d'une dizaine de lux environ comparée à la couleur claire, pour les mêmes textures.

2.1.1.2 Conclusion concernant l'éclairage:

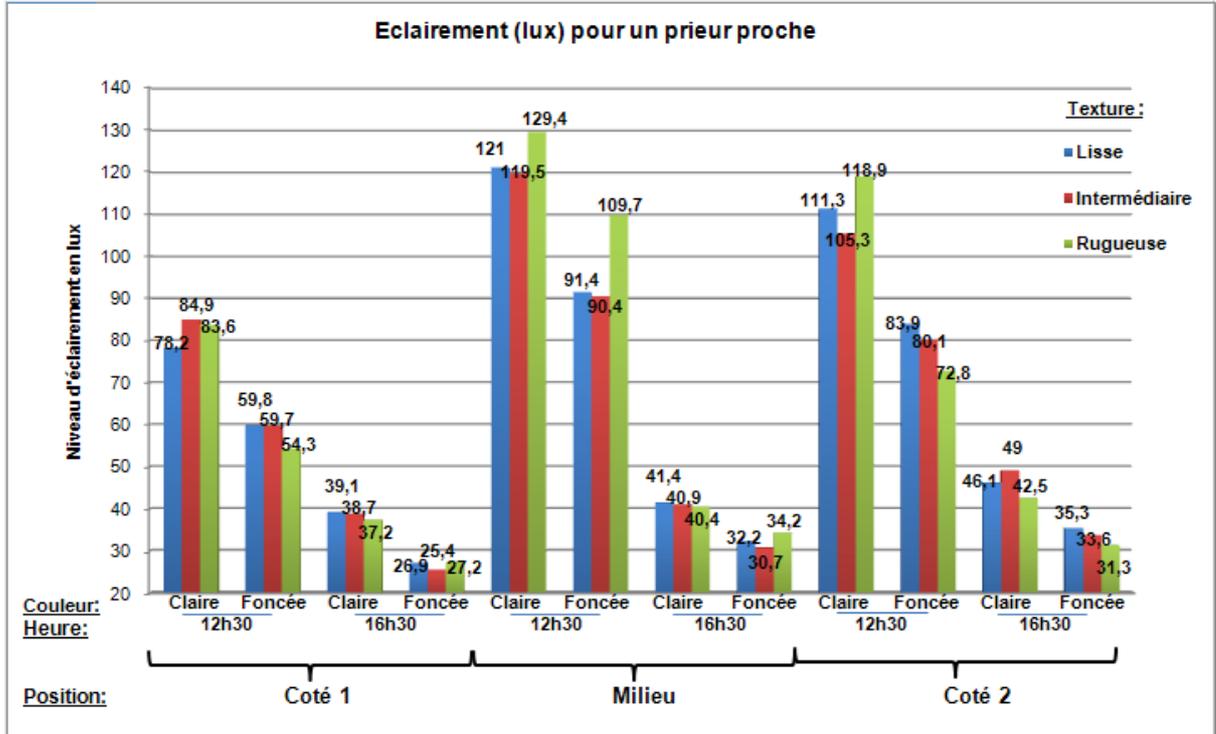


Figure 235 : Eclairage pour un prieur proche aux deux moments de la prière (couleur claire et foncée).

Source : Auteur

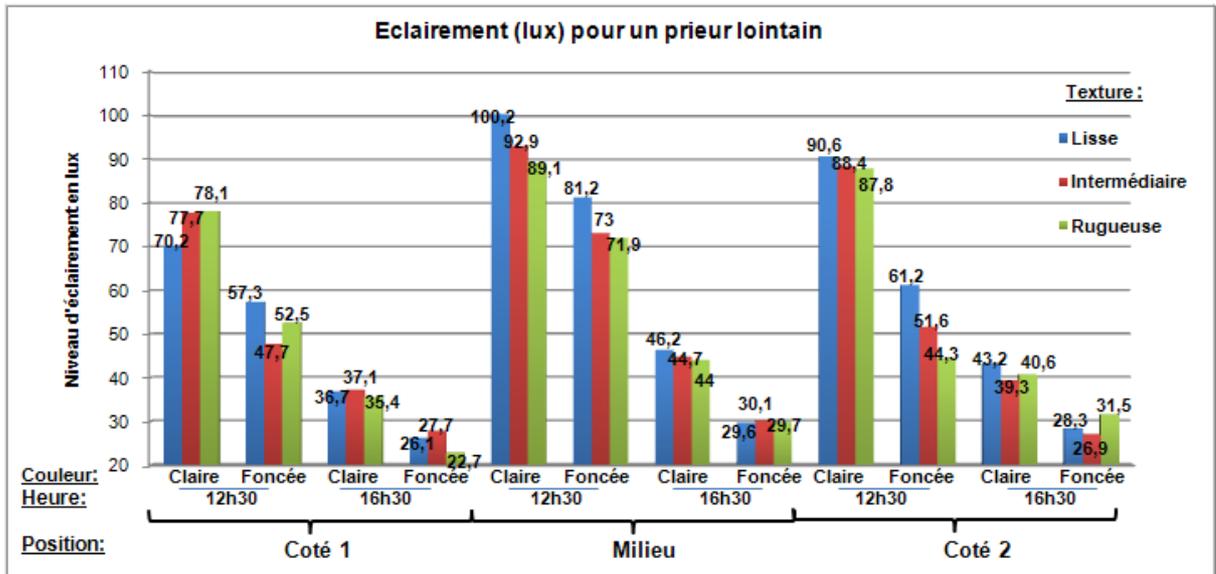


Figure 236 : Eclairage pour un prieur lointain aux deux moments de la prière (couleur claire et foncée).

Source : Auteur

La comparaison des niveaux d'éclairement enregistrés (Figure235, Figure236) nous fournit les éclaircissements suivants :

- . S'agissant de la couleur claire ou foncée des parois latérales, prier proche ou lointain, au moment de la prière d'El-Dhohr comme El-Aasr, les niveaux d'éclairement culminants sont généralement partagés entre la texture lisse et la texture rugueuse.
- . Les valeurs d'éclairement relatives à la couleur claire sont supérieures d'environ 20 lux, aux valeurs concordant à la couleur foncée au moment de la prière d'El-Dhohr et d'environ 10 lux au moment de la prière d'El-Aasr.
- . Les niveaux d'éclaircissements enregistrés au moment de la prière d'El-Dhohr en cas de couleur claire, dépassent de loin ceux enregistrés au moment de la prière d'El-Aasr, en cas de couleur foncée l'écart devient moins important.
- . Il est à noter que toutes les valeurs enregistrées même la maximale 129,4 lux (prier proche à 12h30 texture lisse couleur claire) restent inférieures au niveau recommandé pour une simple lecture.

### 2.1.1.3 Luminance:

#### 2.1.1.3.1 Couleur claire :

Couleur	Claire								
Texture	LISSE			INTERMEDIAIRE			RUGUEUSE		
12 30	MIN	MAX	MIN/MAX	MIN	MAX	MIN/MAX	MIN	MAX	MIN/MAX
Debout	2,733	1038,626	0,00263136	10,536	2104,61	0,0050061	10,201	2103,4	0,0048498
Assis	3,845	789,579	0,00486968	13,449	2096,561	0,0064147	13,05	2091,9	0,0062384

Texture	LISSE			INTERMEDIAIRE			RUGUEUSE		
16 30	MIN	MAX	MIN/MAX	MIN	MAX	MIN/MAX	MIN	MAX	MIN/MAX
Debout	1,77	696,1	0,00254274	4,372	785,854	0,0055633	4,105	786,14	0,0052216
Assis	2,662	452,476	0,00588318	5,721	562,758	0,010166	5,874	563,79	0,0104187

Tableau 15 : Luminance pour un prieur debout et assis aux deux moments de la prière (couleur claire).

Source : Auteur

#### 2.1.1.3.2 Couleur foncée :

Couleur	Foncée								
Texture	LISSE			INTERMEDIAIRE			RUGUEUSE		
12 30	MIN	MAX	MIN/MAX	MIN	MAX	MIN/MAX	MIN	MAX	MIN/MAX
Debout	1,263	1053,569	0,00119878	5,464	2079,526	0,0026275	5,423	2091,133	0,0025933
Assis	1,458	786,249	0,00185437	5,663	2087,176	0,0027132	5,285	2087,587	0,0025316

Texture	LISSE			INTERMEDIAIRE			RUGUEUSE		
16 30	MIN	MAX	MIN/MAX	MIN	MAX	MIN/MAX	MIN	MAX	MIN/MAX
Debout	0,803	678,145	0,00118411	2,169	785,081	0,0027627	2,209	783,809	0,0028182
Assis	0,975	467,684	0,00208474	2,543	563,723	0,0045110	2,481	562,204	0,0044129

Tableau 16 : Luminance pour un prieur debout et assis aux deux moments de la prière (couleur foncée).

Source : Auteur

### 2.1.1.4 Conclusion concernant la luminance :

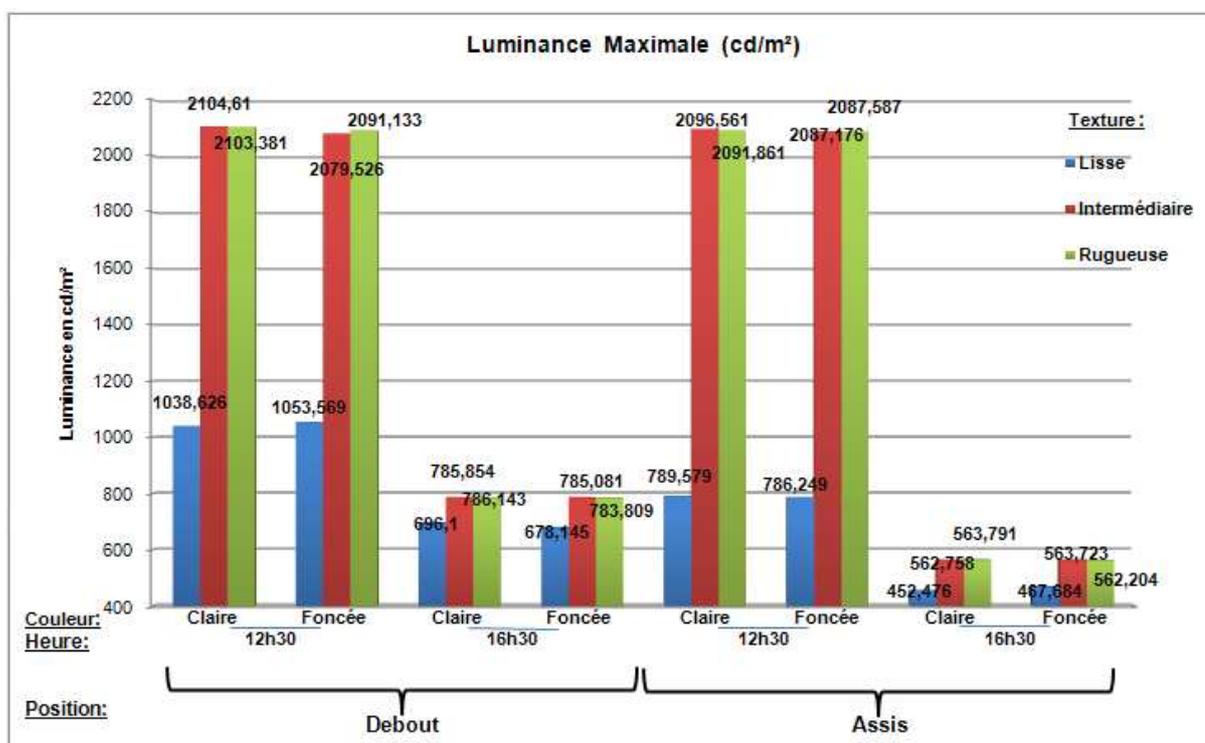


Figure 237 : Luminance maximale pour un prieur debout et assis aux deux moments de la prière (couleur claire et foncée).

Source : Auteur

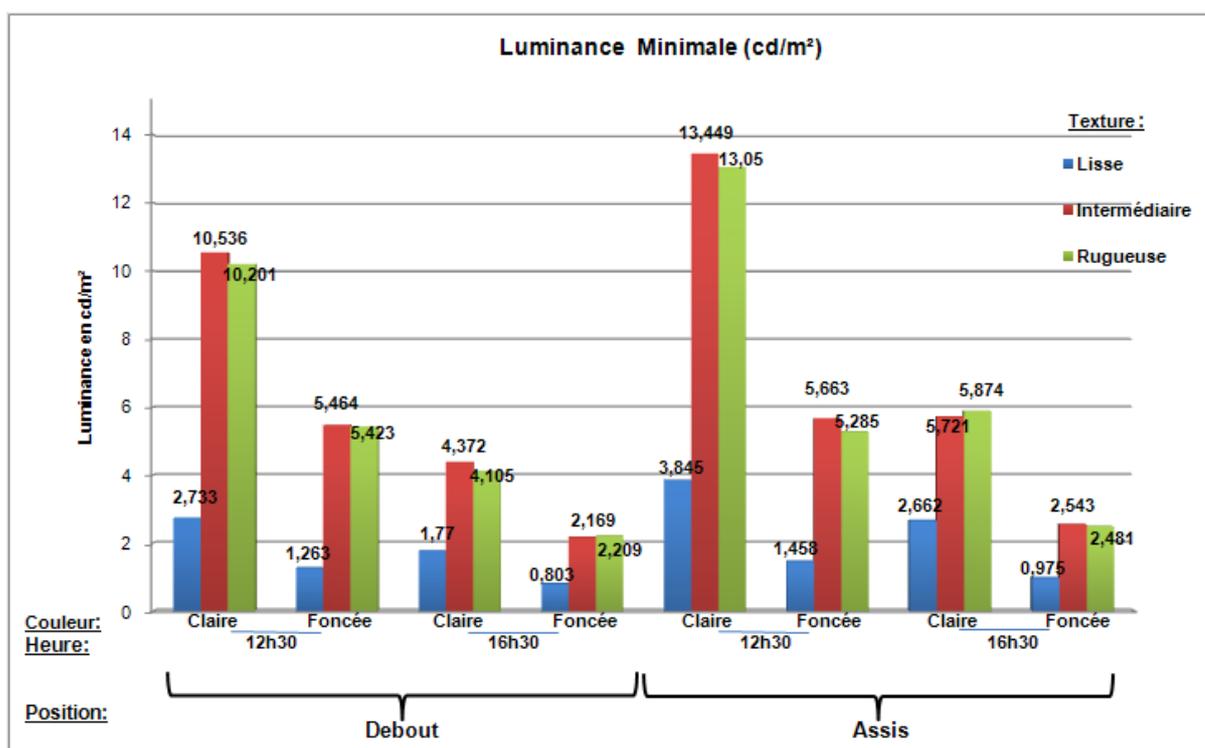


Figure 238 : Luminance minimale pour un prieur debout et assis aux deux moments de la prière (couleur claire et foncée).

Source : Auteur

La lecture faite des figures précédentes révèle ;

- . Un écart important est enregistré (environ 2100 à 670 cd/m<sup>2</sup>) entre les valeurs maximales et minimales de la luminance relativement à toutes les textures sans dérogation, position debout comme assis, couleur claire comme foncée, on note que cet écart se réduit un peu au moment de la prière El-Aasr (jusqu'à 450 cd/m<sup>2</sup>).
- . De ce fait le calcul du rapport (luminance min / luminance max) donne des valeurs supérieures à 1/20 et forcément supérieures à 1/40, autrement dit supérieures aux niveaux recommandés.
- . Les valeurs de luminance sont généralement très proches l'une de l'autre s'agissant des textures intermédiaire et rugueuse, contrairement à la texture lisse très contrastée des deux dernières.
- . Les valeurs les plus culminantes de la luminance sont généralement enregistrées pour la texture intermédiaire suivie de la texture rugueuse et en dernier la texture lisse.
- . Dans tous les cas la valeur de luminance maximale dépasse 500 cd/m<sup>2</sup> générant ainsi des surfaces éblouissantes, exception faite en cas de texture lisse couleur claire et couleur foncée position assis à 16h30 où on enregistre des valeurs maximales de luminance égales à 452,476 et 467,684 cd/m<sup>2</sup>.

## **2.2 Conclusion relative à l'enveloppe :**

La variation de la texture des parois verticales exerce une infime influence sur les niveaux d'éclairage et de luminance enregistrés relativement aux cas où la paroi horizontale basse acquière une texture rugueuse à couleur foncée : i) A (Figure185, Figure186 et Figure187, Figure188) spécialement les niveaux d'éclairage, ii) C (Figure217, Figure218 et Figure219, Figure220) on constate des courbes ayant les mêmes tendances et de plus des valeurs très rapprochées (différence maximale de 1 à 2 lux jamais plus),

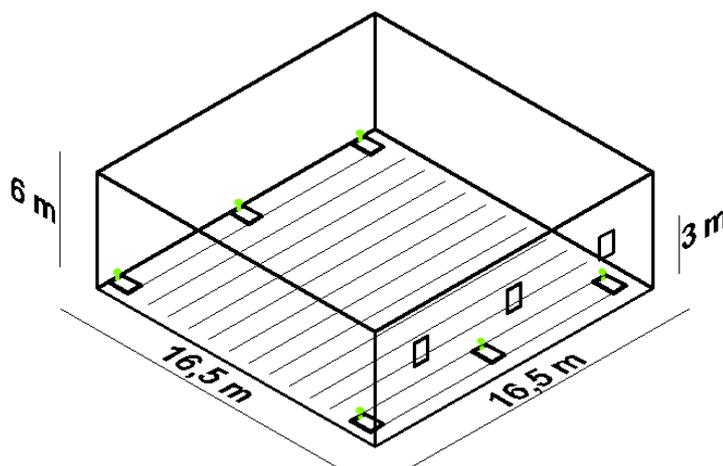
En même temps la variation de la couleur des parois verticales et du moment de la simulation n'ont pas d'influence sur les niveaux de luminance enregistrés relativement aux cas A et C.

La variation de la texture et de la couleur de la paroi horizontale haute exerce plus d'influence sur les niveaux d'éclairage et de luminance enregistrés (niveaux plus élevés), comparé à la variation relative à la paroi horizontale basse,

Il en découle que les meilleurs résultats enregistrés, s'agissant de prier proche ou lointain à 12h30 comme à 16h30, sont ceux relatifs au cas B où les deux parois horizontales sont claire, ensuite le cas A où la couleur et la texture de la paroi horizontale haute est identique au cas B, et ultérieurement les résultats correspondant au cas D cette fois c'est la paroi horizontale basse qui reste analogue au cas B, précision faite à propos du cas C correspondant à la coloration foncée des deux parois horizontales, où les résultats s'avèrent presque identiques au cas A.

### 2.3 Baie :

Dans cette partie des tests pilotes, nous choisissons un espace divisible en trois travées dans les deux sens caractérisé comme suit (Figure239) :



**Figure 239** : Les sondes choisies pour les mesures de l'éclairage.  
Source : Auteur

#### 2.3.1 Claustres :

##### 2.3.1.1 Éclairage :

###### 2.3.1.1.1 Au moment de la prière d'El-Dhohr :

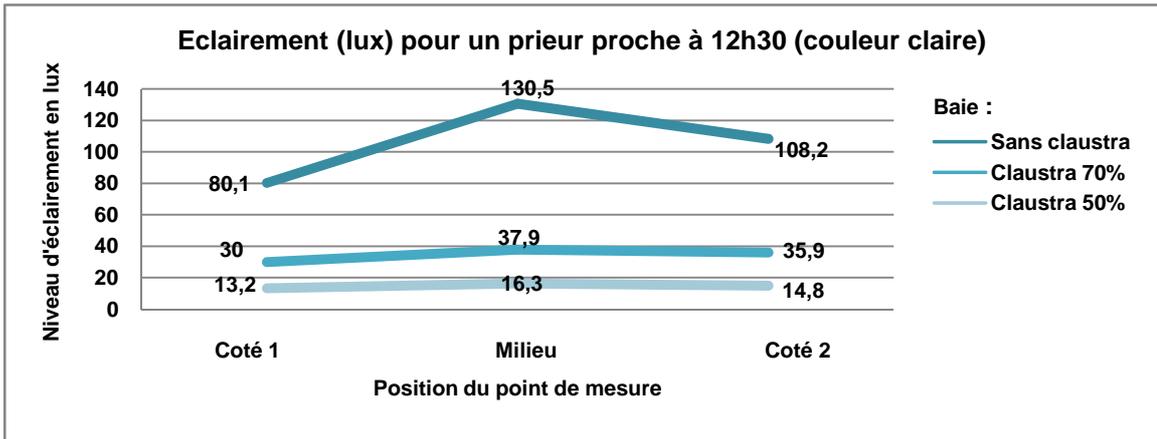


Figure 240 : Eclairage pour un prieur proche au moment de la prière d'El-Dhohr (couleur claire).

Source : Auteur

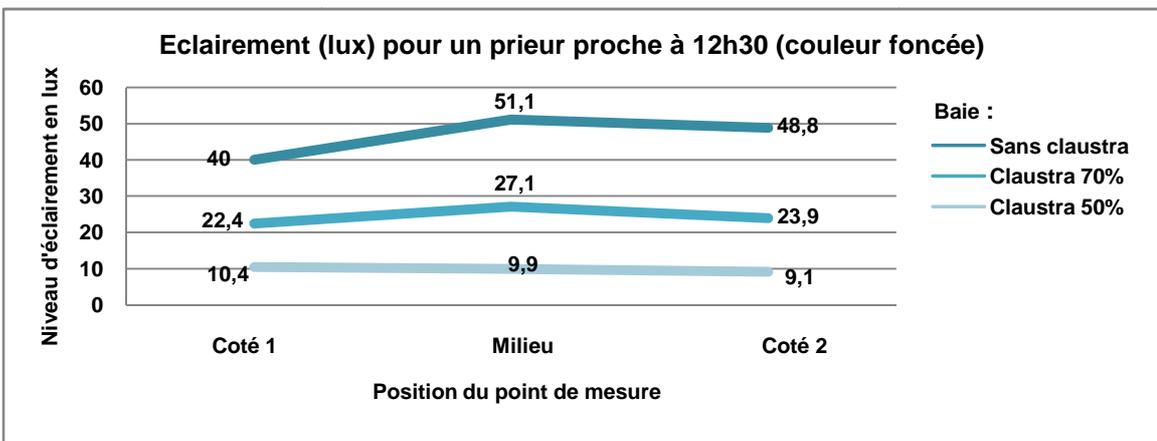


Figure 241 : Eclairage pour un prieur proche au moment de la prière d'El-Dhohr (couleur foncée).

Source : Auteur

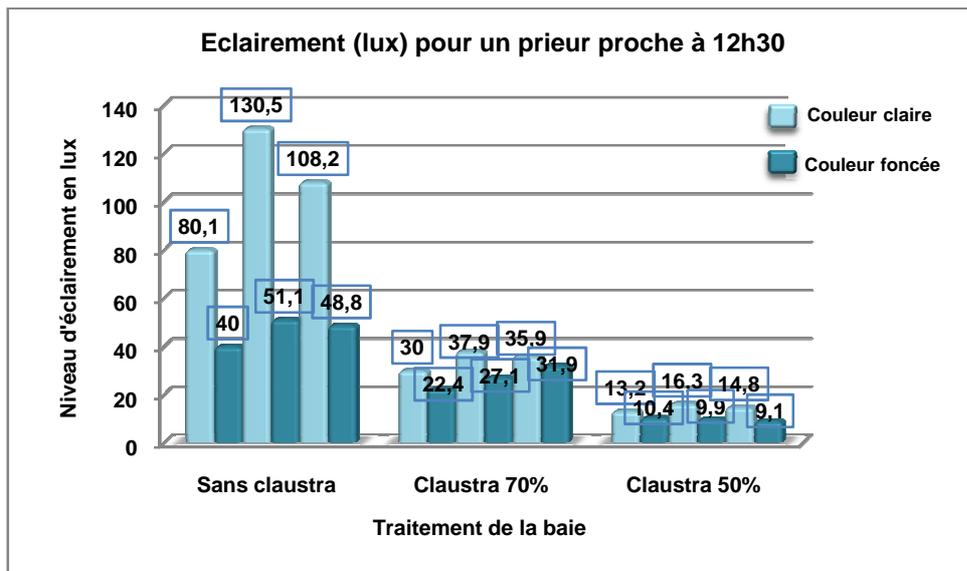


Figure 242 : Eclairage pour un prieur proche au moment de la prière d'El-Dhohr (couleur claire et foncée).

Source : Auteur

On remarque que pour un prieur proche ;

. La baie sans claustra (baie référence) enregistre les plus grandes valeurs d'éclairement, suivie de baie avec claustra ouvert à 70% et en dernier claustra ouvert à 50%,

. Le point de mesure 'milieu' correspond aux valeurs culminantes d'éclairement suivi du 'coté2' et en dernier 'coté1',

. En comparant les valeurs d'éclairement issues de la baie référence (sans claustra) et la baie avec claustra on constate un très grand écart, notamment corrélativement à la couleur claire, les mesures correspondant au 'milieu' attribuent les proportions suivantes ; la baie sans claustra dépasse de presque 4 fois celle de la baie avec claustra ouvert à 70% et de 8 fois celle de la baie avec claustra ouvert à 50%,

. Référence faite au point de mesure 'milieu', les niveaux d'éclairement enregistrés relativement au claustra ouvert à 70% sont deux fois supérieurs (21,6 lux) au claustra ouvert à 50% en cas de couleur claire, et presque trois fois plus (17,2 lux) en cas de couleur foncée,

. La couleur foncée comparée à la couleur claire, fait diminuer les niveaux d'éclairement enregistrés, pour le point de mesure 'milieu', les niveaux d'éclairement baissent de plus la moitié (79 lux) pour une baie sans claustra, plus de 10 lux pour une baie avec claustra ouvert à 70% et à peine 7 lux environ pour une baie avec claustra ouvert à 50%,

. Il est à noter que pour la couleur claire comme pour la couleur foncée, en cas de baie avec claustra l'écart entre les valeurs d'éclairement d'un point de mesure à l'autre est très petit.

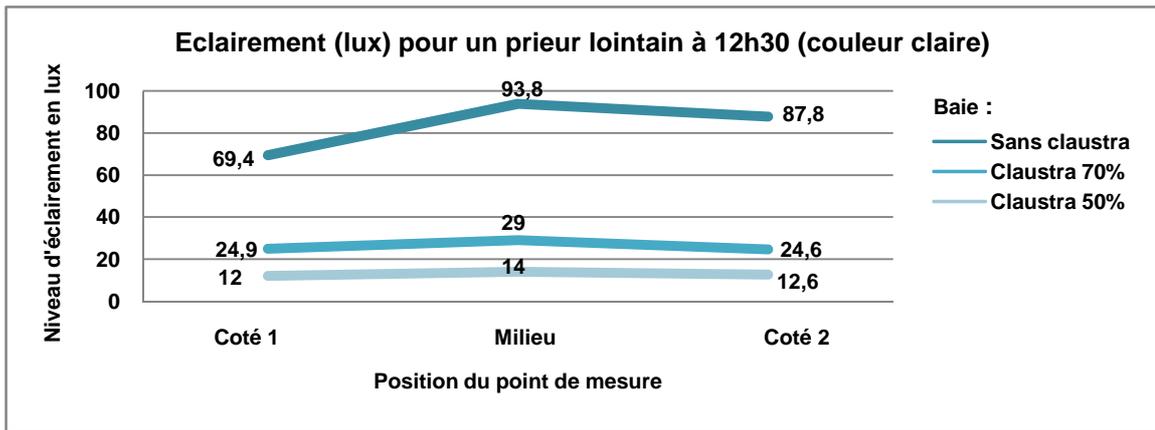


Figure 243 : Eclairage pour un prieur lointain au moment de la prière d'El-Dhohr (couleur claire).

Source : Auteur

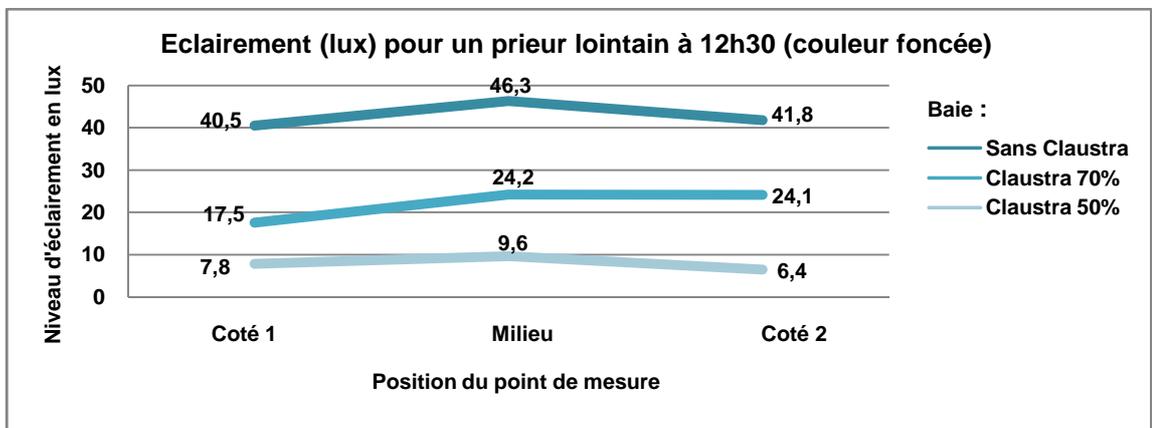


Figure 244 : Eclairage pour un prieur lointain au moment de la prière d'El-Dhohr (couleur foncée).

Source : Auteur

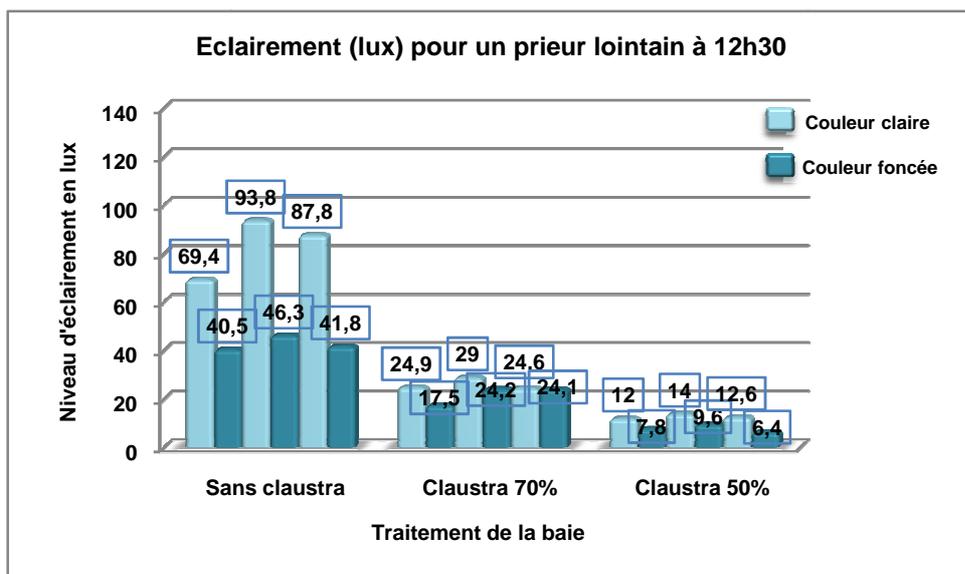


Figure 245 : Eclairage pour un prieur lointain au moment de la prière d'El-Dhohr (couleur claire et foncée).

Source : Auteur

On remarque que pour un prieur lointain ;

. La baie sans claustra enregistre les plus grandes valeurs d'éclairément, suivie de baie avec claustra ouvert à 70% et en dernier ouvert à 50%,

. Le point de mesure 'milieu' enregistre les plus grandes valeurs d'éclairément suivi du 'coté2' et en dernier 'coté1',

. Il est à noter que l'écart entre les mesures d'éclairément et très grand entre baie sans claustra et baie avec claustra, particulièrement corrélativement à la couleur claire, la comparaison des mesures correspondant au point 'milieu' attribue les proportions suivantes ; baie sans claustra dépasse de plus de trois fois la baie avec claustra ouvert à 70% et de presque sept fois la baie avec claustra ouvert à 50%,

. Les niveaux d'éclairément enregistrés relativement au claustra ouvert à 70% sont deux fois et demi supérieurs (15 lux) au claustra ouvert à 50% en cas de couleur claire, voir plus (14, 6 lux) en cas de couleur foncée, report fait au point de mesure 'milieu',

. La couleur foncée comparée à la couleur claire, atténue les niveaux d'éclairément enregistrés, en le point de mesure 'milieu', les niveaux d'éclairément baissent de moitié (47 lux) pour une baie sans claustra, 4,8 lux pour une baie avec claustra ouvert à 70% et 4,4 lux pour une baie avec claustra ouvert à 50%,

. Il est à noter que pour la couleur claire comme pour la couleur foncée, en cas de baie avec claustra l'écart entre les valeurs d'éclairément d'un point de mesure à un autre est très faible.

2.3.1.1.2 Au moment de la prière d'El-Asr :

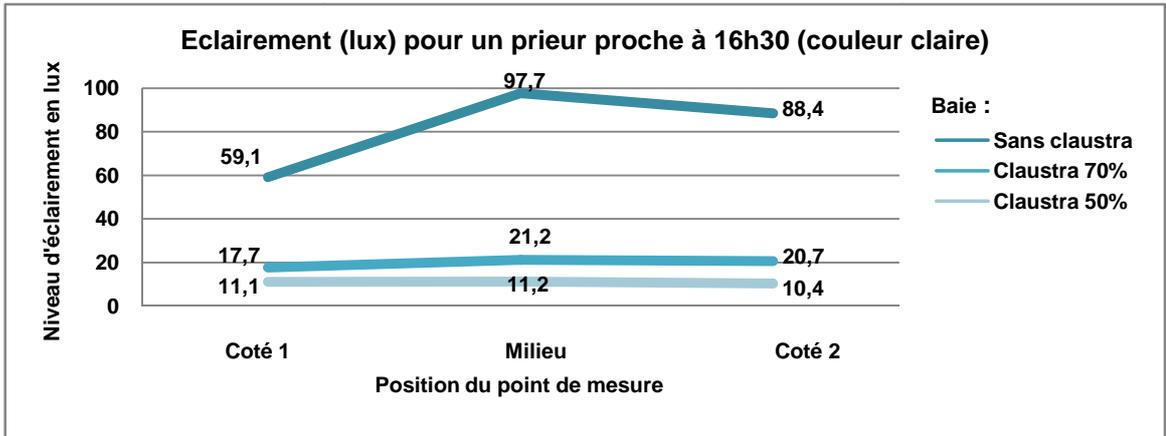


Figure 246 : Eclairage pour un prieur proche au moment de la prière d'El-Asr (couleur claire).

Source : Auteur

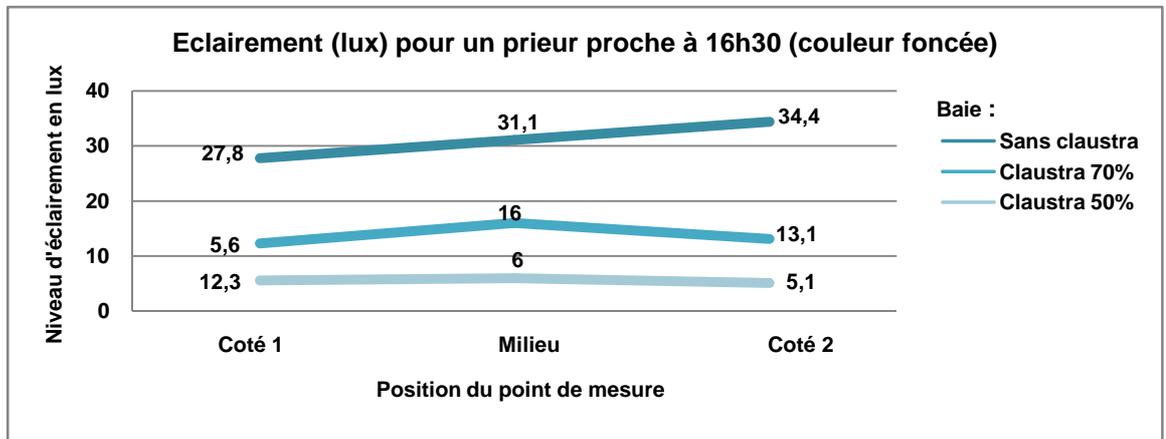


Figure 247 : Eclairage pour un prieur proche au moment de la prière d'El-Asr (couleur foncée).

Source : Auteur

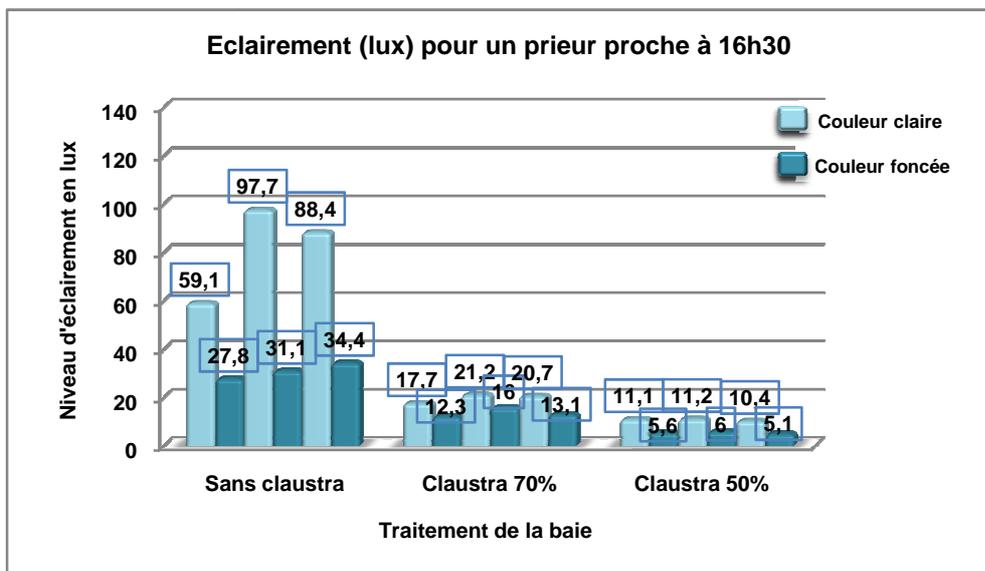


Figure 248 : Eclairage pour un prieur proche au moment de la prière d'El-Asr (couleur claire et foncée).

Source : Auteur

On remarque que pour un prier proche ;

. La baie sans claustra enregistre les plus grandes valeurs d'éclairement, suivie de baie avec claustra ouvert à 70% et en dernier ouvert à 50%,

. Les valeurs culminantes d'éclairement découlent du point de mesure 'milieu' suivies du 'coté2' et en dernier 'coté1', excepté le cas sans claustra couleur foncée,

. Il est à noter que l'écart entre les mesures d'éclairement et très grand entre baie sans claustra et baie avec claustra, notamment relativement à la couleur claire, la comparaison des mesures correspondante au point 'milieu' fournit les proportions suivantes ; baie sans claustra devance de plus quatre fois (76lux) la baie avec claustra ouvert à 70% et de plus sept fois (86,5 lux) la baie avec claustra ouvert à 50%,

. Les niveaux d'éclairement enregistrés relativement au claustra ouvert à 70% sont presque deux fois supérieurs (10 lux) à ceux relatifs au claustra ouvert à 50% en cas de couleur claire, et un peu plus de deux fois et demi (10 lux) en cas de couleur foncée, report fait au point de mesure 'milieu',

. La couleur foncée comparée à la couleur claire, à pour effet de faire diminuer les niveaux d'éclairement enregistrés, en point de mesure 'milieu', subséquemment les niveaux d'éclairement baissent d'un peu plus du tiers (66,6 lux) pour une baie sans claustra, 5,2 lux pour une baie avec claustra ouvert à 70% comme pour une baie avec claustra ouvert à 50%,

. Il est à noter que pour la couleur claire comme pour la couleur foncée, en cas de baie avec claustra l'écart entre les valeurs d'éclairement d'un point de mesure à l'autre est très faible.

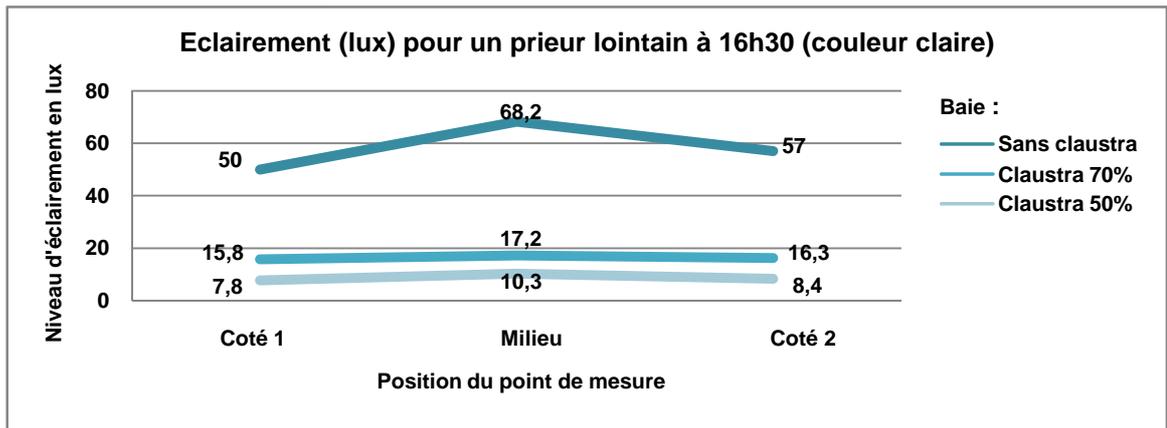


Figure 249 : Eclairage pour un prieur lointain au moment de la prière d'El-Aasr (couleur claire).

Source : Auteur

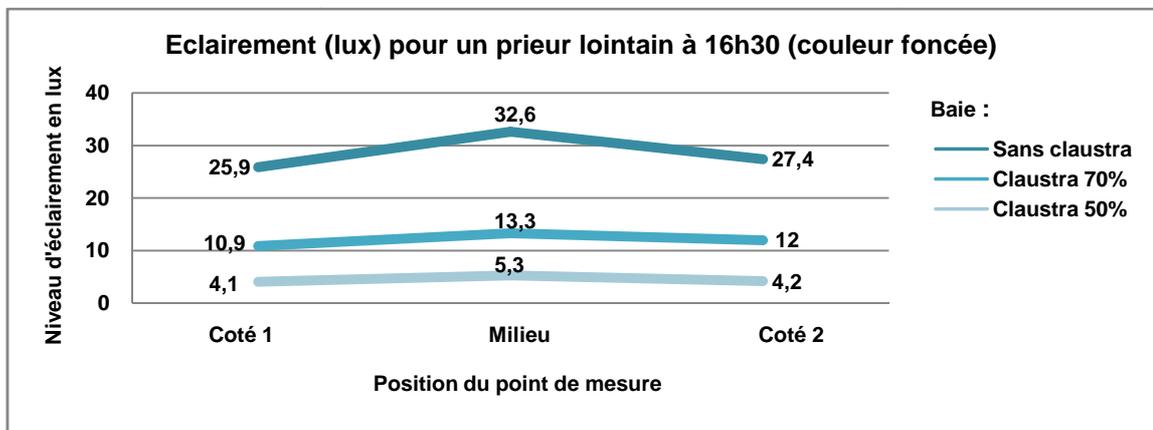


Figure 250 : Eclairage pour un prieur lointain au moment de la prière d'El-Aasr (couleur foncée).

Source : Auteur

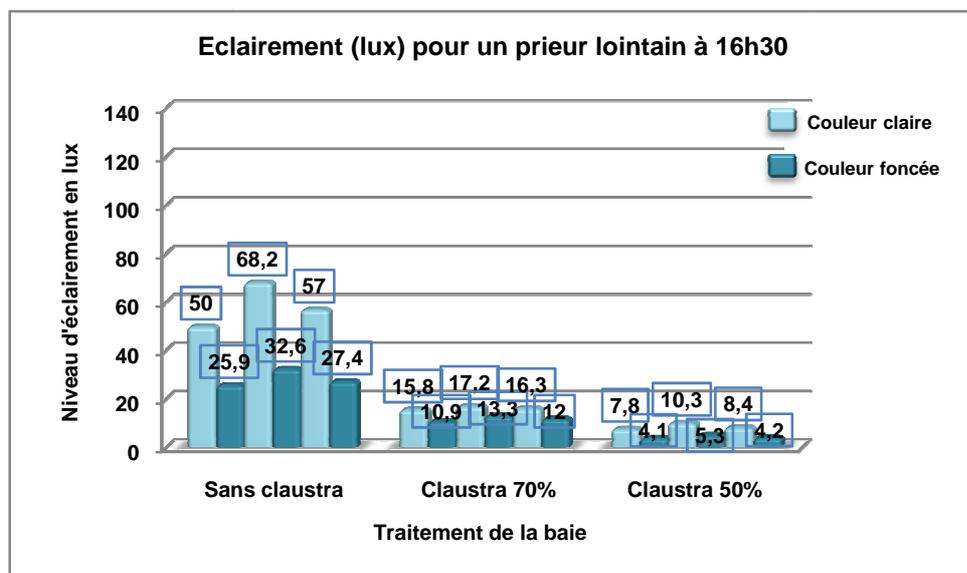


Figure 251 : Eclairage pour un prieur lointain au moment de la prière d'El-Aasr (couleur claire et foncée).

Source : Auteur

On remarque que pour un prier lointain ;

. La baie sans claustra enregistre les plus grandes valeurs d'éclairément, suivie de baie avec claustra ouvert à 70% et en dernier ouvert à 50%,

. Le point de mesure 'milieu' enregistre les plus grandes valeurs d'éclairément suivi du 'coté2' et en dernier 'coté1',

. Il est à noter que l'écart entre les mesures d'éclairément et très grand entre baie sans claustra et baie avec claustra, notamment relativement à la couleur claire, la comparaison des mesures correspondant au point de mesure 'milieu' attribue les proportion suivantes ; baie sans claustra dépasse de presque quatre fois la baie avec claustra ouvert à 70% et un peu plus six fois et demi la baie avec claustra ouvert à 50%,

. Les niveaux d'éclairément enregistrés relativement au claustra ouvert à 70% sont une fois et demi supérieurs (6,9 lux) au claustra ouvert à 50% en cas de couleur claire, et deux fois et demi (8lux) en cas de couleur foncée, référence faite au point de mesure 'milieu',

. La couleur foncée comparée à la couleur claire, fait diminuer les niveaux d'éclairément enregistrés, pour le point de mesure 'milieu', les niveaux d'éclairément baissent de la moitié (35, 6 lux) pour une baie sans claustra, 3,9 lux pour une baie avec claustra ouvert à 70% et 5 lux pour une baie avec claustra ouvert à 50%,

. Il est à noter que pour la couleur claire comme pour la couleur foncée, en cas de baie avec claustra l'écart entre les valeurs d'éclairément d'un point de mesure à l'autre est très petit.

2.3.1.2 Conclusion concernant l'éclairéement :

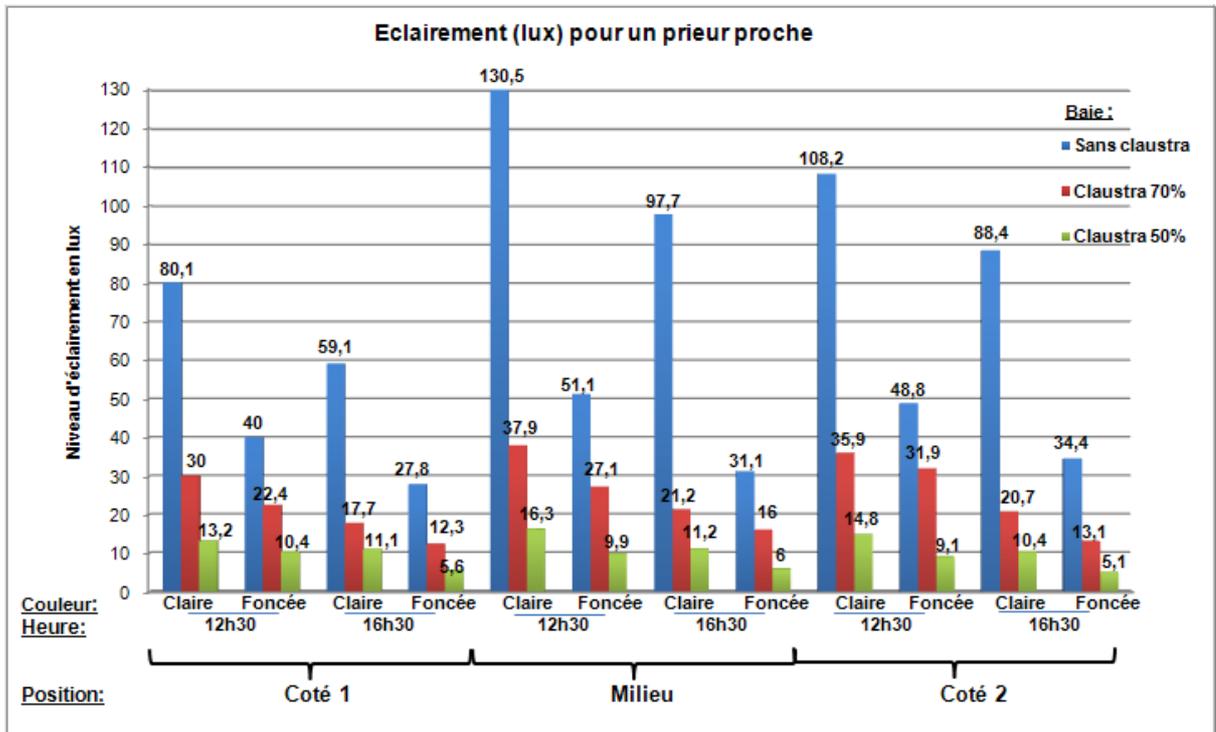


Figure 252 : Eclairéement pour un priéur proche aux deux moments de la priére (couleur claire et foncée).

Source : Auteur

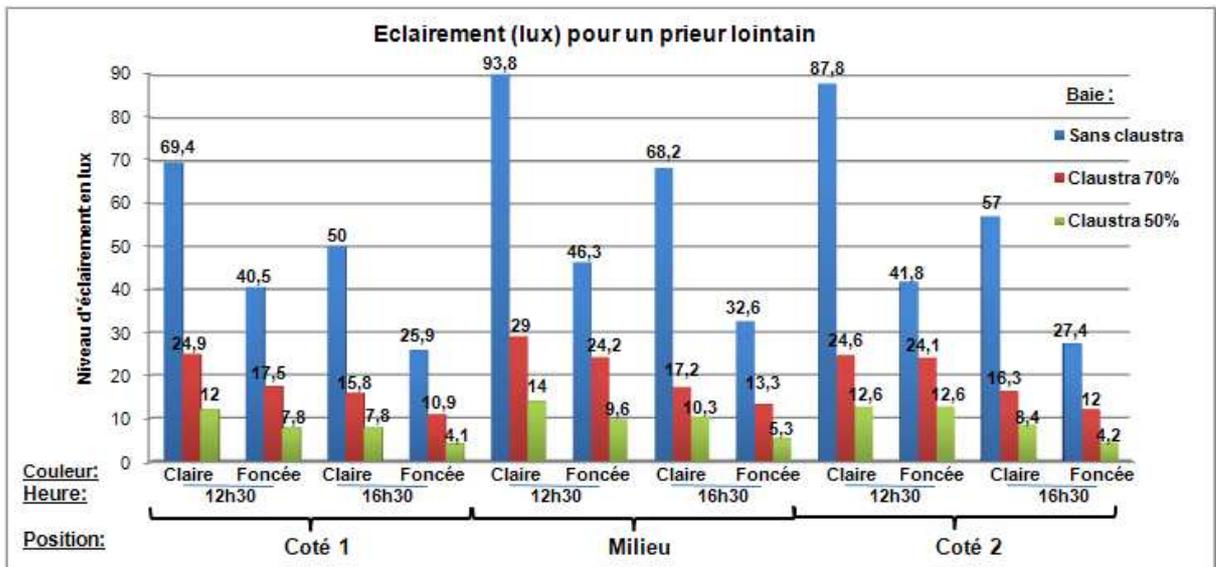


Figure 253 : Eclairéement pour un priéur lointain aux deux moments de la priére (couleur claire et foncée).

Source : Auteur

La lecture des graphes (Figure252, Figure253) nous fournit les éclaircissements suivants :

. Considération faite de la couleur claire ou foncée, prieur proche ou lointain, au moment de la prière d'El-Dhohr comme El-Aasr, les niveaux d'éclairément culminants correspondent à la baie sans claustra (baie référence) et ensuite, à la baie avec claustra ouvert à 70% pour atteindre les moindres valeurs en cas de baie avec claustra ouvert à 50%,

. Les valeurs d'éclairément issues de la couleur claire dépassent d'une trentaine de lux les valeurs concordant à la couleur foncée relativement à l'ouverture sans claustra, et de 3 à 10 lux maximum en cas d'ouverture ouverte à 70% comme 50%,

. Les niveaux d'éclairéments enregistrés au moment de la prière d'El-Dhohr dépassent ceux enregistrés au moment de la prière d'El-Aasr de 20 lux environne cas d'ouverture sans claustra, cette valeur est divisée par deux en cas d'ouverture avec claustra,

. La variation des valeurs d'éclairément pour la baie avec claustra ouvert à 70% comme à 50% est très petite d'un point de mesure à l'autre, et entre un prieur proche comme lointain, au moment de la prière d'El-Dhohr comme El-Aasr, couleur claire ou foncée, cette légère variation offre une homogénéité quand à la réparation de la lumière naturelle à l'espace intérieur.

. Il est à noter que toutes les valeurs enregistrées même la maximal 131,2 lux pour ouverture sans claustra, 37,9 lux et 16,3 relativement à baie avec claustra ouvert à 70% et 50%, (prieur proche à 12h30) restent inférieures au niveau recommandé pour une simple lecture.

### 2.3.1.3 Luminance:

#### 2.3.1.3.1 Couleur claire :

Couleur	Claire								
Claustra	100%			70%			50%		
12 30	MIN	MAX	MIN/MAX	MIN	MAX	MIN/MAX	MIN	MAX	MIN/MAX
Debout	11,179	1464,945	0,00763100	4,47	1445,356	0,0030926	2,003	1244,083	0,0016100
Assis	11,213	1457,055	0,00769566	4,583	1401,8	0,0032693	2,099	1340,25	0,0015661

Claustra	100%			70%			50%		
16 30	MIN	MAX	MIN/MAX	MIN	MAX	MIN/MAX	MIN	MAX	MIN/MAX
Debout	5,008	786,126	0,00637048	2,462	772,808	0,0031857	1,447	763,446	0,0018953
Assis	5,155	564,605	0,00913027	2,55	547,902	0,0046541	1,473	539,782	0,0027288

Tableau 17 : Luminance pour un prieur debout et assis aux deux moments de la prière (couleur claire).

Source : Auteur

#### 2.3.1.3.2 Couleur foncée :

Couleur	Foncée								
Claustra	100%			70%			50%		
12 30	MIN	MAX	MIN/MAX	MIN	MAX	MIN/MAX	MIN	MAX	MIN/MAX
Debout	5,261	1452,929	0,00362096	2,297	1437,981	0,0015973	1,093	1217,439	0,0008977
Assis	5,585	1453,901	0,00384138	2,314	1397,377	0,0016559	1,073	1337,795	0,0008020

Claustra	100%			70%			50%		
16 30	MIN	MAX	MIN/MAX	MIN	MAX	MIN/MAX	MIN	MAX	MIN/MAX
Debout	2,472	785,185	0,0031483	2,398	773,253	0,0031011	0,67	764,293	0,0008766
Assis	2,392	561,944	0,00425665	1,02	548,637	0,0018591	0,667	539,191	0,0012370

Tableau 18 : Luminance pour un prieur debout et assis aux deux moments de la prière (couleur foncée).

Source : Auteur

### 2.3.1.4 Conclusion concernant la luminance :

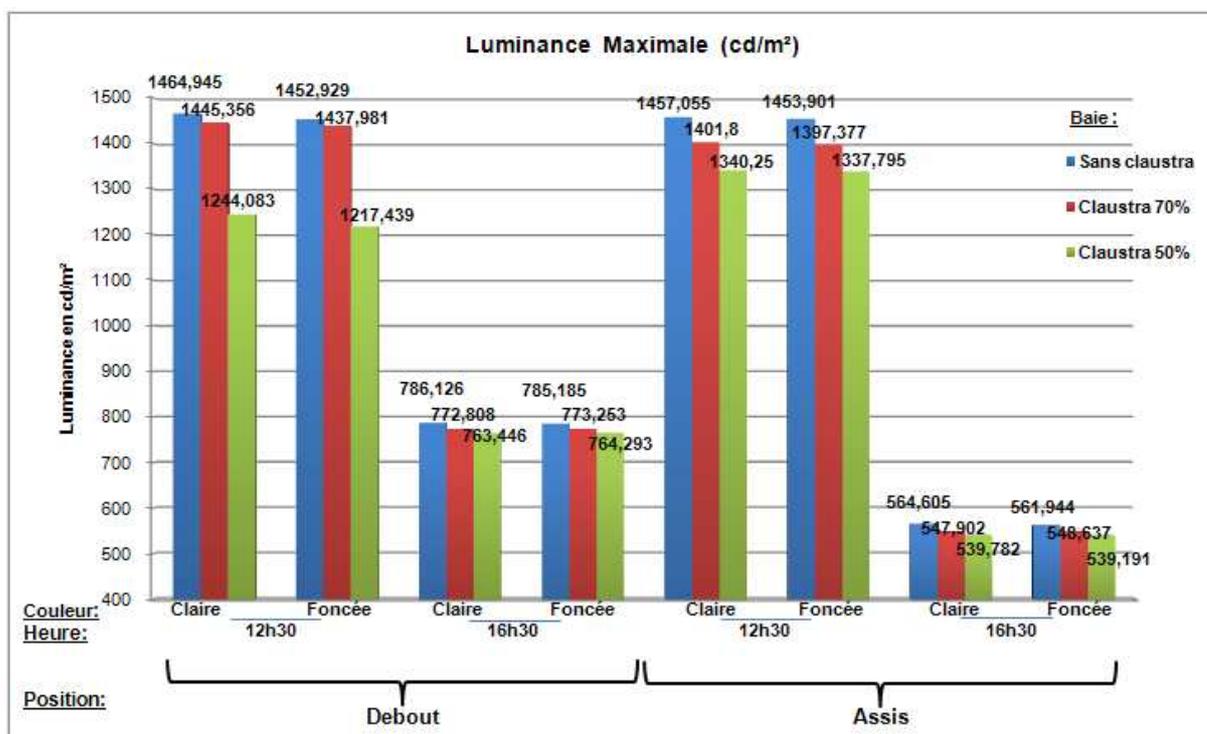


Figure 254 : Luminance maximale pour un prieur debout et assis aux deux moments de la prière (couleur claire et foncée).

Source : Auteur

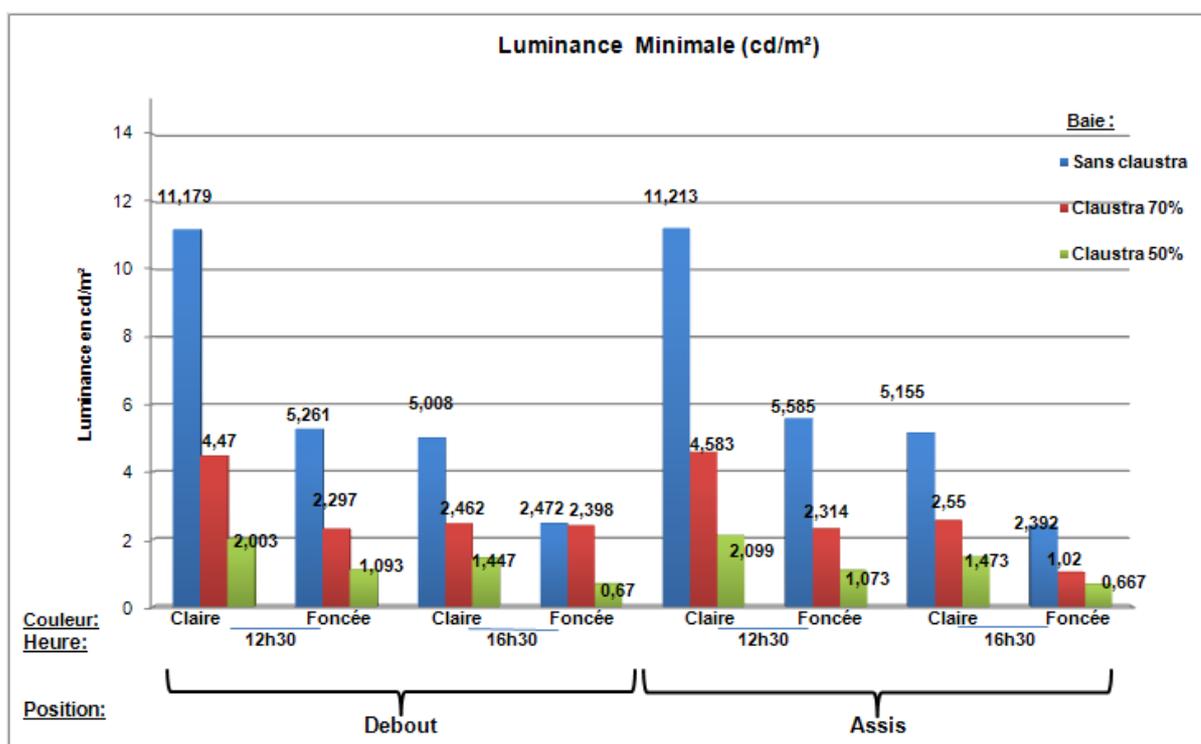


Figure 255 : Luminance minimale pour un prieur debout et assis aux deux moments de la prière (couleur claire et foncée).

Source : Auteur

La lecture faite des figures précédentes révèle;

. Un très grand écart est enregistré entre les valeurs maximales et minimales de la luminance et ce pour toutes les textures, position debout comme assis, couleur claire comme foncée, on note que cet écart est divisé par trois ou presque au moment de la prière El-Aasr.

. De ce fait, le calcul du rapport (luminance min / luminance max) donne des valeurs supérieures à 1/20 et forcément supérieures à 1/40, autrement dit supérieures aux niveaux recommandés.

. Les valeurs les plus grandes de la luminance sont enregistrées pour la baie sans claustra suivie de baie avec claustra ouvert à 70% et enfin la baie à claustra ouvert à 50% dans le cas de la couleur claire.

. Les valeurs de luminance sont proches l'une de l'autre s'agissant d'ouverture à claustra 70% et 50% comparées à l'ouverture sans claustra et cela au moment de la prière d'El-Aasr, contrairement au moment de la prière d'El-Dhohr où on constate un intervalle plus grand notamment entre les valeurs relatives au claustra ouvert 50% et les deux autres,

. Dans tous les cas la valeur de luminance maximale dépasse 500 cd/m<sup>2</sup> donnant ainsi des surfaces éblouissantes.

## **2.3.2 Taille :**

### **2.3.2.1 Éclairement :**

#### **2.3.2.1.1 Au moment de la prière d'El-Dhohr :**

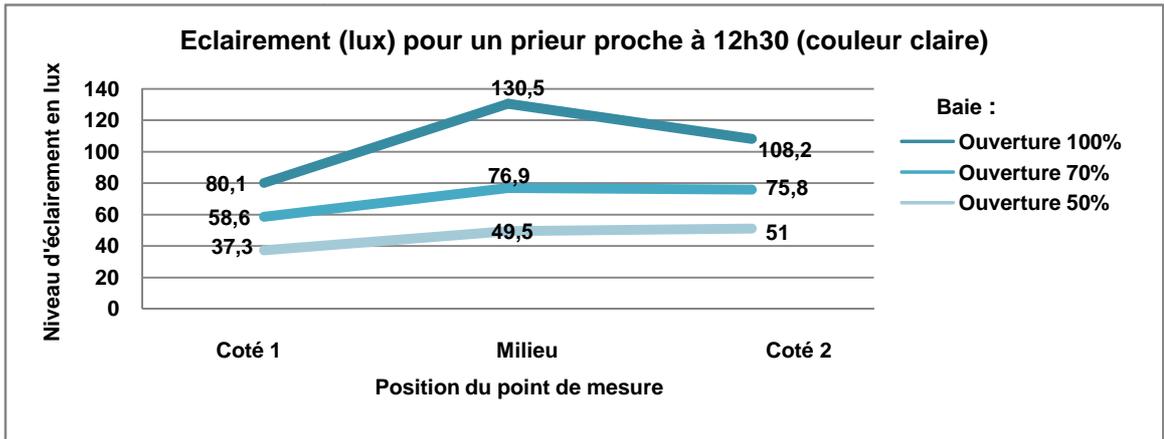


Figure 256 : Eclairage pour un prieur proche au moment de la prière d'El-Dhohr (couleur claire).

Source : Auteur

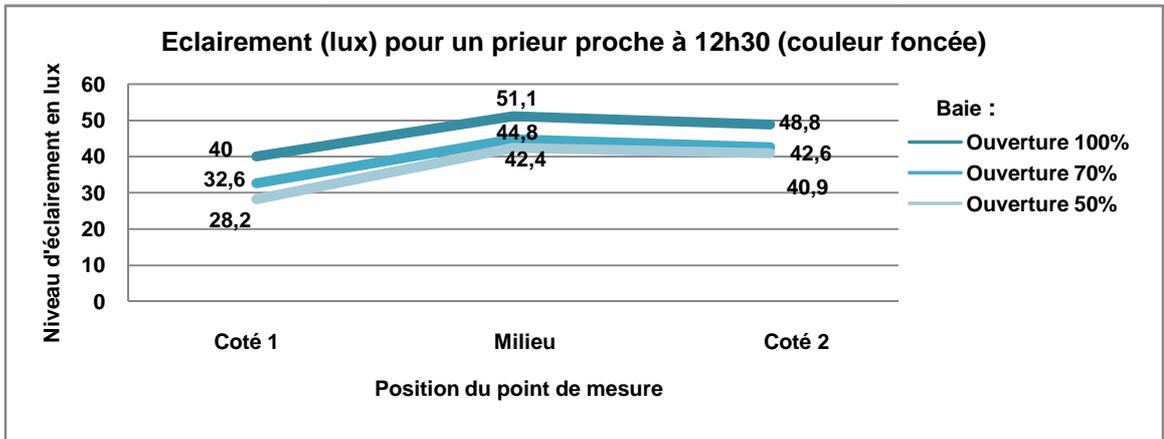


Figure 257 : Eclairage pour un prieur proche au moment de la prière d'El-Dhohr (couleur foncée).

Source : Auteur

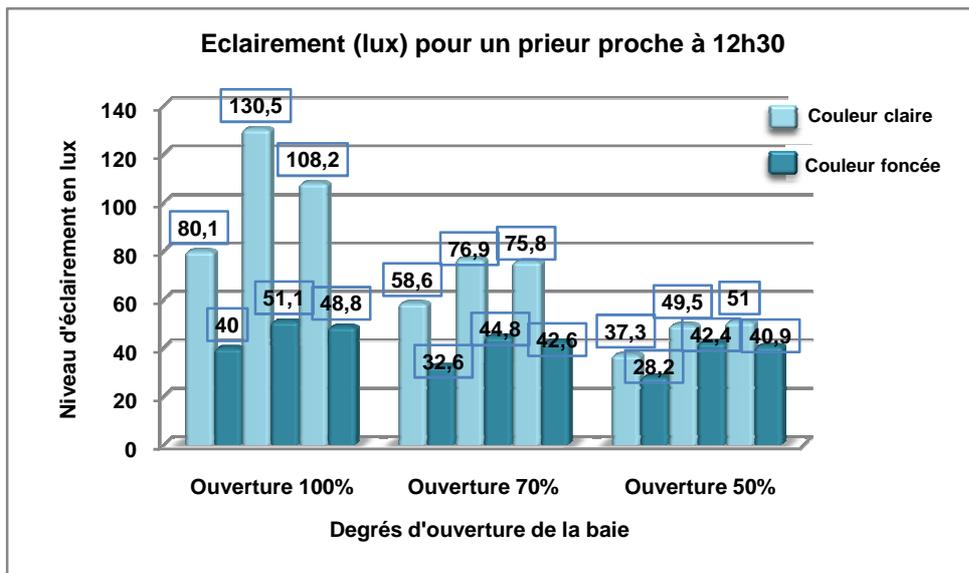


Figure 258 : Eclairage pour un prieur proche au moment de la prière d'El-Dhohr (couleur claire et foncée).

Source : Auteur

On remarque que pour un prier proche ;

- . La baie à ouverture complète 100%, engendre les plus grandes valeurs d'éclairement, suivie de la baie dont la surface est égale à 70% et en dernier celle à 50%,
- . Le point de mesure 'milieu' enregistre les plus grandes valeurs d'éclairement suivi du 'coté2' et en dernier 'coté1',
- . On note un grand intervalle entre les mesures d'éclairement de l'ouverture référence (100%) et les deux autres, particulièrement en cas de couleur claire, la comparaison des mesures correspondant au point 'milieu' enregistre les rapports suivantes ; la mesure de l'ouverture 100% est presque une fois et demi supérieure à l'ouverture 70%, et correspond à plus de deux fois et demi la mesure relative à l'ouverture 50%,
- . Les niveaux d'éclairement enregistrés relativement à l'ouverture 70% sont une fois et demi (27,4 lux) supérieurs à l'ouverture 50% en cas de couleur claire, et relativement à la couleur foncée l'écart est beaucoup moins important (2,4 lux), référence faite au point de mesure 'milieu',
- . La couleur foncée comparée à la couleur claire, fait diminuer les niveaux d'éclairement enregistrés, pour le point de mesure 'milieu', une baisse de plus de la moitié (79 lux) pour la baie référence (surface d'ouverture = 100%), plus de 32 lux pour une ouverture 70% et à peine 7 lux environ pour une ouverture 50%,
- . On note que pour la couleur claire comme pour la couleur foncée, en cas d'ouverture 100% ou en cas des deux autres ouvertures, l'écart entre les valeurs d'éclairement d'un point de mesure à l'autre est important.

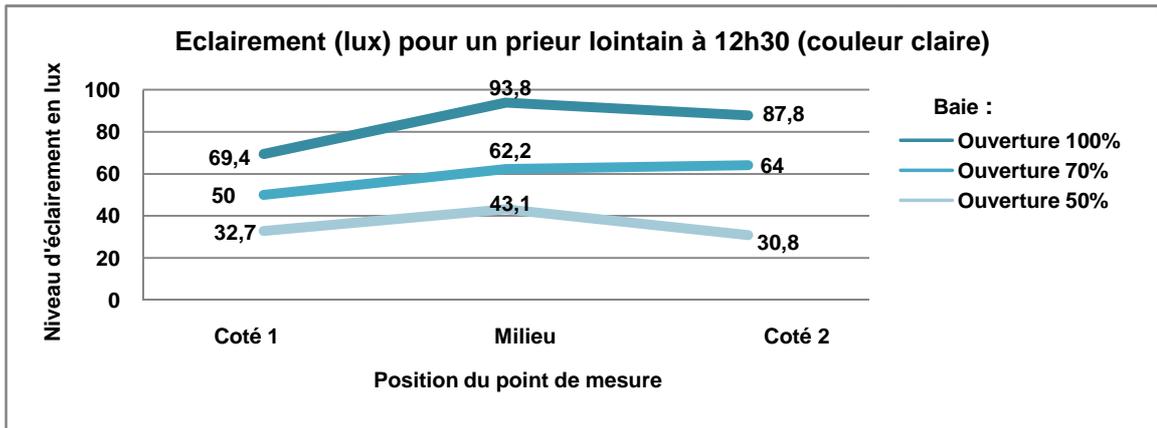


Figure 259 : Eclairage pour un prieur lointain au moment de la prière d'El-Dhohr (couleur claire).

Source : Auteur

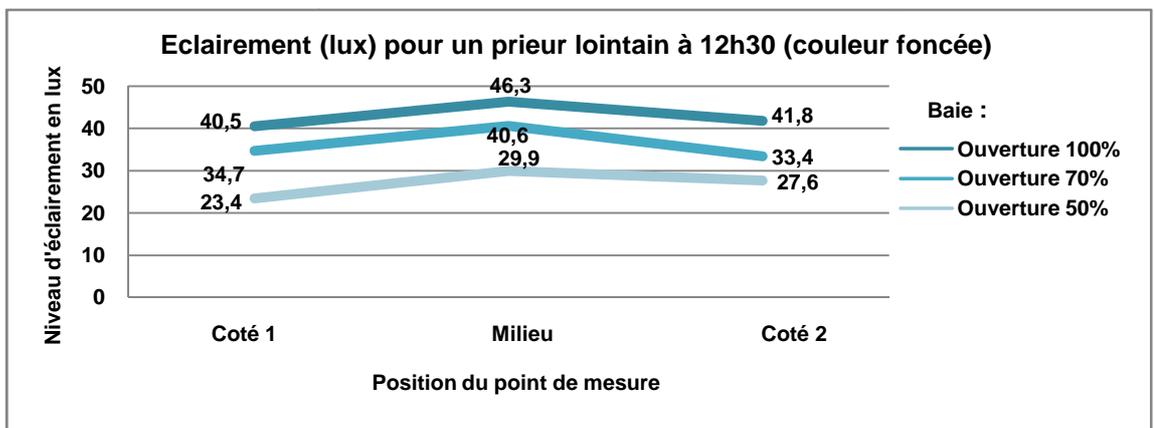


Figure 260 : Eclairage pour un prieur lointain au moment de la prière d'El-Dhohr (couleur foncée).

Source : Auteur

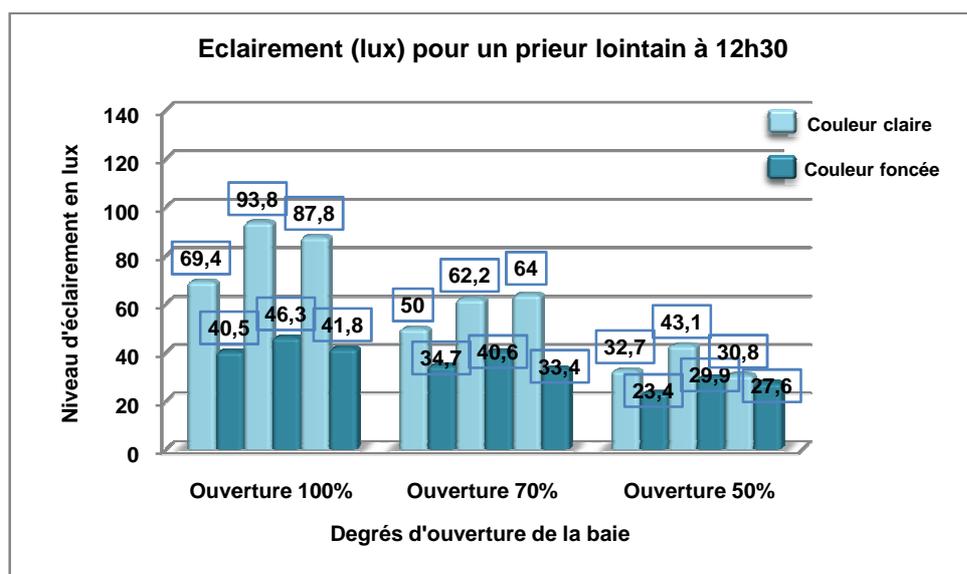


Figure 261 : Eclairage pour un prieur lointain au moment de la prière d'El-Dhohr (couleur claire et foncée).

Source : Auteur

On remarque que pour un prier lointain ;

. Les valeurs culminantes d'éclairage correspondent à l'ouverture complète 100%, suivies de celles relatives à la baie dont la surface constitue 70% de la surface de la baie référence, les valeurs les plus basses émanent de l'ouverture 50%,

. Le point de mesure 'milieu' enregistre les plus grandes valeurs d'éclairage suivi des points 'coté2' et en dernier 'coté1',

. On note un intervalle important entre les mesures d'éclairage correspondant à l'ouverture référence de 100% et les deux autres, notamment en cas de couleur claire, la comparaison des mesures fournit du point 'milieu' marque les rapports suivants ; la mesure de l'ouverture 100% est presque une fois et demi supérieure de l'ouverture 70%, et constitue plus de deux fois la mesure relative à l'ouverture 50%,

. Les niveaux d'éclairage enregistrés relativement à l'ouverture 70% sont presque une fois et demi (19,1 lux) supérieurs à l'ouverture 50% en cas de couleur claire, pour les niveaux d'éclairage liés à la couleur foncée l'écart est minime (10,7 lux), référence faite au point de mesure 'milieu',

. La couleur foncée comparée à la couleur claire, fait diminuer les niveaux d'éclairage enregistrés, en point de mesure 'milieu', une décroissance de plus de la moitié (47,5 lux) est observée pour la baie référence (surface d'ouverture = 100%), cette décroissance est évaluée de 21,6 lux pour une ouverture 70% et 13,2 lux pour une ouverture 50%,

. On note que pour la couleur claire comme pour la couleur foncée, en cas d'ouverture 100% ou en cas des deux autres ouvertures, l'écart entre les valeurs d'éclairage d'un point de mesure à l'autre est important.

2.3.2.1.2 Au moment de la prière d'El-Aasr :

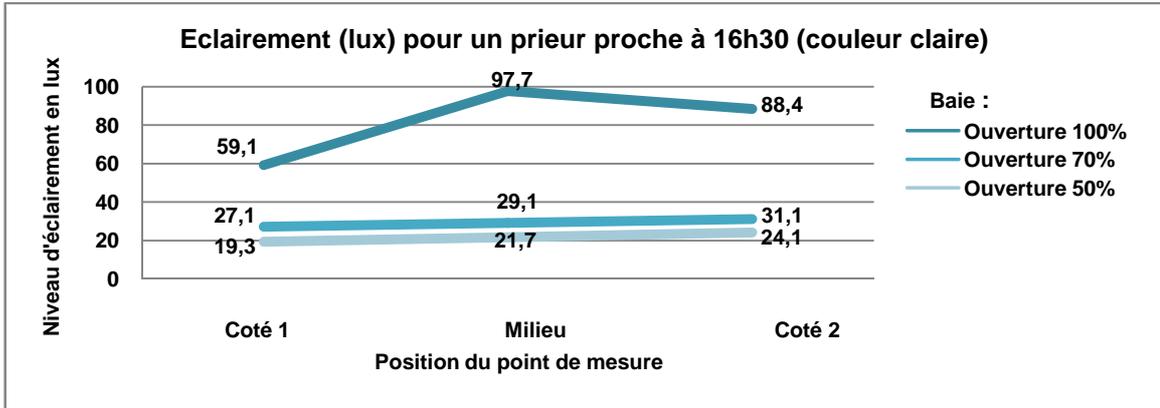


Figure 262 : Eclairage pour un prieur proche au moment de la prière d'El-Aasr (couleur claire).

Source : Auteur

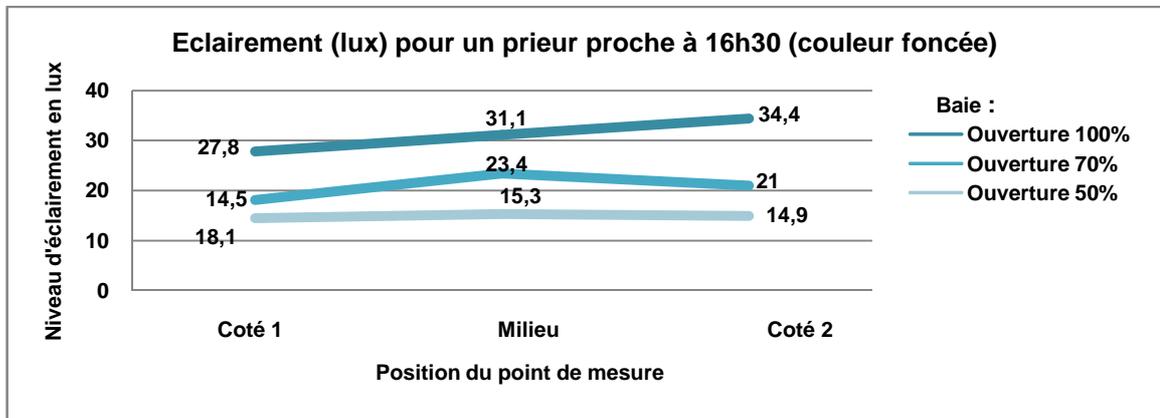


Figure 263 : Eclairage pour un prieur proche au moment de la prière d'El-Aasr (couleur foncée).

Source : Auteur

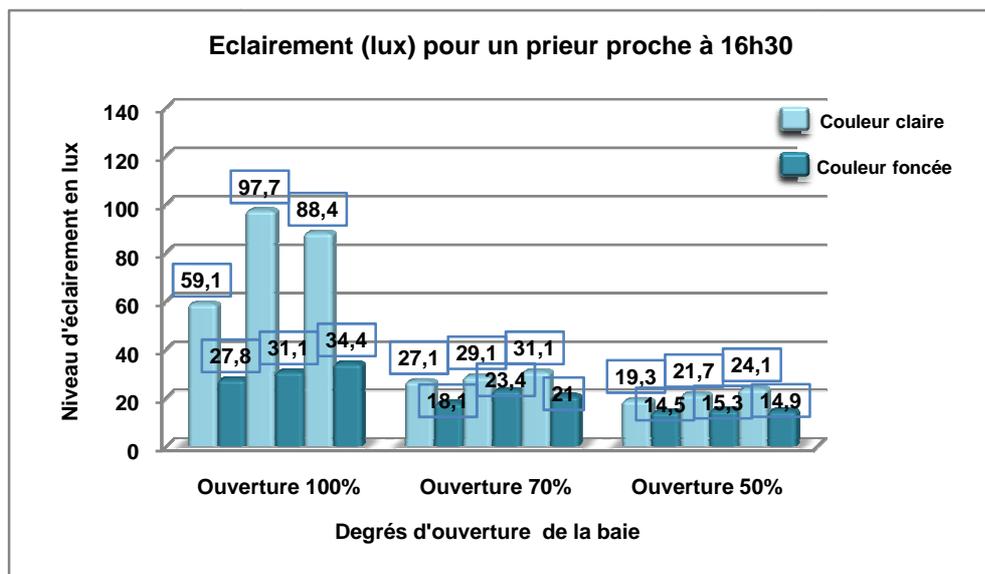


Figure 264 : Eclairage pour un prieur proche au moment de la prière d'El-Aasr (couleur claire et foncée).

Source : Auteur

On remarque que pour un prier proche ;

. Les valeurs culminantes d'éclairéement correspondent à l'ouverture complète 100%, suivie de celles relatives à la baie dont la surface constitue 70% de la surface de la baie référence, les valeurs moindres d'coule de l'ouverture 50%,

. Le point de mesure 'milieu' enregistre les plus grandes valeurs d'éclairéement suivi du 'coté2' et en dernier 'coté1', excepté le cas de l'ouverture référence couleur foncée.

. On note un grand intervalle entre les mesures d'éclairéement de l'ouverture référence de 100% et les deux autres, spécialement en cas de couleur claire, la comparaison des mesures correspondant au point 'milieu' enregistre les rapports suivants ; la mesure de l'ouverture 100% est presque trois fois supérieure à l'ouverture 70%, et constitue quatre fois et un demi la mesure relative à l'ouverture 50%,

. Le niveau d'éclairéement enregistré relativement à l'ouverture 70% est supérieur de (7,4 lux) celui correspondant à l'ouverture 50% en cas de couleur claire, et relativement à la couleur foncée l'écart est légèrement plus grand (8,1 lux), référence faite au point de mesure 'milieu',

. La couleur foncée comparée à la couleur claire, fait diminuer les niveaux d'éclairéement enregistrés, pour le point de mesure 'milieu', une décroissance de deux tiers (66,6 lux) pour la baie référence (surface d'ouverture = 100%), plus de 5lux pour une ouverture 70% et plus de 6 lux environ pour une ouverture 50%,

. On note que pour la couleur claire comme pour la couleur foncée, en cas d'ouverture 100% ou en cas des deux autres ouvertures, l'écart entre les valeurs d'éclairéement d'un point de mesure à l'autre est important.

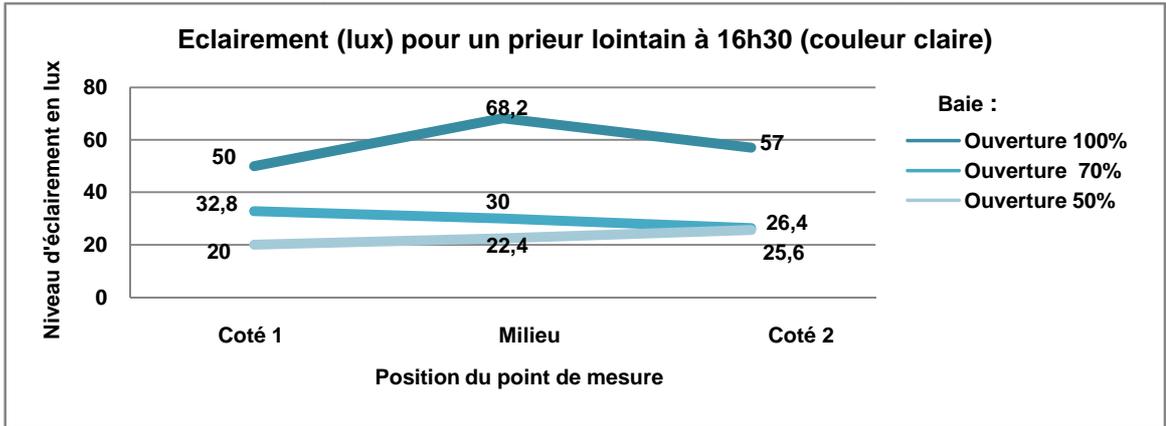


Figure 265 : Eclairage pour un prieur lointain au moment de la prière d'El-Aasr (couleur claire).

Source : Auteur

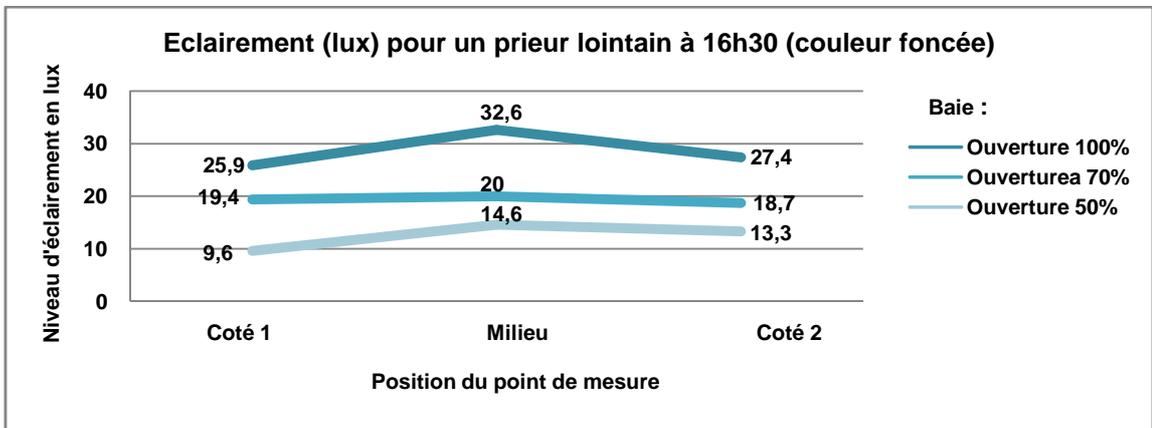


Figure 266 : Eclairage pour un prieur lointain au moment de la prière d'El-Aasr (couleur foncée).

Source : Auteur

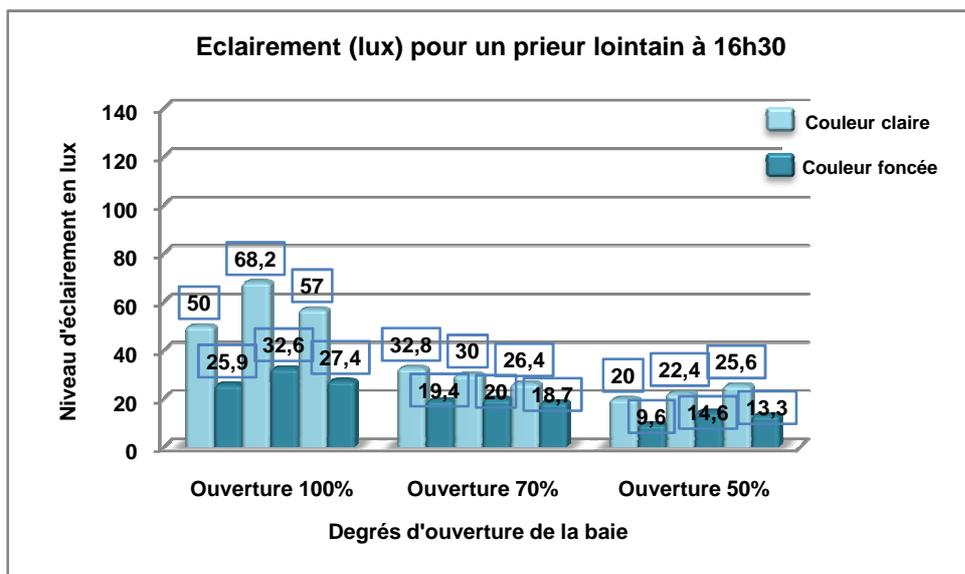


Figure 267 : Eclairage pour un prieur lointain au moment de la prière d'El-Aasr (couleur claire et foncée).

Source : Auteur

On remarque que pour un prieur lointain ;

. La baie à ouverture complète 100%, engendre les plus grandes valeurs d'éclairement, suivie de la baie dont la surface est égale à 70% et en dernier celle à 50%,

. Le point de mesure 'milieu' enregistre les plus grandes valeurs d'éclairement suivi du 'coté2' et en dernier 'coté1',

On note un grand intervalle entre les mesures d'éclairement de l'ouverture référence de 100% et les deux autres , spécialement en cas de couleur claire, la comparaison des mesures correspondant au point 'milieu' enregistre les rapports suivantes ; la mesure de l'ouverture 100% est plus de deux fois supérieure à l'ouverture 70%, et correspond à trois fois la mesure relative à l'ouverture 50%,

. Les niveaux d'éclairement enregistrés relativement à l'ouverture 70% sont supérieurs d'un peu plus une fois (7,6 lux) ceux de l'ouverture 50% en cas de couleur claire, et 5,4 lux relativement à la couleur foncée , référence faite au point de mesure 'milieu',

. La couleur foncée comparée à la couleur claire, fait diminuer les niveaux d'éclairement enregistrés, pour le point de mesure 'milieu', une décroissance d'un peu plus la moitié (35,6 lux) concernant la baie référence (surface d'ouverture = 100%), 10 lux pour une ouverture 70% et 7,8 lux pour une ouverture 50%,

. On note que pour la couleur claire comme pour la couleur foncée, en cas d'ouverture 100% ou pour les deux autres, l'écart entre les valeurs d'éclairement d'un point de mesure à l'autre est important.

2.3.2.2 Conclusion concernant l'éclairage:

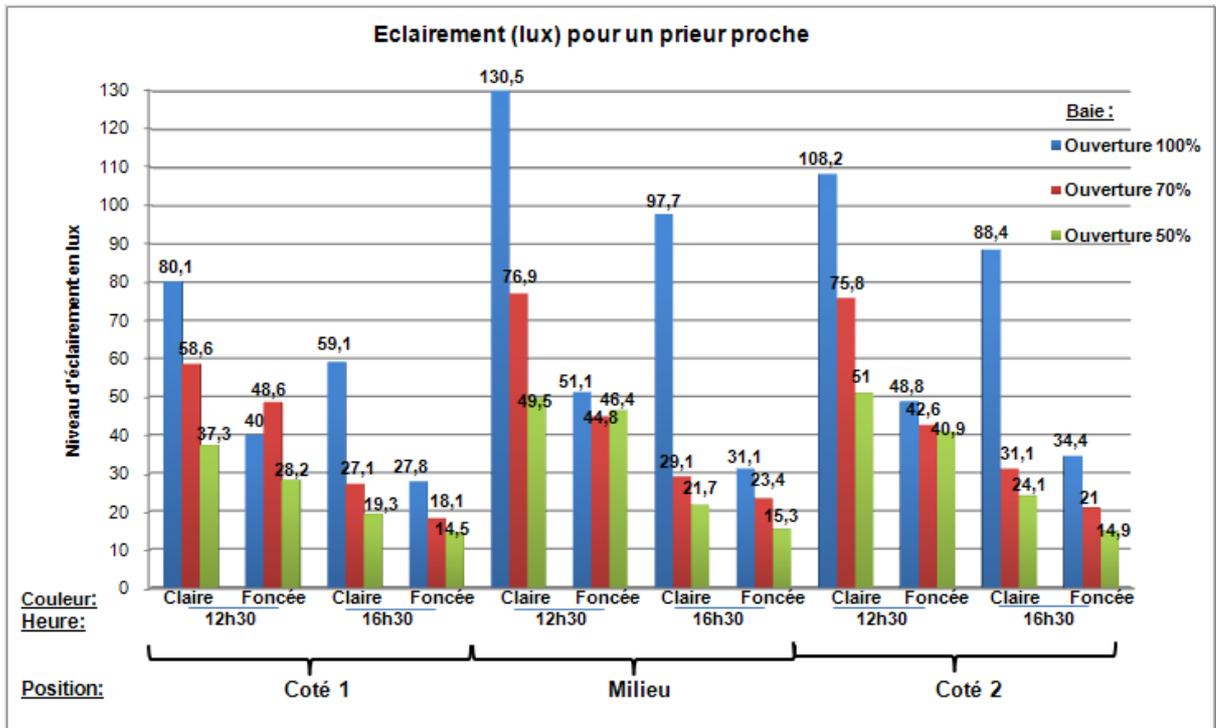


Figure 268 : Eclairage pour un prieur proche aux deux moments de la prière (couleur claire et foncée).

Source : Auteur

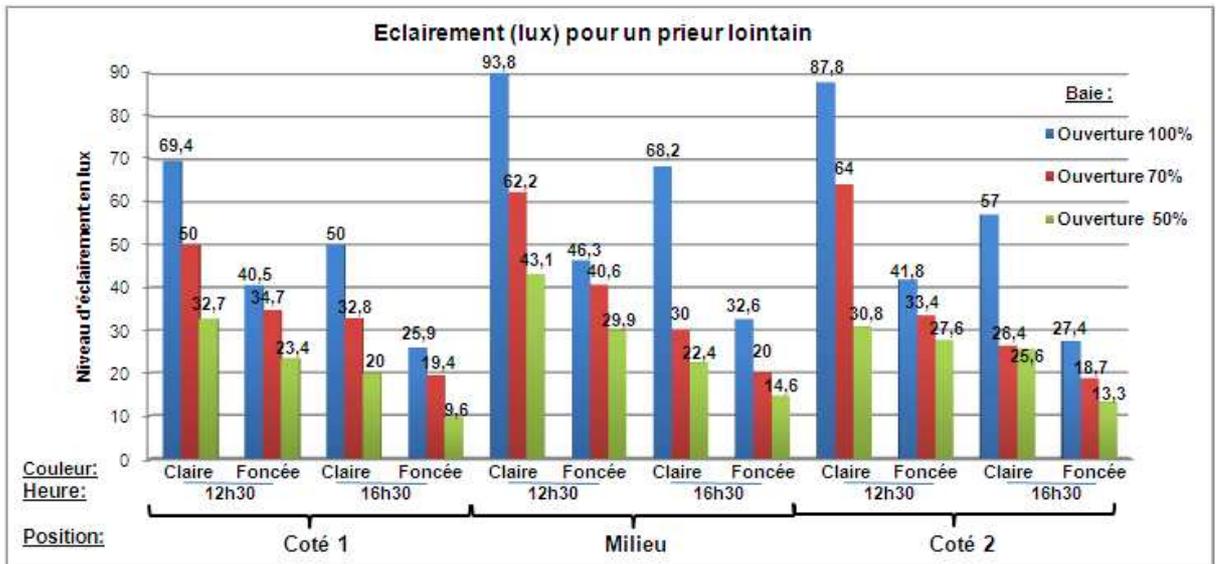


Figure 269 : Eclairage pour un prieur lointain aux deux moments de la prière (couleur claire et foncée).

Source : Auteur

La comparaison des niveaux d'éclairément enregistrés (Figure268, Figure269) nous fournit les renseignements suivants :

- . S'agissant de la couleur claire ou foncée, prieur proche ou lointain, au moment de la prière d'El-Dhohr comme El-Aasr, les niveaux d'éclairément les plus élevés correspondent à l'ouverture 100% ensuite l'ouverture 70%, les valeurs les plus basses coïncident à l'ouverture la plus petite 50%, la décroissance des niveaux d'éclairément est relative à la diminution de la taille de l'ouverture.
- . Les valeurs d'éclairément de la couleur claire sont supérieures aux valeurs concordantes à la couleur foncée.
- . Les niveaux d'éclairéments enregistrés au moment de la prière d'El-Dhohr devancent ceux enregistrés au moment de la prière d'El-Aasr de 30 lux environ.
- . Il est à noter que toutes les valeurs enregistrées même la maximal 130,5 lux (prieur proche à 12h30 ouverture 100%, couleur claire) restent inférieures au niveau recommandé pour une simple lecture, la situation est doublement puis triplement accentuée pour les deux autres ouvertures 70% et 50%.

### 2.3.2.3 Luminance:

#### 2.3.2.3.1 Couleur claire :

Couleur	Claire								
Dimension	100%			70%			50%		
12 30	MIN	MAX	MIN/MAX	MIN	MAX	MIN/MAX	MIN	MAX	MIN/MAX
Debout	11,179	1464,945	0,007631	5,545	1220,141	0,0045445	4,208	1188,905	0,0035393
Assis	11,213	1457,055	0,00769566	5,437	982,878	0,0055317	4,191	967,116	0,0043335

Dimension	100%			70%			50%		
16 30	MIN	MAX	MIN/MAX	MIN	MAX	MIN/MAX	MIN	MAX	MIN/MAX
Debout	5,008	786,126	0,00637048	3,066	764,037	0,0040128	2,717	742,711	0,0036582
Assis	5,155	564,605	0,00913028	3,101	541,157	0,0057303	2,654	519,424	0,0051095

Tableau 19 : Luminance pour un prieur debout et assis aux deux moments de la prière (couleur claire).

Source : Auteur

#### 2.3.2.3.2 Couleur foncée :

Couleur	Foncée								
Dimension	100%			70%			50%		
12 30	MIN	MAX	MIN/MAX	MIN	MAX	MIN/MAX	MIN	MAX	MIN/MAX
Debout	5,261	1452,929	0,00362096	3,583	1450,32	0,0024704	2,401	1445,496	0,0016610
Assis	5,585	1453,901	0,00384139	3,341	1438,967	0,0023218	2,394	1396,333	0,0017144

Dimension	100%			70%			50%		
16 30	MIN	MAX	MIN/MAX	MIN	MAX	MIN/MAX	MIN	MAX	MIN/MAX
Debout	2,472	785,185	0,0031483	1,733	765,07	0,0022651	1,235	521,056	0,0023701
Assis	2,392	561,944	0,00425665	1,713	539,066	0,0031777	1,271	740,7	0,0017159

Tableau 20 : Luminance pour un prieur debout et assis aux deux moments de la prière (couleur foncée).

Source : Auteur

2.3.2.4 Conclusion concernant la luminance :

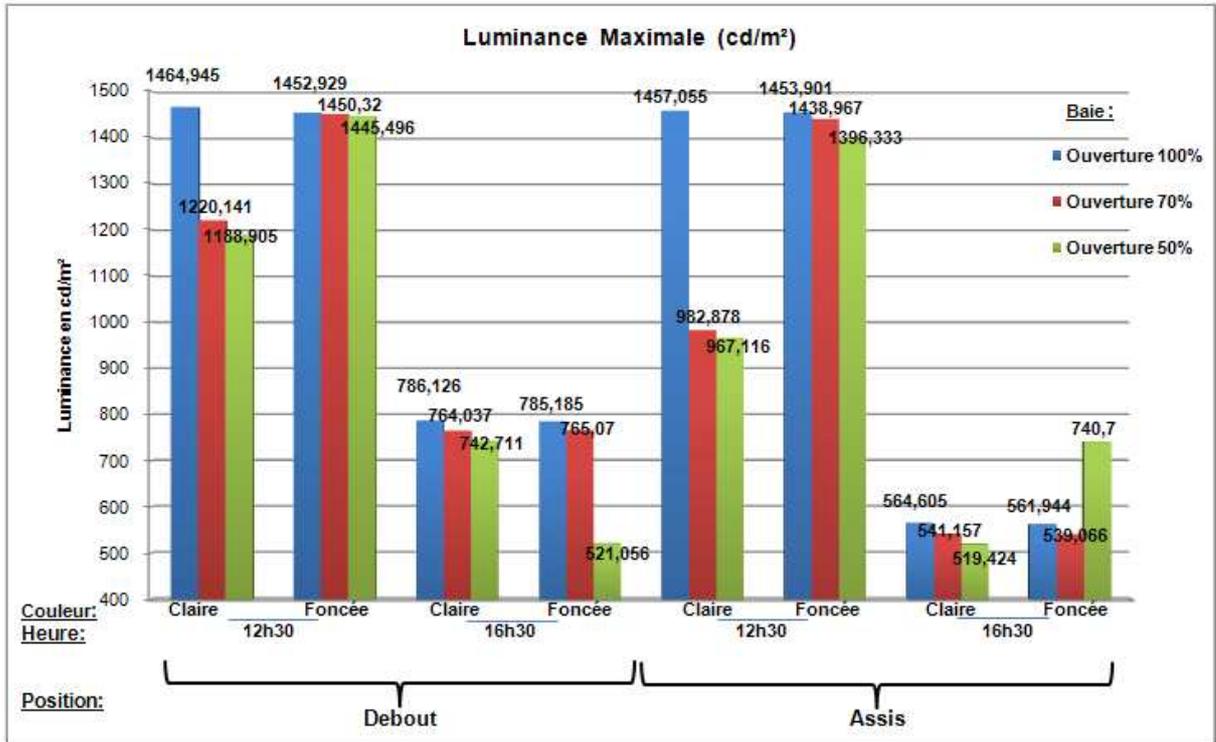


Figure 270 : Luminance maximale pour un prieur debout et assis aux deux moments de la prière (couleur claire et foncée).

Source : Auteur

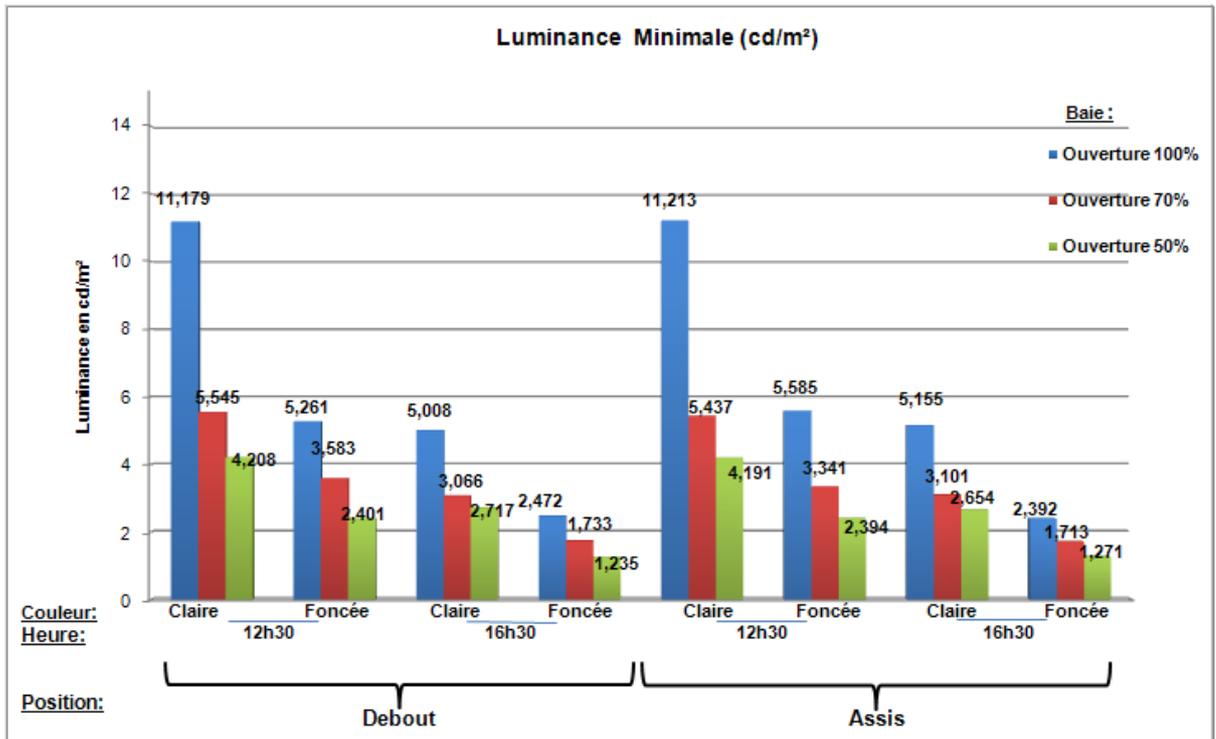


Figure 271 : Luminance minimale pour un prieur debout et assis aux deux moments de la prière (couleur claire et foncée).

Source : Auteur

La lecture faite des figures précédentes révèle;

. Un très grand intervalle est enregistré (1450 cd/m<sup>2</sup> environ) entre les valeurs maximales et minimales de la luminance et ce pour toutes tailles d'ouverture, position debout comme assis, couleur claire comme foncée, on note que cet écart est divisé en trois ou presque au moment de la prière El-Aasr,

. De ce fait le calcul du rapport (luminance min / luminance max) donne des valeurs supérieures à 1/20 et forcément supérieures à 1/40, autrement dit supérieures aux niveaux recommandés,

. Les valeurs de luminance sont proches l'une de l'autre s'agissant d'ouverture 70% et 50% comparées à l'ouverture 100% (l'influence de la taille) et cela pour la couleur claire à 12h30, contrairement à la couleur foncée à 16h30 où on constate un écart plus grand entre les valeurs relatives à l'ouverture 50% et les deux autres tailles d'ouverture,

. Les valeurs les plus grandes de la luminance enregistrées sont relative à l'ouverture la plus grande 100%, la décroissance des valeurs correspond à la diminution de la taille de l'ouverture 70% ensuite 50%,

## **2.4 Conclusion relative à la baie :**

La variation de la taille de l'ouverture et le complément claustra exercent une influence importante sur les niveaux d'éclairement (Figure250, Figure251), (Figure266, Figure267) et de luminance enregistrés (Figure252, Figure253), (Figure268, Figure269), comparé à la texture.

Néanmoins, il semble impossible de déterminer une relation bien claire et constante entre la variation de la taille de l'ouverture et du complément claustra, compte tenu les niveaux d'éclairement et de luminance enregistrés entre les deux moments de la journée et particulièrement entre prier proche et lointain (éclairement du fond) et entre les trois points de mesure (éclairement du milieu et éclairement des cotés).

Le complément claustra exerce beaucoup plus d'influence sur les niveaux d'éclairement que sur ceux de luminance comparé à la taille de l'ouverture.

Cependant on note des résultats beaucoup moins contrastés concernant les niveaux d'éclairements relatifs aux claustras, qui fournissent une répartition homogène de la lumière.

## 2.5 Espace :

### 2.5.1 Division :

#### 2.5.1.1 Éclairément :

##### 2.5.1.1.1 Au moment de la prière d'El-Dhohr :

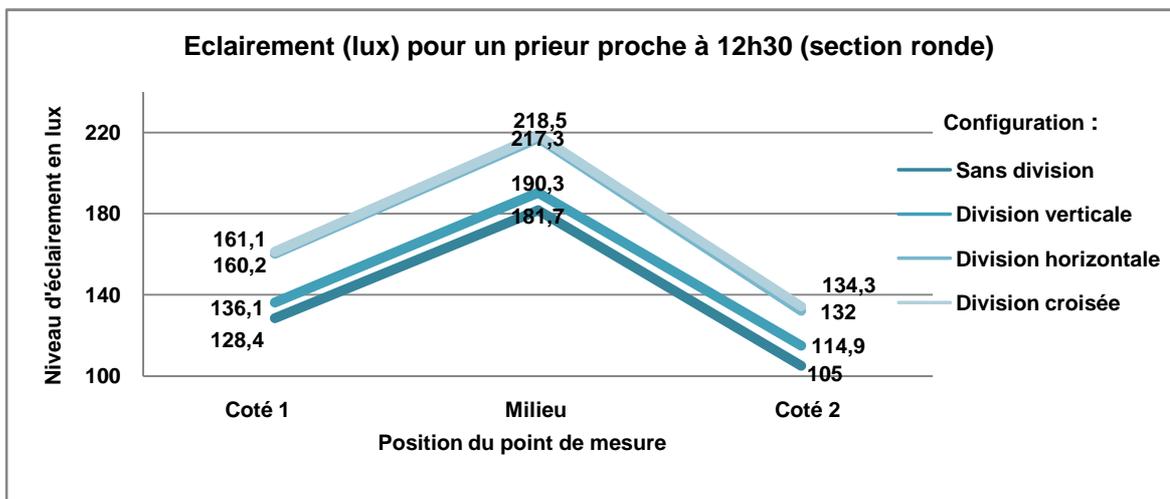


Figure 272 : Eclairément pour un prieur proche au moment de la prière d'El-Dhohr (section ronde).

Source : Auteur

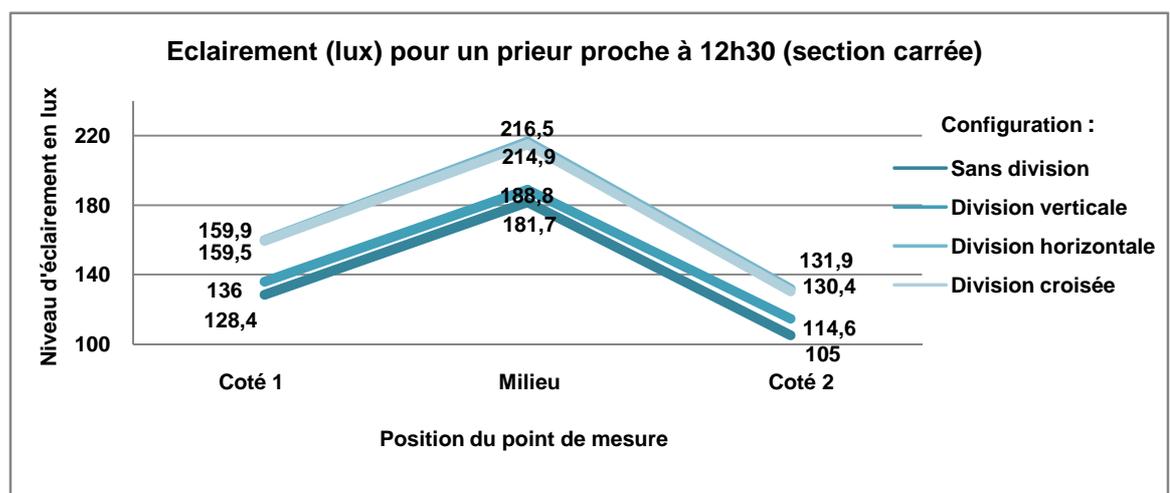
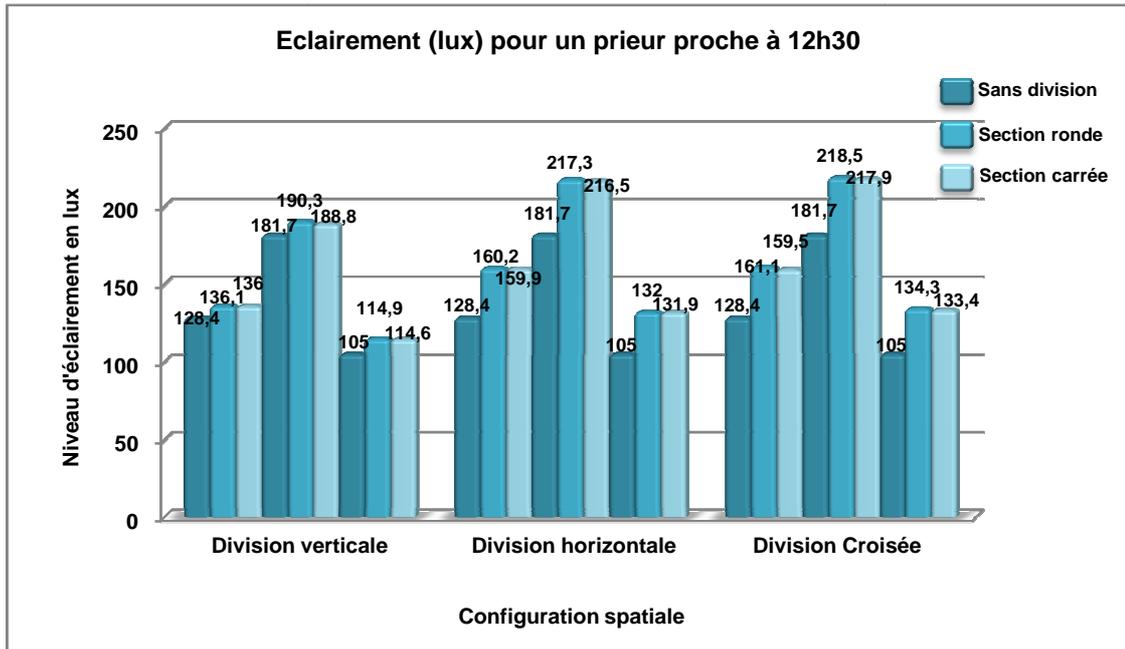


Figure 273 : Eclairément pour un prieur proche au moment de la prière d'El-Dhohr (section carrée).

Source : Auteur



**Figure 274 :** Eclairage pour un prieur proche au moment de la prière d'El-Dhojr (sans division, section ronde, section carrée).

**Source :** Auteur

On remarque que pour un prieur proche ;

- . Les niveaux d'éclairage sont organisés hiérarchiquement comme suit ; la valeur culminante correspond à la division croisée et la division horizontale (courbes superposées) ensuite la division verticale et en dernier l'espace sans division,
- . Les bâtonnés correspondants à la section ronde dépassent de très peu, par leurs valeurs, ceux correspondant à la section carrée (1 lux voir moins),
- . Le point de mesure 'milieu' enregistre les plus grandes valeurs d'éclairage suivi du 'coté2' et en dernier 'coté1',
- . On remarque que les courbes épousent la même forme (même logique) de plus, en note un intervalle presque régulier entre les valeurs d'éclairage.

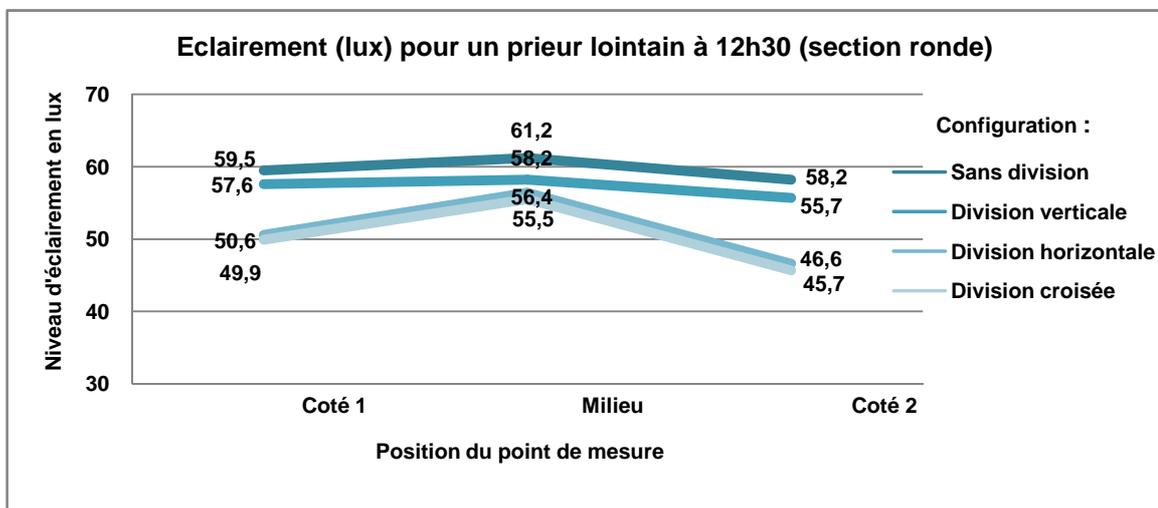


Figure 275 : Eclairage pour un prieur lointain au moment de la prière d'El-Dhohr (section ronde).

Source : Auteur

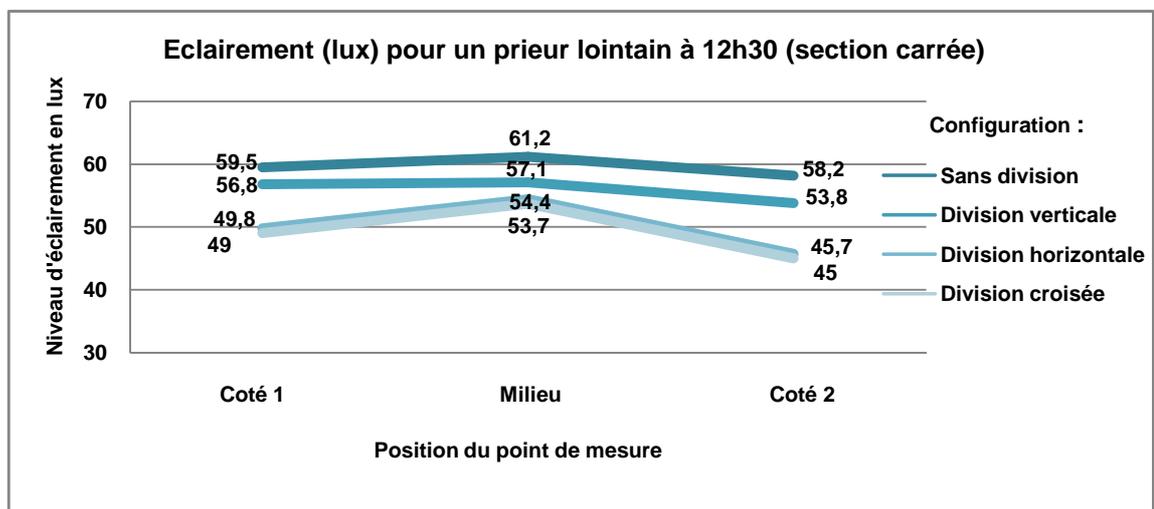
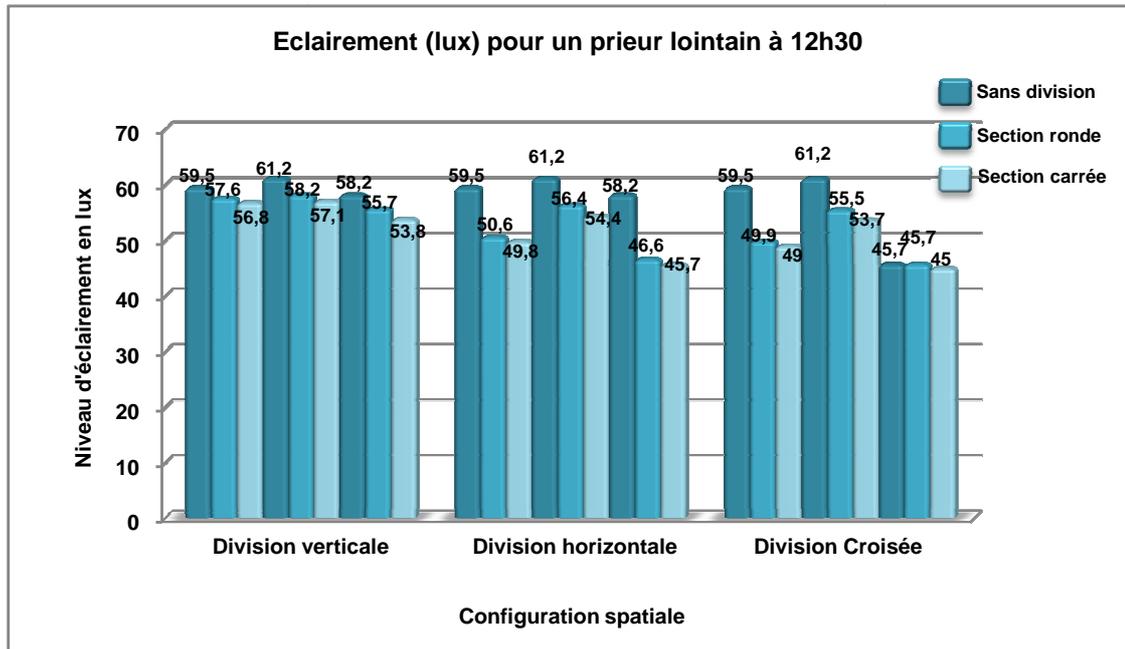


Figure 276 : Eclairage pour un prieur lointain au moment de la prière d'El-Dhohr (section carrée).

Source : Auteur



**Figure 277 :** Eclairage pour un prieur lointain au moment de la prière d'El-Dhohr (sans division, section ronde, section carrée).

**Source :** Auteur

On remarque que pour un prieur lointain ;

. Les niveaux d'éclairage sont organisés en ordre décroissant comme suit ; la valeur culminante correspond à l'espace sans division ensuite la division verticale et en dernier la division croisée et la division horizontale (courbes superposées),

. Les bâtonnés correspondant à la section ronde excèdent de très peu, par leurs valeurs, ceux correspondant à la section carrée (1 lux voir moins),

. Le point de mesure 'milieu' enregistre les plus grandes valeurs d'éclairage suivi du 'coté2' et en dernier 'coté1',

. On remarque que les courbes épousent la même forme (même logique) de plus, on note un intervalle presque régulier entre les valeurs d'éclairage.

### 2.5.1.1.2 Au moment de la prière d'El-Aasr :

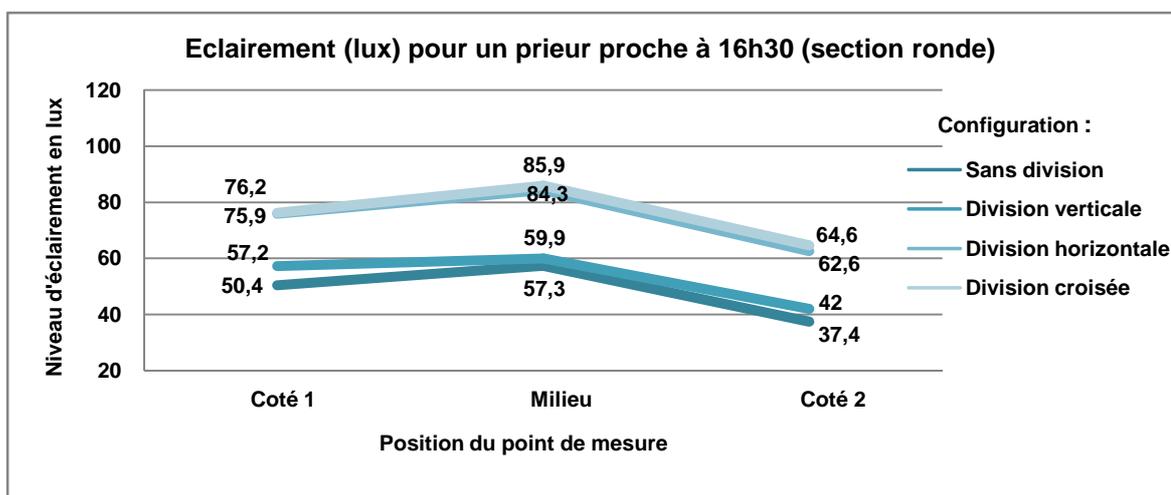


Figure 278 : Eclairage pour un prieur proche au moment de la prière d'El-Aasr (section ronde).

Source : Auteur

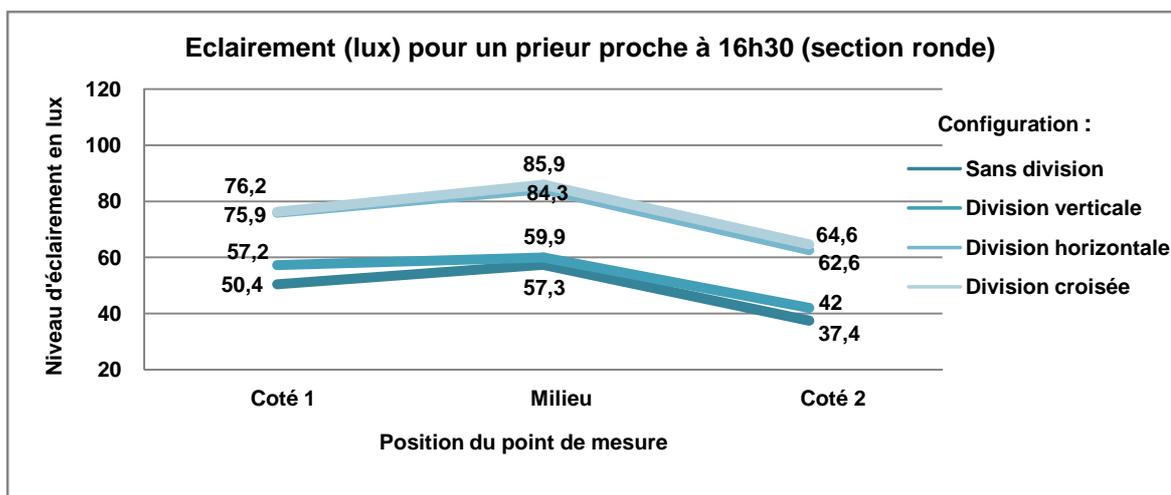
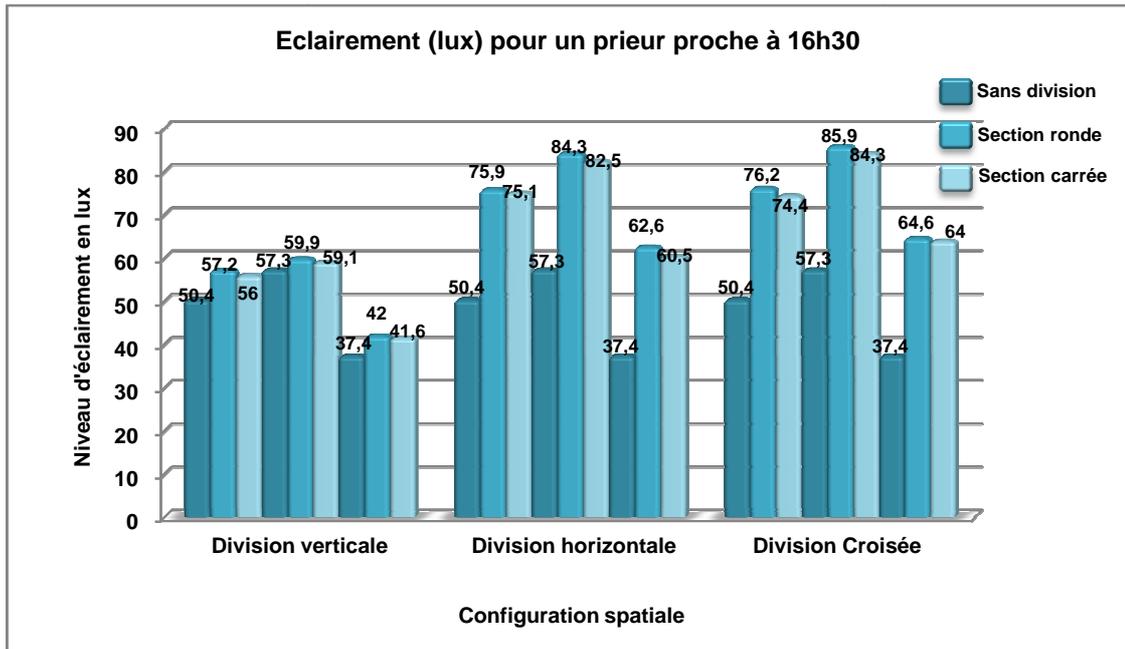


Figure 279 : Eclairage pour un prieur proche au moment de la prière d'El-Aasr (couleur carrée).

Source : Auteur

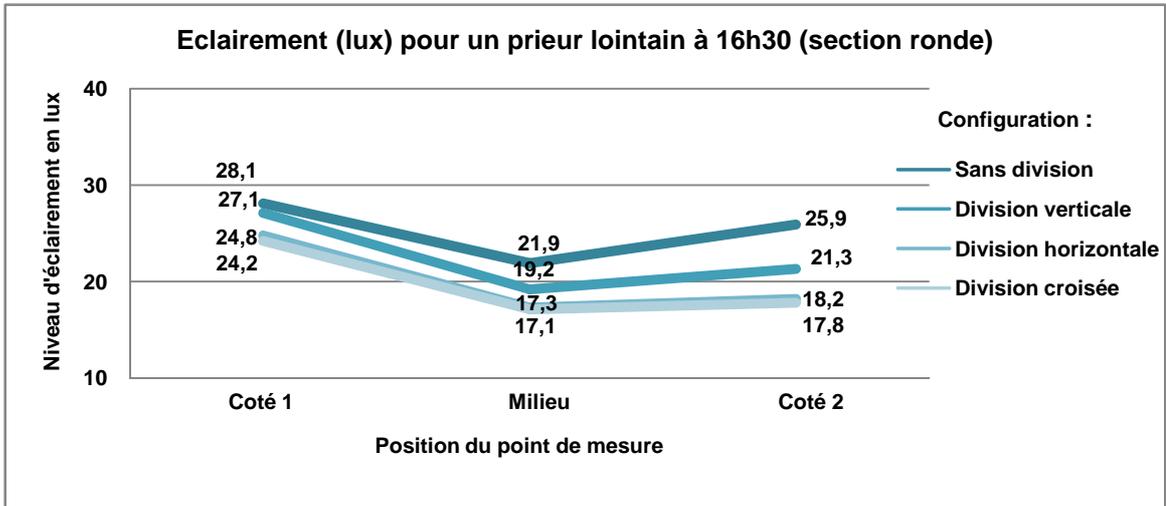


**Figure 280** : Eclairage pour un prieur proche au moment de la prière d'El-Aasr (sans division, section ronde, section carré).

Source : Auteur

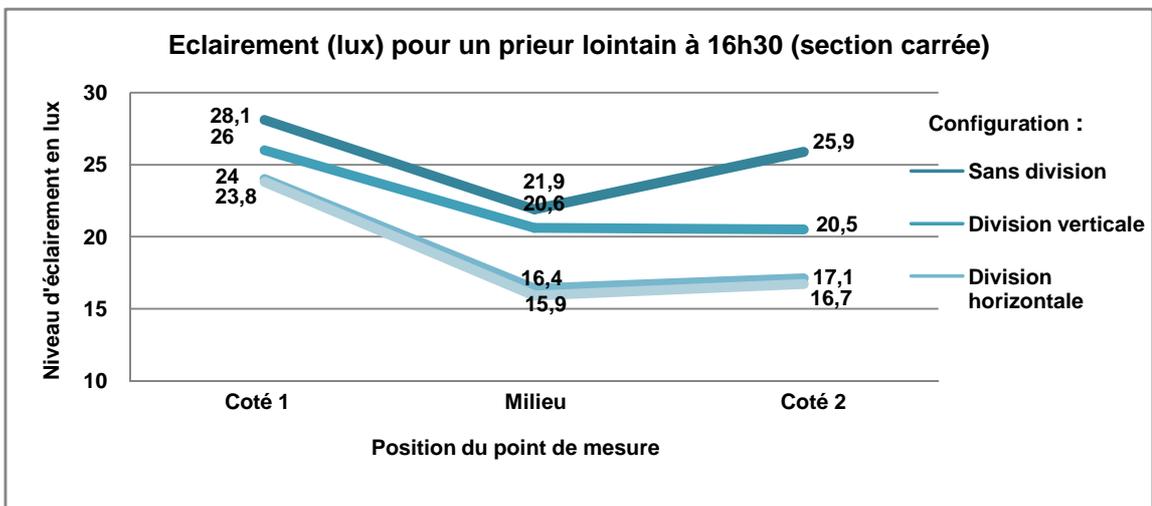
On remarque que pour un prieur proche ;

- . Les niveaux d'éclairage sont organisés hiérarchiquement comme suit ; la valeur culminante correspond à la division croisée et la division horizontale (courbes superposées) ensuite la division verticale et en dernier l'espace sans division,
- . Les bâtonnés correspondant à la section ronde dépassent de très peu, par leurs valeurs, ceux correspondants à la section carrée (2 lux voir moins),
- . Le point de mesure 'milieu' enregistre les plus grandes valeurs d'éclairage suivi du 'coté2' et en dernier 'coté1',
- . On remarque que les courbes épousent la même forme (même logique) de plus, en note un intervalle presque régulier entre les valeurs d'éclairage.



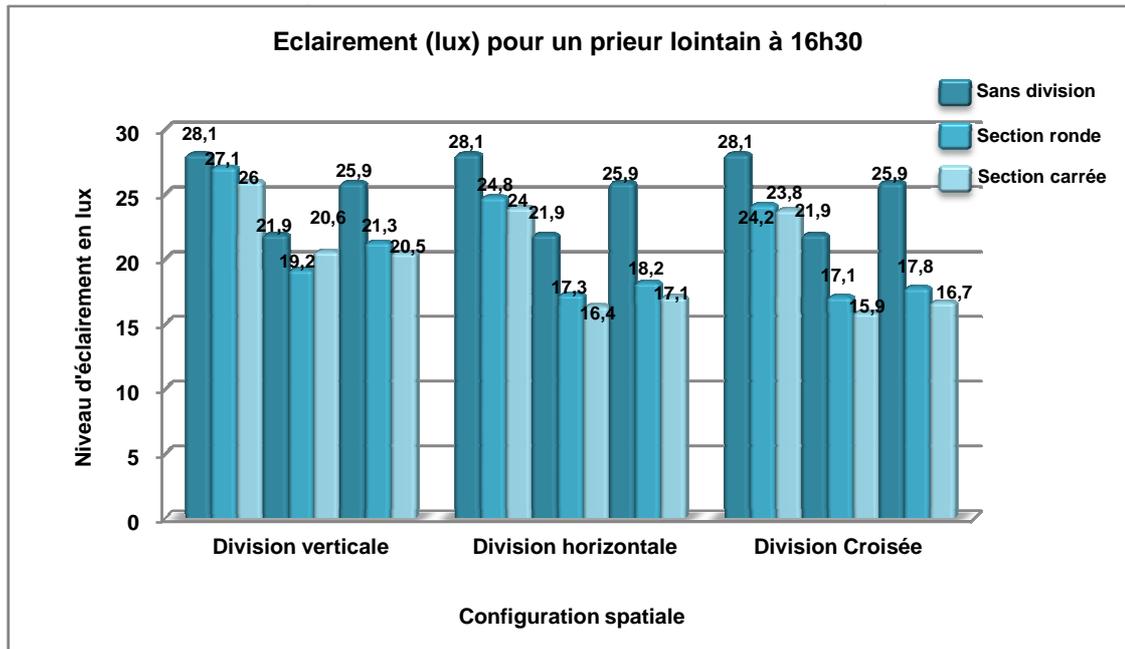
**Figure 281 :** Eclairage pour un prieur lointain au moment de la prière d'El-Aasr (section ronde).

Source : Auteur



**Figure 282 :** Eclairage pour un prieur lointain au moment de la prière d'El-Aasr (section carrée).

Source : Auteur



**Figure 283 :** Eclairage pour un prieur lointain au moment de la prière d'El-Aasr (sans division, section ronde, section carrée).

**Source :** Auteur

On remarque que pour un prieur lointain ;

- . Les niveaux d'éclairage sont organisés en ordre décroissant comme suit ; la valeur culminante correspond à l'espace sans division ensuite la division verticale et en dernier la division croisée et la division horizontale (courbes superposées),
- . Les bâtonnés correspondant à la section ronde dépassent de très peu, par leurs valeurs, ceux correspondants à la section carrée (1 lux voir moins),
- . Le point de mesure 'coté2' enregistre les plus grandes valeurs d'éclairage suivi du 'coté2' et en dernier 'milieu',

2.5.1.2 Conclusion concernant l'éclairage:

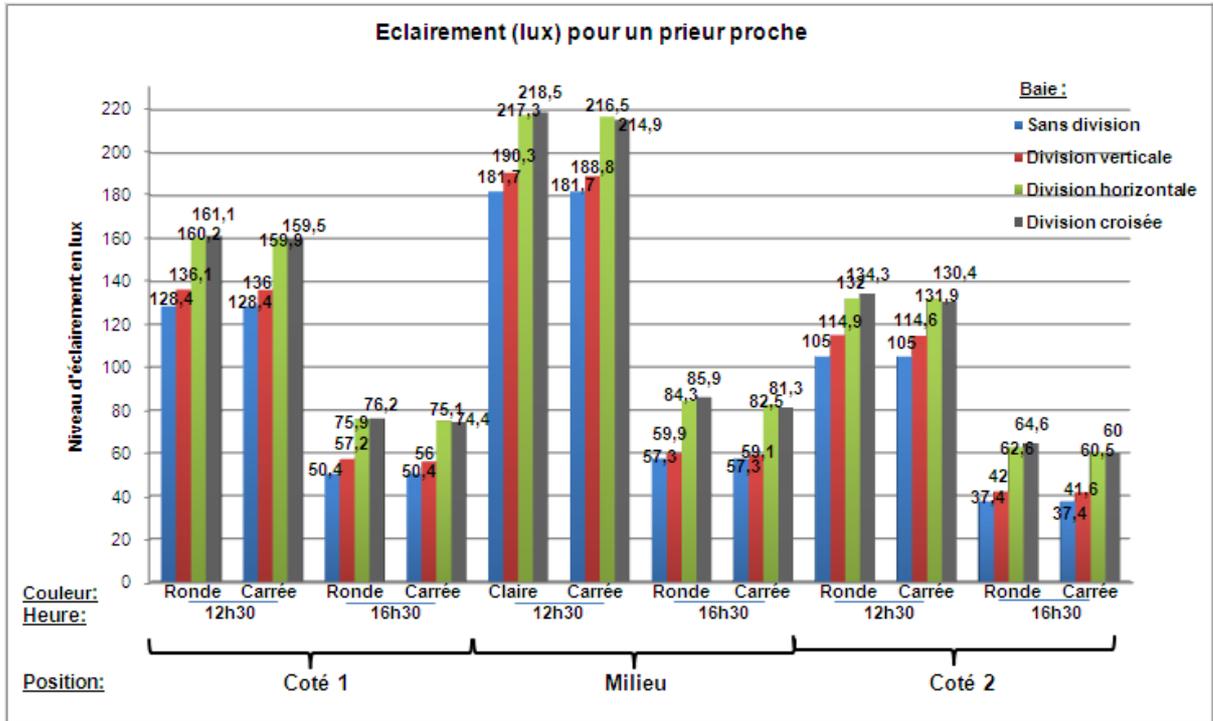


Figure 284 : Eclairage pour un prieur proche aux deux moments de la prière (sans division, section ronde, section carrée).

Source : Auteur

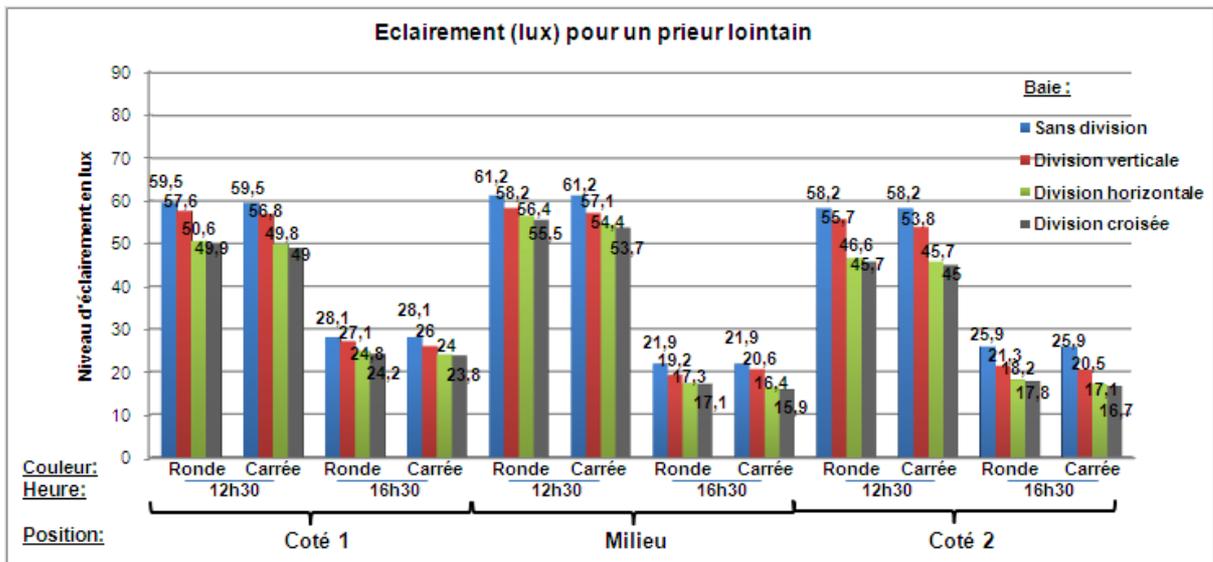


Figure 285 : Eclairage pour un prieur lointain aux deux moments de la prière (couleur claire et foncée).

Source : Auteur

La lecture des graphes (Figure284, Figure285) nous fournit les éclaircissements suivants :

. Considération faite à un prieur proche, section ronde ou carrée des poteaux, au moment de la prière d'El-Dhohr comme El-Aasr, les niveaux d'éclairément les plus élevés correspondent à espace à division croisée avec la division horizontale (courbes superposées) ensuite espace à division verticale et en dernier l'espace sans division,

. Contrairement à un prieur lointain (éclairage du fond) les niveaux d'éclairément s'organisent en ordre décroissant comme suit ; l'espace sans division ensuite espace à division verticale et en dernier à division croisée avec la division horizontale (courbes superposées),

. Cet ordre trouve sa justification dans le fait que la division de l'espace constitue un obstacle matériel à la distribution intérieure de la lumière naturelle alors, on remarque un emprisonnement et une condensation de la lumière naturelle dans la zone immédiate des baies (prieur proche) au détriment de la zone du fond (prieur lointain), cependant la division verticale configure une canalisation du flux lumineux, alors que la division horizontale et croisée instaurent une barrière à la propagation de la lumière.

. Les valeurs d'éclairément correspondant à la section ronde sont légèrement nuancées (maximum 2lux d'intervalle) de celles relatives à la section carrée (bâtonnés à hauteur identique),

. Les niveaux d'éclairéments enregistrés au moment de la prière d'El-Dhohr devancent doublement ceux enregistrés au moment de la prière d'El-Aasr,

### 2.5.1.3 Luminance:

#### 2.5.1.3.1 Section Ronde :

Division	VERTICALE			HORIZONTALE			CROISEE		
	MIN	MAX	MIN/MAX	MIN	MAX	MIN/MAX	MIN	MAX	MIN/MAX
12 30									
Debout	9,843	2341,751	0,00420326	203,63	2352,681	0,0865531	45,558	2343,223	0,0194424
Assis	10,314	2206,662	0,00467403	207,00	2230,077	0,0928228	45,408	2214,255	0,0205071

Division	VERTICALE			HORIZONTALE			CROISEE		
	MIN	MAX	MIN/MAX	MIN	MAX	MIN/MAX	MIN	MAX	MIN/MAX
16 30									
Debout	3,946	1471,723	0,00268121	94,694	1480,53	0,0639595	22,084	1472,078	0,0150019
Assis	4,093	1384,561	0,00295617	96,282	1396,39	0,0689506	22,344	1393,358	0,0160360

Tableau 21 : Luminance pour un prieur debout et assis aux deux moments de la prière (section ronde).

Source : Auteur

#### 2.5.1.3.2 Section carrée :

Division	VERTICALE			HORIZONTALE			CROISEE		
	MIN	MAX	MIN/MAX	MIN	MAX	MIN/MAX	MIN	MAX	MIN/MAX
12 30									
Debout	8,336	2339,123	0,00356373	6,525	2336,183	0,0027930	7,009	2337,341	0,0029987
Assis	8,702	2205,059	0,00394638	6,944	2208,159	0,0031447	7,32	2203,395	0,0033221

Division	VERTICALE			HORIZONTALE			CROISEE		
	MIN	MAX	MIN/MAX	MIN	MAX	MIN/MAX	MIN	MAX	MIN/MAX
16 30									
Debout	3,806	1467,662	0,0025932	2,814	1471,394	0,0019125	2,804	1475,645	0,0019001
Assis	4,047	1391,669	0,002908	2,894	1394,188	0,0020758	2,93	1386,081	0,0021138

Tableau 22 : Luminance pour un prieur debout et assis aux deux moments de la prière (section carrée).

Source : Auteur

2.5.1.4 Conclusion concernant la luminance :

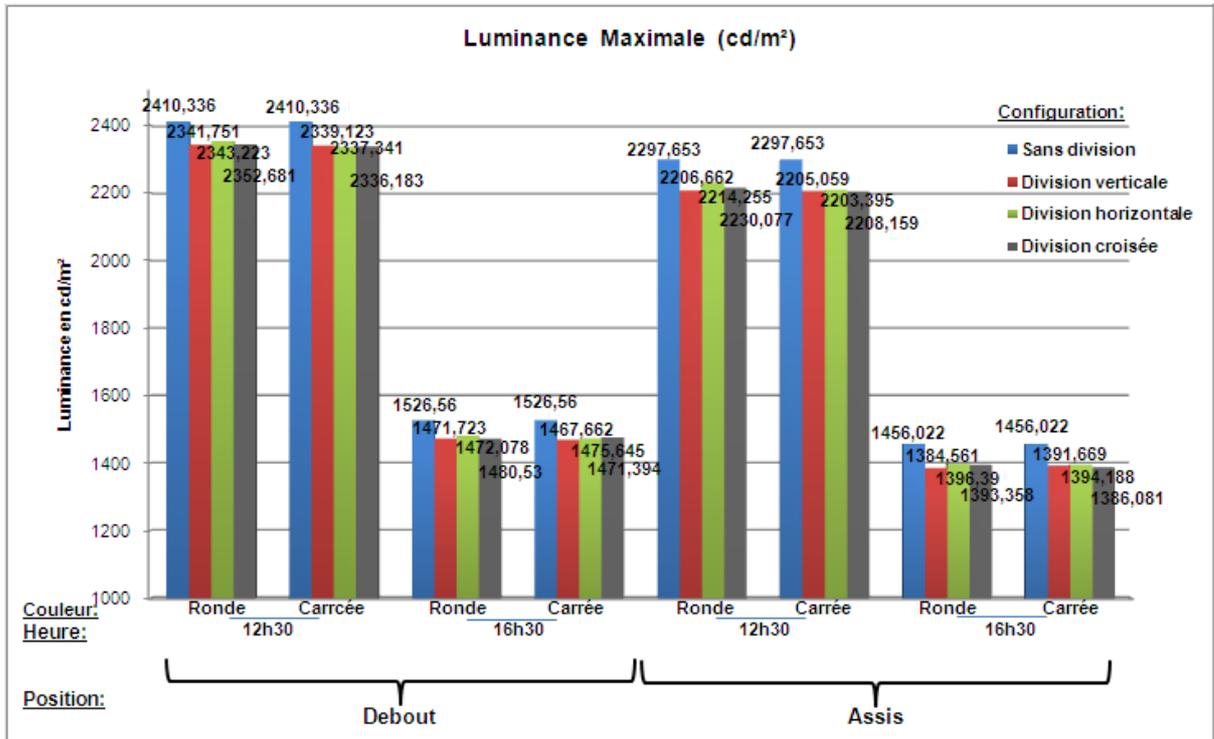


Figure 286 : Luminance maximale pour un prieur debout et assis aux deux moments de la prière (toutes configurations).

Source : Auteur

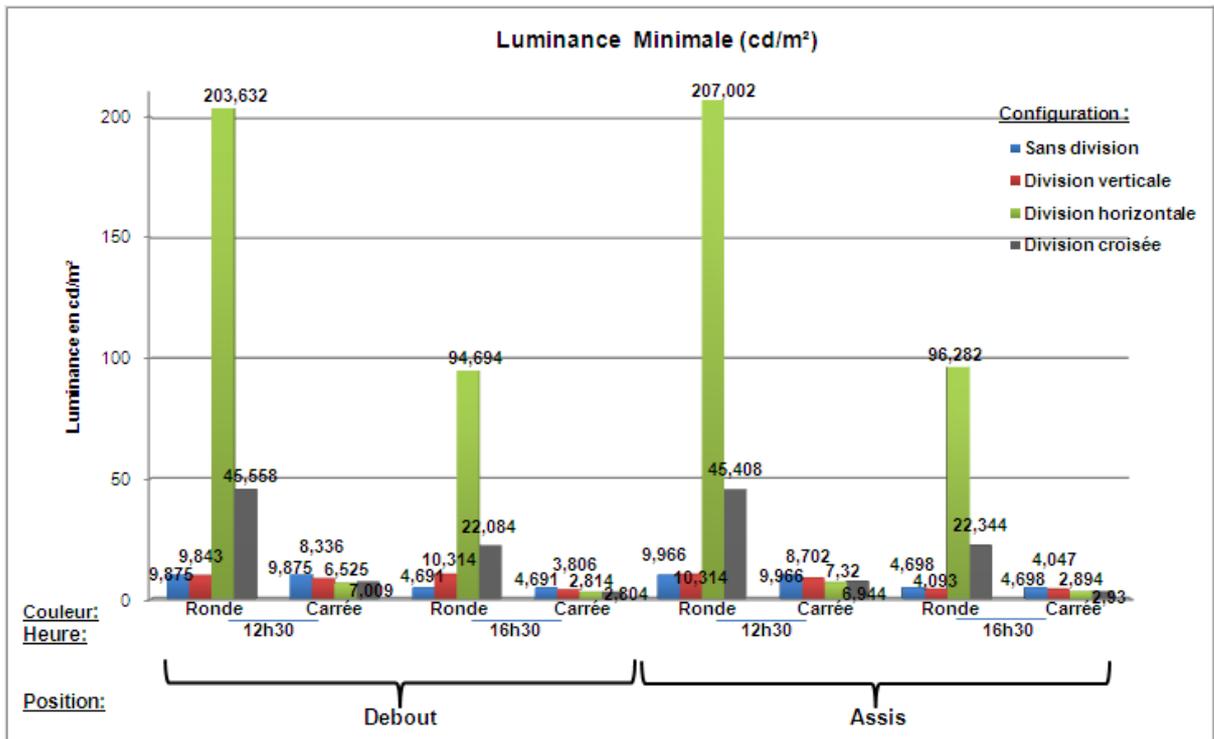


Figure 287 : Luminance minimale pour un prieur debout et assis aux deux moments de la prière (toutes configurations).

Source : Auteur

La lecture faite des figures précédentes révèle ;

. Un très grand écart est enregistré entre les valeurs maximales et minimales de la luminance, position debout comme assis, section ronde comme carrée, on note que cet écart est divisé par deux ou presque au moment de la prière El-Aasr.

. De ce fait le calcul du rapport (luminance min / luminance max) fournit des valeurs supérieures à 1/20 et forcément supérieures à 1/40, autrement dit supérieures aux niveaux recommandés, exception faite pour section ronde prieur debout comme assis en cas de division horizontale aux deux moments de la simulation et en cas de division croisée au moment de la prière d'El-Dhohr.

. Les valeurs culminantes de la luminance sont enregistrées en cas d'espace sans division, les autres valeurs se valent (très rapprochées) de divisions à une autre, distinction faite entre les moments de la simulation et d'une position à une autre.

. Dans tous les cas la valeur de luminance maximale dépassent 500 cd/m<sup>2</sup> donnant ainsi des surfaces éblouissantes.

## **2.6 Conclusion relative à la division :**

La variation de la division de l'espace intérieur entre horizontale et croisée exerce une influence négligeable sur les niveaux d'éclairage et de luminance enregistrés,

La variation de la section des colonnes exerce une influence insignifiante sur les niveaux d'éclairage et de luminance enregistrée, préférence faite pour la section ronde (rapport ; luminance min / luminance max).

Il en découle que les meilleurs résultats enregistrés, s'agissant de prieur proche ou lointain à 12h30 comme à 16h30, sont ceux relatifs à espace sans division, plus homogènes et plus équilibré entre la zone immédiate aux baies et la zone lointaine.

## Conclusion :

À partir des simulations précédentes on arrive à fixer les variables clés de notre étude expérimentales, et ce après simplification et élimination :

La couleur et la texture de la paroi horizontale haute participent activement à l'éclairage de l'espace, contrairement à la paroi horizontale basse; La variation de la texture des parois verticales exerce une influence infime sur les niveaux d'éclairage et de luminance enregistrés relativement aux cas A et C où la paroi horizontale basse acquiert une texture rugueuse à couleur foncée qui affiche des résultats presque identiques toutefois on note que les résultats de A devancent de 1 à 2 lux ceux correspondant au cas C.

La variation de la taille de l'ouverture et le complément claustra exercent une influence importante sur les niveaux d'éclairage, en même temps, **il semble impossible de déterminer une relation bien claire et constante entre ces deux variables**, compte tenu des niveaux d'éclairage et de luminance enregistrés entre les deux moments de la journée et particulièrement entre le point proche et lointain (éclairage du fond) et entre les trois points de mesure (éclairage du milieu et éclairage des côtés).

La variation de la division de l'espace intérieur entre horizontale et croisée exerce une influence négligeable sur les niveaux d'éclairage et de luminance enregistrés, pour ne pas se répéter, **la simulation de la division horizontale (plus courante) sera suffisante.**

La variation de la section des colonnes exerce une influence insignifiante sur les niveaux d'éclairage et de luminance enregistrés, préférence faite pour la section ronde (rapport ; luminance min / luminance max), **seule la section ronde des colonnes sera simulée.**

## Introduction :

Dans ce chapitre, nous effectuons des simulations informatiques de l'éclairage naturel en vue de pourvoir notre étude de résultats nécessaires au sujet de l'ambiance lumineuse intérieure comme produit de l'interaction Baie/CRI, le cas des mosquées à salle de prière hypostyles en Algérie. Ceci, en effectuant les principales manipulations sur les deux modèles développés au chapitre trois, à savoir ; i)  $A_1$  la mosquée à salle hypostyle et toiture plate et ii)  $A_2$  la mosquée à salle hypostyle et toiture pyramidale. Une fois les résultats obtenus, nous procédons à leur présentation et interprétation.

### 1. Description de l'expérimentation :

L'expérimentation consiste à accomplir des simulations des niveaux d'éclairement et de luminance à l'intérieur des modèles de mosquée déjà élaborés au chapitre trois.

### 2. Les paramètres de simulation :

Les simulations présentées au cours de ce chapitre et le chapitre suivant sont élaborées au moyen du logiciel Radiance.

Elles sont toutes réalisées à partir d'un modèle de base de 17m de profondeur, 17m de largeur et 6m de hauteur, avec une cour adjacente de forme carrée faisant 10m de côté (Figure288).

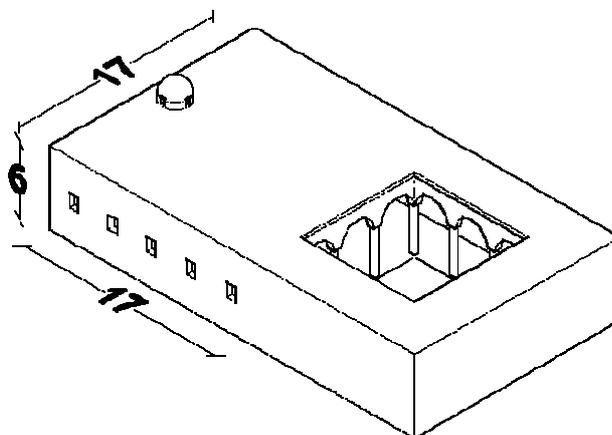


Figure 288 : le modèle en trois dimensions.

Source : Auteur

Les données météorologiques utilisées pour les calculs sont celles correspondant à la ville de Batna : 35,3° de latitude (nord), 6,1° de longitude (est), une ville algérienne de moyenne altitude caractérisée par un ciel clair ensoleillé, le sens de la qibla correspond à 106,5492° (à partir du nord dans le sens des aiguilles d'un montre), pour la journée représentative du 21 juin, les moments de la journée simulés sont relatifs à la prière d'El-Dhohr à 12h30 et à celle d'El-Aasr à 16h30.

### 3. Construction des grilles et des points de mesures calculées pour la simulation :

#### 3.1 L'éclairage :

Conformément au positionnement des prieurs, une grille est choisie, pour les mesures d'éclairages, et déterminée à partir d'un point dans l'axe de la salle de prière et un autre sur les cotés, pour un prieur proche, un prieur au milieu et un autre lointain du mur de la qibla, à un niveau de 40 cm du sol (la hauteur d'un livre pour une personne assise par terre ou en tailleur). Trois positions sont choisies ; proche, milieu et lointaine, trois mesure sont prises pour chacune; coté 1, milieu et coté 2, en l'occurrence neuf mesures sont prises pour toutes les simulations (Figure289).

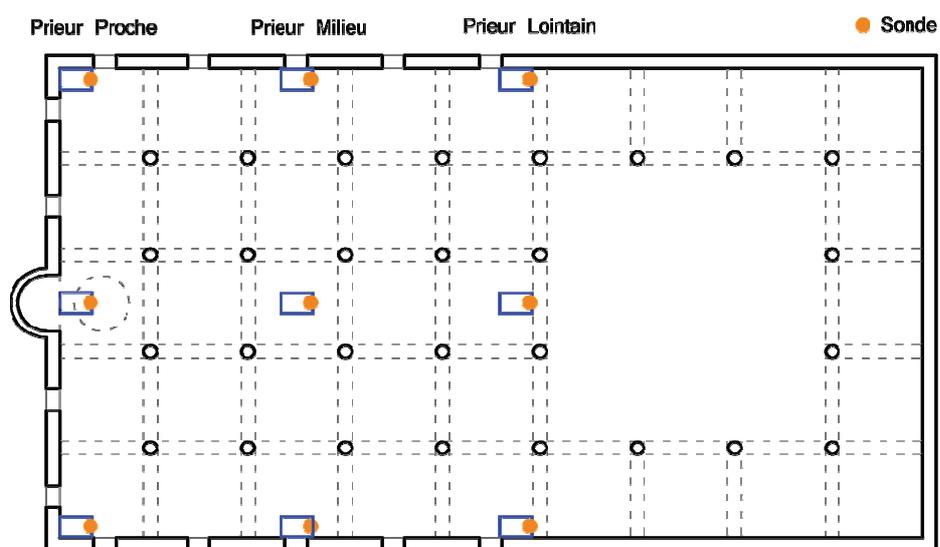


Figure 289 : Les sondes choisies pour les mesures de l'éclairage.

Source : Auteur

### 3.2 La luminance :

Toujours en accord avec le positionnement des prieurs, elle est prise pour une prieur debout (hauteur des yeux = 160 cm), et aussi pour une prieur assis (hauteur des yeux = 80 cm). Cependant le regard du prieur est toujours dirigé vers le mur de la qibla quelle que soit sa position dans la mosquée ; proche, au milieu ou lointain (Figure290).

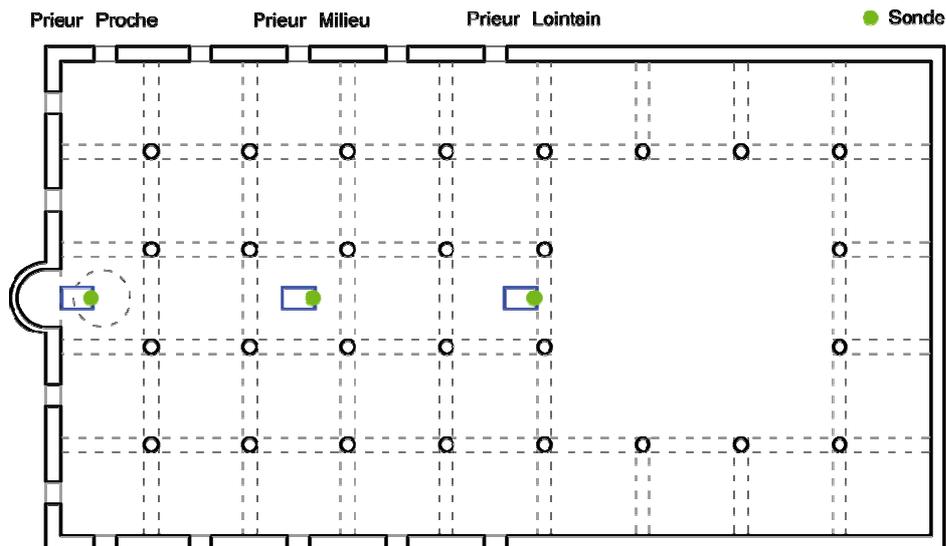


Figure 290 : Les sondes choisies pour les mesures de luminance.

Source : Auteur

## 4. Les modèles de simulation :

Nous construisons pour l'étude de la mosquée à salle hypostyle deux modèles qui diffèrent selon le type de toiture : i) plate (Figure 291), ii) à section pyramidale (Figure292).



Figure 291 : Mosquée Sidi Okba à Biskra.

Source : <http://www.discoverislamicart.org>



Figure 292 : Djamaa el Kebir ou la grande mosquée de Tlemcen.

Source : <http://www.discoverislamicart.org>

## 5. A1 : Mosquée à salle hypostyle et toiture plate :

### 5.1 Caractéristiques formelles :

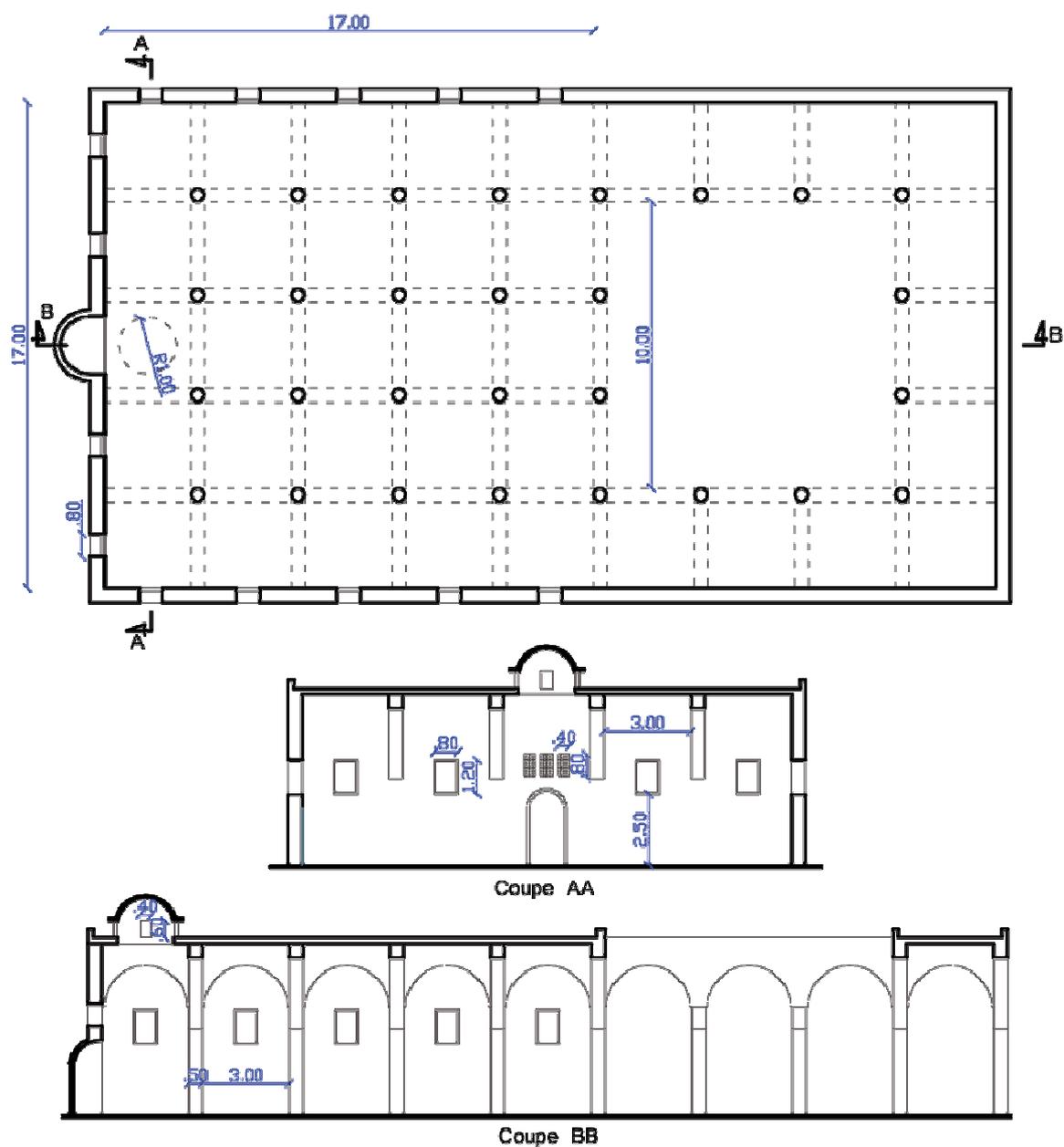


Figure 293 : Le plan et deux coupes sur le modèle de la mosquée à salle de prière hypostyle et à toiture plate.

Source : Auteur

## 5.2 Caractéristiques surfaciques :

Les matériaux suivants sont utilisés en respect de la réalité, et dont les caractéristiques photométriques ont été tirées des tableaux compilés au niveau des annexes (Reiter et Herde, 2004) :

**Paroi horizontale haute** : en plâtre blanc.

**Parois verticales** : en plâtre blanc.

**Paroi horizontale basse** : tapis de couleurs foncées à texture rugueuse.

**Claustras** : en plâtre blanc.

**Vitrage** : vitrage simple transparent.

## 5.3 Cas à simuler :

Deux cas sont à simuler par rapport à la division de l'espace à savoir **division verticale** ou **horizontale** (par rapport au mur de la qibla) pour les modèles A1 et A2.

En plus, deux autres cas relativement à l'élément de contrôle claustra ; sans et **avec claustra**.

En tout pour ce modèle **huit cas sont à étudier**.

LE 21 JUIN					
SALAT EL-DHOHR (12H30)			SALAT EL-AASR (16H30)		
C A S (A.)	Division	Claustra			
		Sans claustra (Sc)	Avec Claustra (Ac)	Sans claustra (Sc)	Avec claustra (Ac)
	Verticale (V)	(12H30) A.VSc	(12H30) A.VAc	(16H30) A.VSc	(16H30) A.VAc
Horizontale (H)	(12H30)A.HSc	(12H30)A. HAc	(16H30) A.HSc	(16H30) A.HAc	
<p><b>Eclairement</b> = 8 cas x 3 (coté 1+milieu+ coté 2) x 3 (P. proche+P. milieu +P. lointain) = <b>72 scénarios à simuler</b></p> <p><b>Luminance</b> = 8 Cas x 2 (Position debout+position assise) x 3 (P. proche+P. milieu +P. lointain) = <b>48 scénarios à simuler</b></p> <p><b>Un total de 120 scénarios</b></p>					

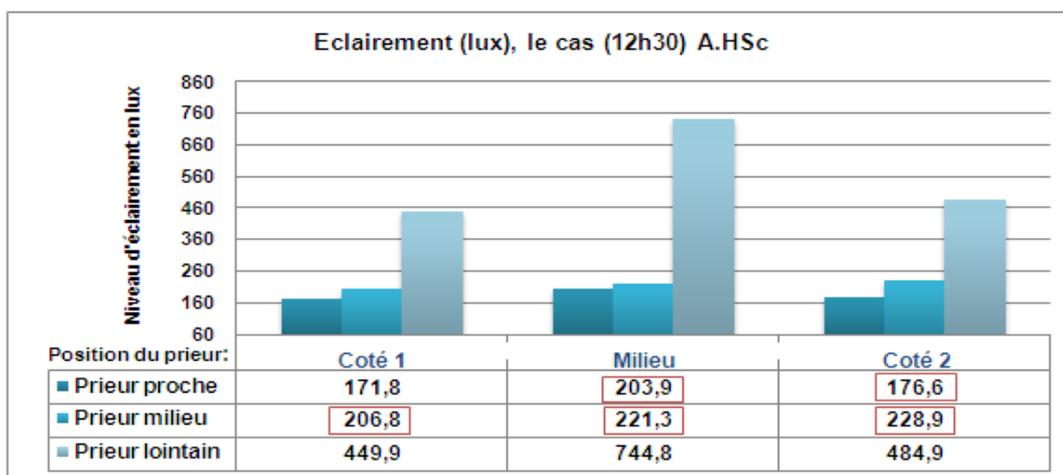
## 5.4 Résultats :

### 5.4.1 Etude de l'éclairage :

Pour mener à bien l'étude de l'éclairage, nous proposons de l'organiser en trois phases ; i) lecture de cas par cas, concernant les trois positions du prieur, ii) lecture selon la position du prieur vis-à-vis du mur de la qibla, réunissant les différents cas, iii) lecture récapitulative des quatre cas, les trois positions et les deux moments de la prière.

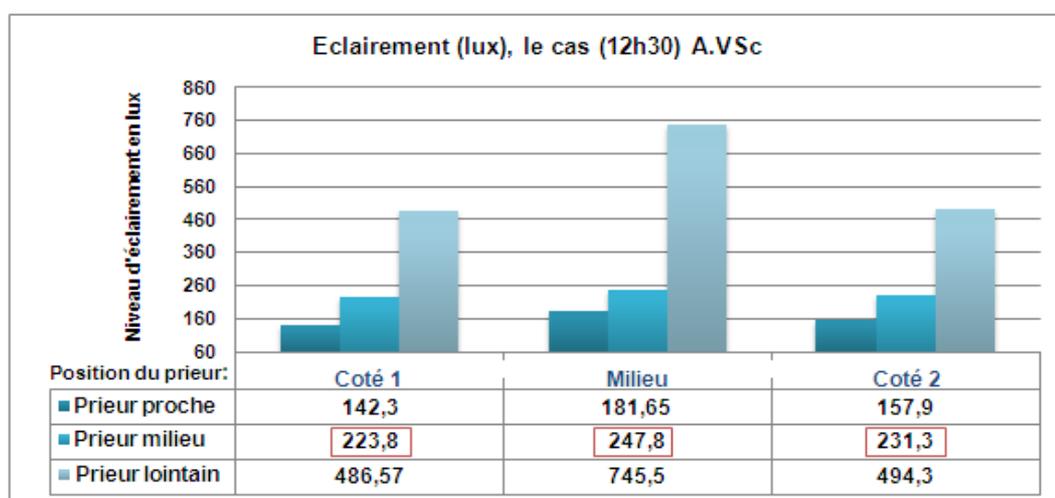
#### 5.4.1.1 Etude cas par cas :

##### 5.4.1.1.1 Au moment de la prière d'El-Dhoir :



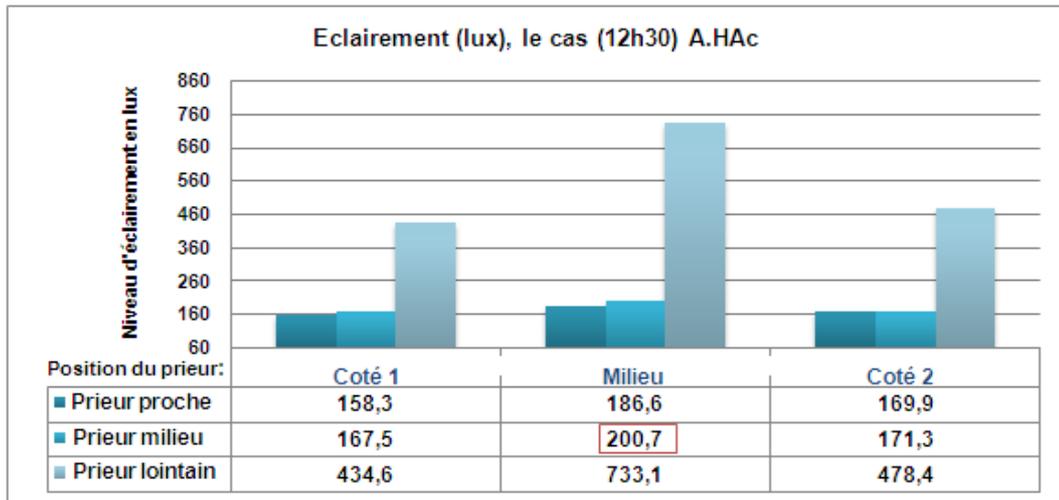
**Figure 294** : Eclairage pour les trois positions du prieur, le cas de la division horizontale sans claustra.

Source : Auteur



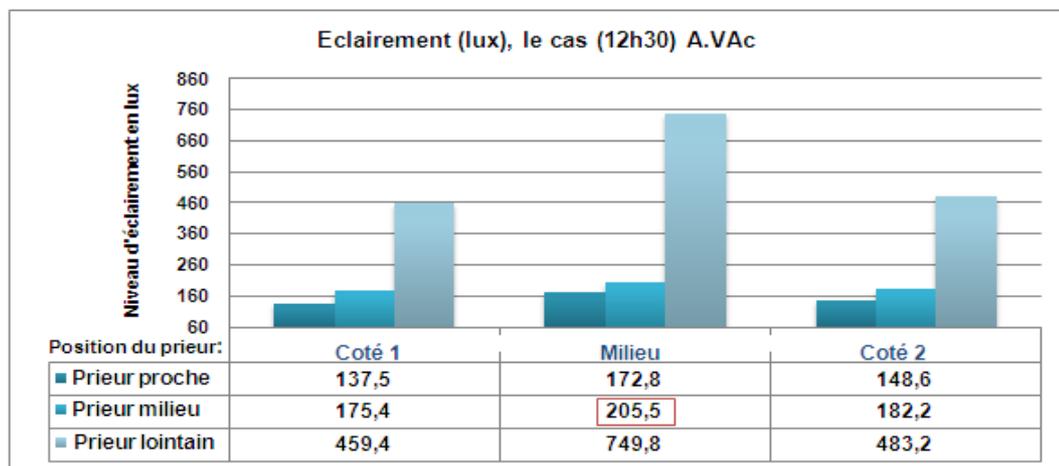
**Figure 295** : Eclairage pour les trois positions du prieur, le cas de la division verticale sans claustra.

Source : Auteur



**Figure 296** : Eclairage pour les trois positions du prieur, le cas de la division horizontale avec claustra.

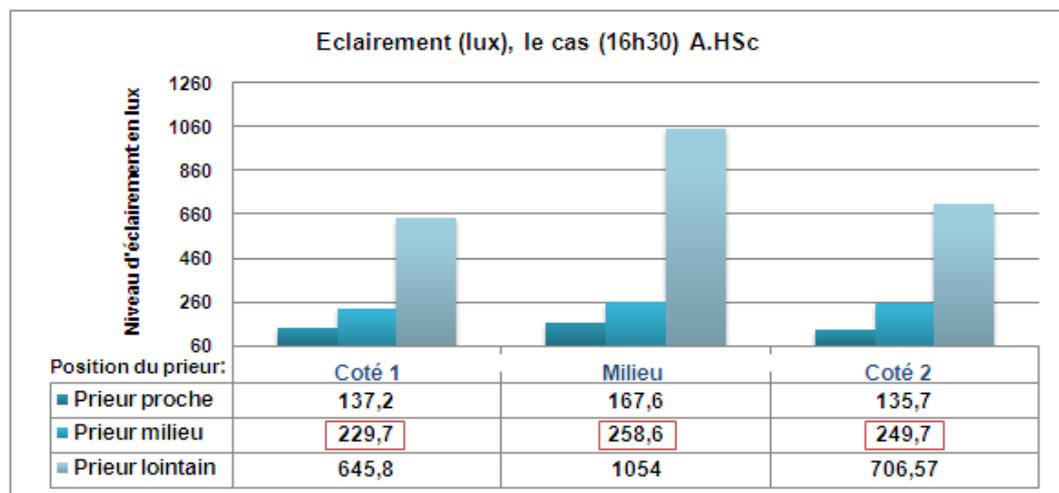
Source : Auteur



**Figure 297** : Eclairage pour les trois positions du prieur, le cas de la division verticale avec claustra.

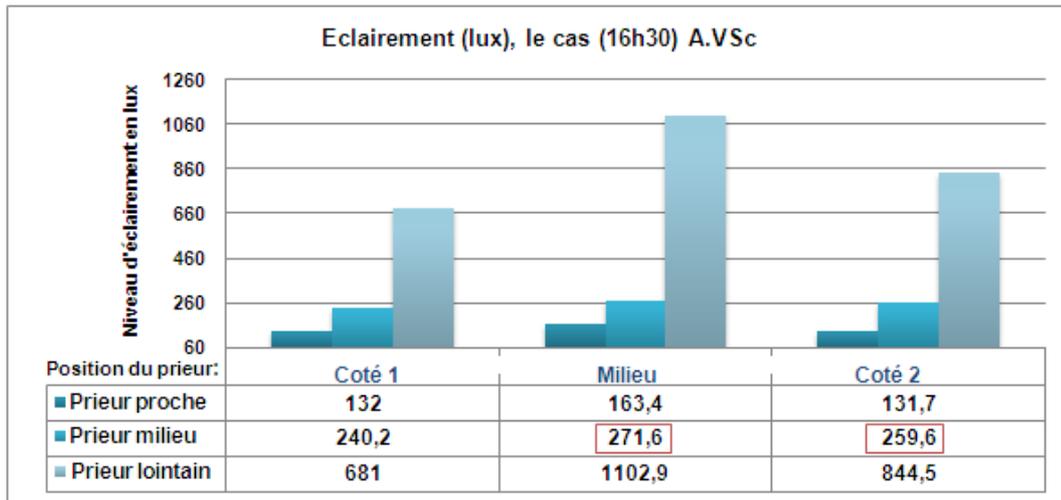
Source : Auteur

#### 5.4.1.1.2 Au moment de la prière d'El-Aser :



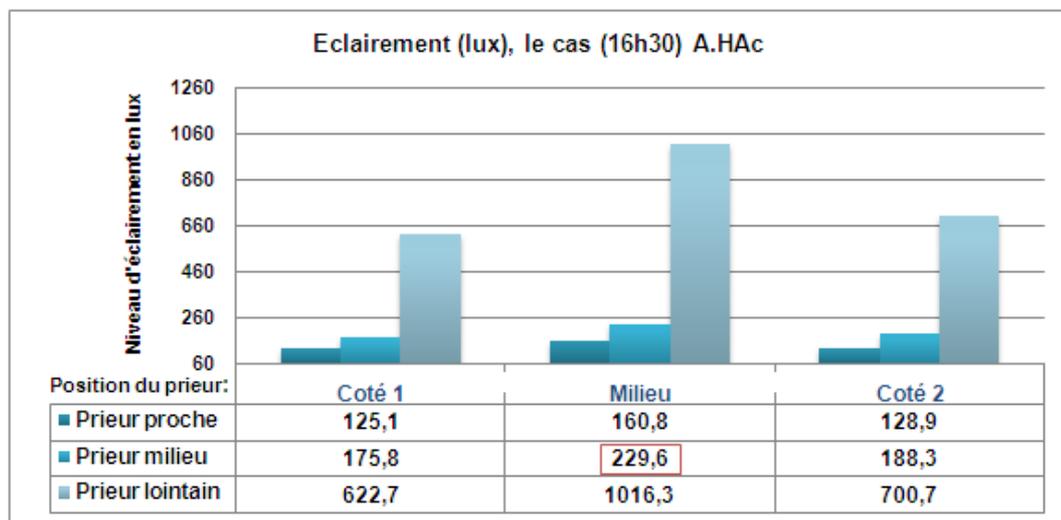
**Figure 298** : Eclairage pour les trois positions du prieur, le cas de la division horizontale sans claustra.

Source : Auteur



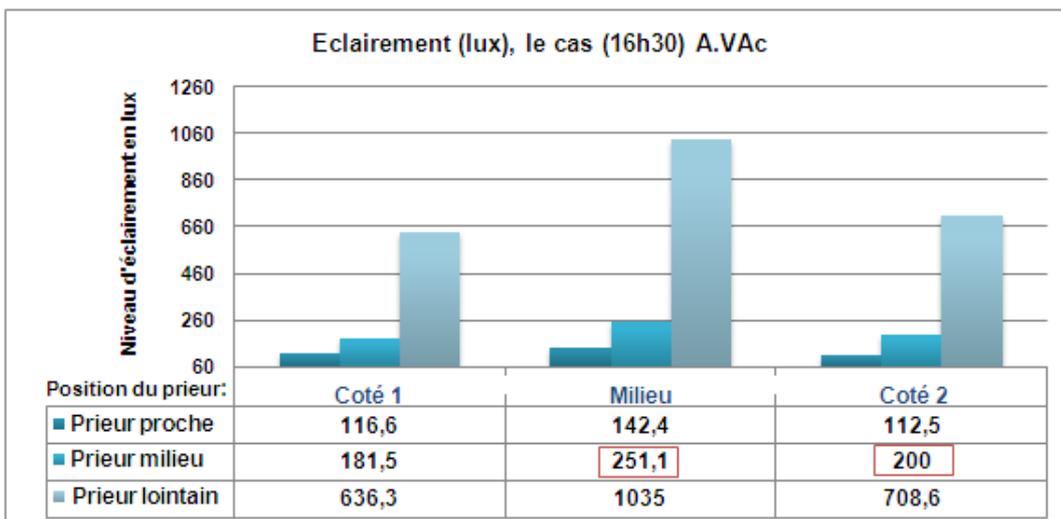
**Figure 299** : Eclairage pour les trois positions du prier, le cas de la division verticale sans claustra.

Source : Auteur



**Figure 300** : Eclairage pour les trois positions du prier, le cas de la division horizontale avec claustra.

Source : Auteur



**Figure 301** : Eclairage pour les trois positions du prier, le cas de la division verticale avec claustra.

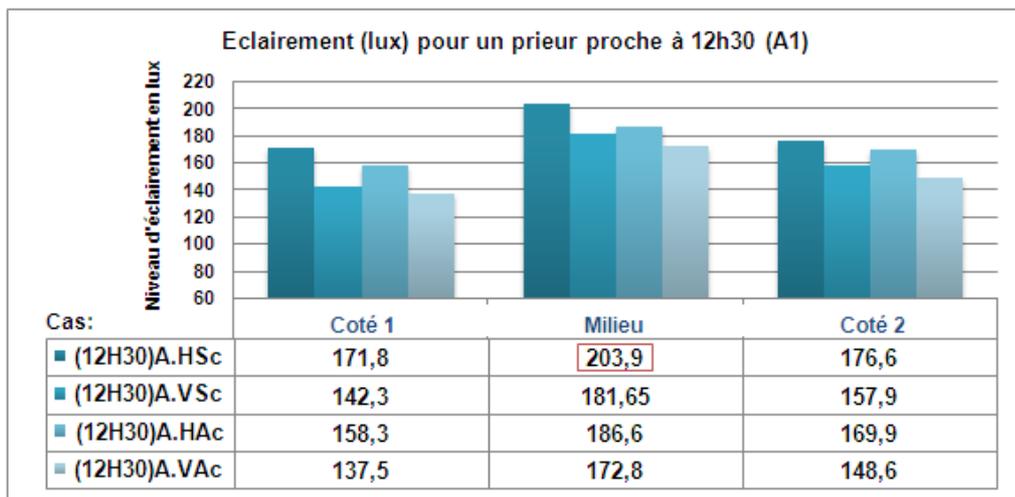
Source : Auteur

La lecture faite des résultats précédents :

- . Au moment de la prière d'El-Dhohr comme au moment de celle d'El-Aser, compte tenu de la position du prieur, par rapport au mur de la qibla, les valeurs de l'éclairément enregistrées vont en croissant suivant : 'prieur proche' ensuite 'prieur milieu' et en dernier prieur lointain,
- . Cependant, ce sont les points de mesure se trouvant au 'milieu' de la salle qui enregistrent les valeurs culminantes de l'éclairément suivis du point 'coté 2' et en dernier le point 'coté 1',
- . Comparaison faite entre les mesures relatives au moment de la prière d'El-Dhohr et celles correspondant au moment de la prière d'El-Aser, l'ordre croissant des valeurs reste le même avec une majoration, d'environ une trentaine de lux voire plus, observée pour les valeurs d'éclairément du 'prieur milieu' et une augmentation de plus de 300 lux à 350 lux pour un prieur lointain.

#### 5.4.1.2 Etude selon la position du prieur vis-à-vis du mur de la qibla :

##### 5.4.1.2.1 Au moment de la prière d'El-Dhohr :



**Figure 302 :** Eclairément pour les quatre cas du modèle A1 et les trois positions d'un prieur proche.

**Source :** Auteur

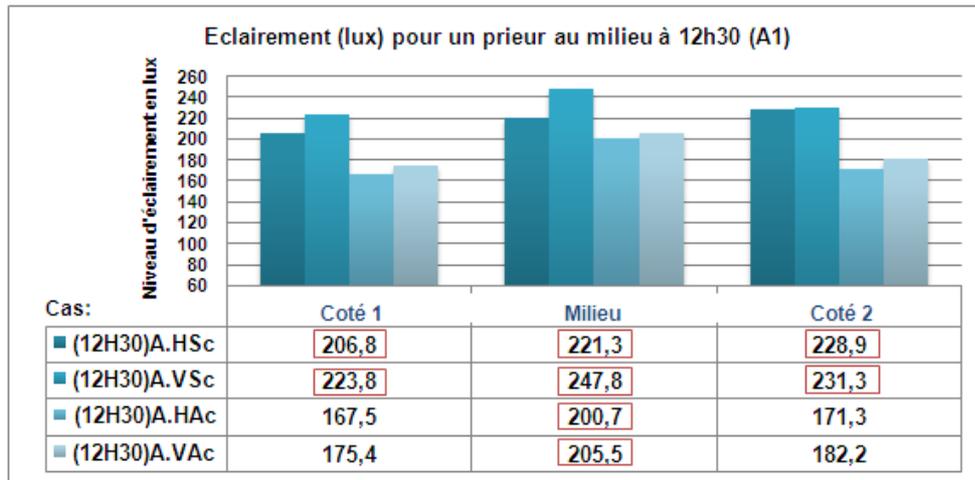


Figure 303 : Eclairage pour les quatre cas du modèle A1 et les trois positions d'un prieur au milieu.

Source : Auteur

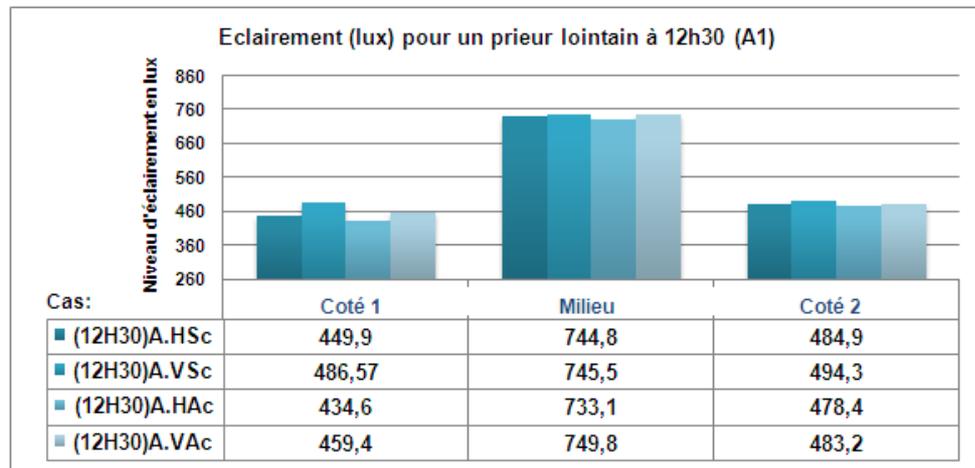


Figure 304 : Eclairage pour les quatre cas du modèle A1 et les trois positions d'un prieur lointain.

Source : Auteur

#### 5.4.1.2.2 Au moment de la prière d'El-Aser :

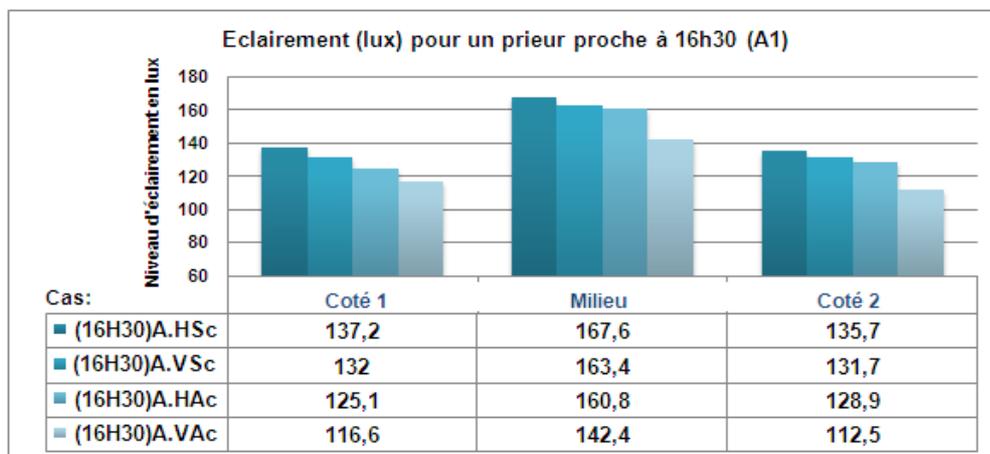
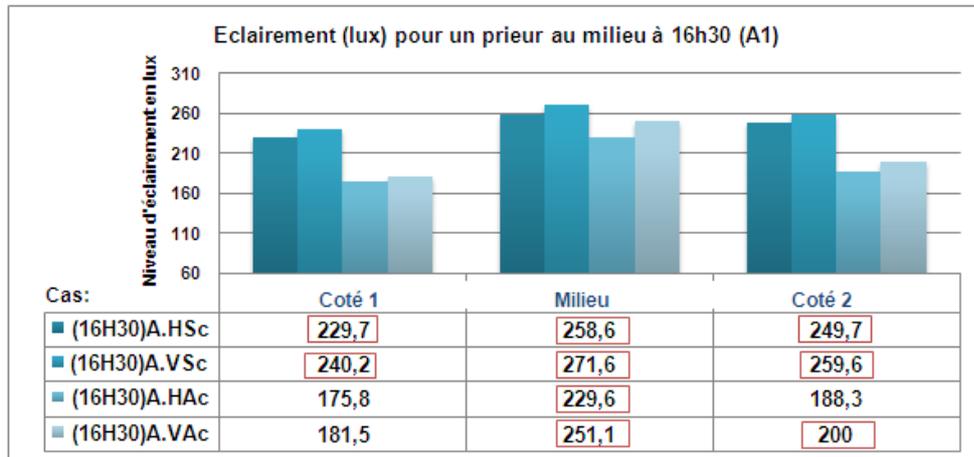


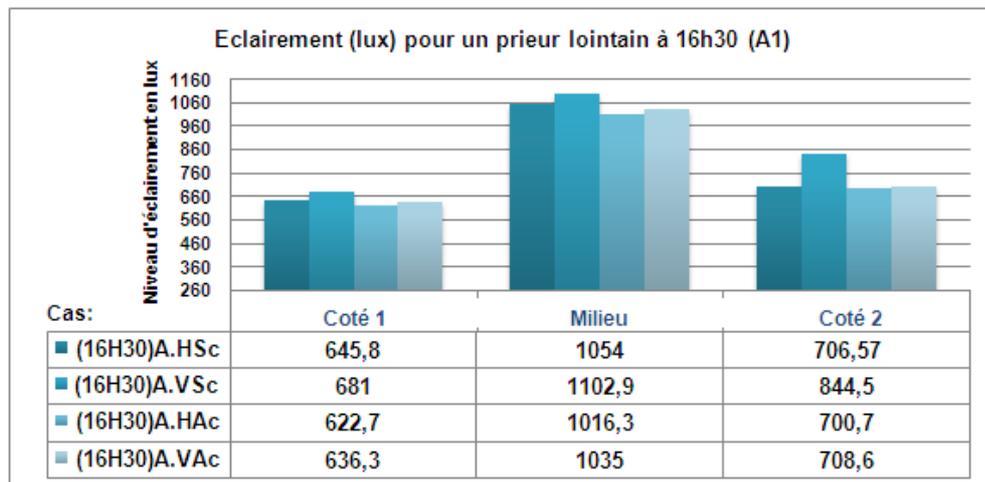
Figure 305 : Eclairage pour les quatre cas du modèle A1 et les trois positions d'un prieur proche.

Source : Auteur



**Figure 306** : Eclairage pour les quatre cas du modèle A1 et les trois positions d'un prieur au milieu.

Source : Auteur



**Figure 307** : Eclairage pour les quatre cas du modèle A1 et les trois positions d'un prieur lointain.

Source : Auteur

Des figures précédentes, on remarque que :

- . Aux deux moments de la prière étudiés, s'agissant d'un 'prieur proche' au 'milieu' ou 'lointain' en tous les points de mesure, référence faite au complément claustra, les valeurs de l'éclairage correspondant aux deux cas sans claustra dépassent de trop celles relatives aux deux autres avec claustra,
- . Toutefois, les valeurs correspondant à la division de l'espace intérieur entre horizontale ou verticale, n'obéissent pas à la même logique, pour un 'prieur proche' les valeurs relatives à la division horizontale culminent, tandis que, pour un 'prieure au milieu' ou 'lointain' les plus grandes valeurs correspondent à la division verticale,
- . Comparaison faite entre les mesures relatives au moment de la prière d'El-Dhohr et celles correspondant au moment de la prière d'El-Aser, l'ordre croissant des valeurs reste le même

avec une majoration, d'environ une trentaine de lux voire plus, observée pour les valeurs d'éclairage du 'prieur milieu' et une augmentation de plus de 300 lux à 350 lux pour un prieur lointain,

. Comme on note qu'aux deux moments de la prière, la position 'prieur lointain' enregistre des valeurs largement supérieures au seuil recommandé (200 lux) et cela pour les quatre cas étudiés, alors que pour les positions 'proche' et 'milieu' du prieur, référence faite à la division horizontale comme verticale seulement les cas sans claustra engendrent des valeurs d'éclairage supérieur aux 200 lux.

### 5.4.1.3 Etude récapitulative des quatre cas et les deux moments de la prière:

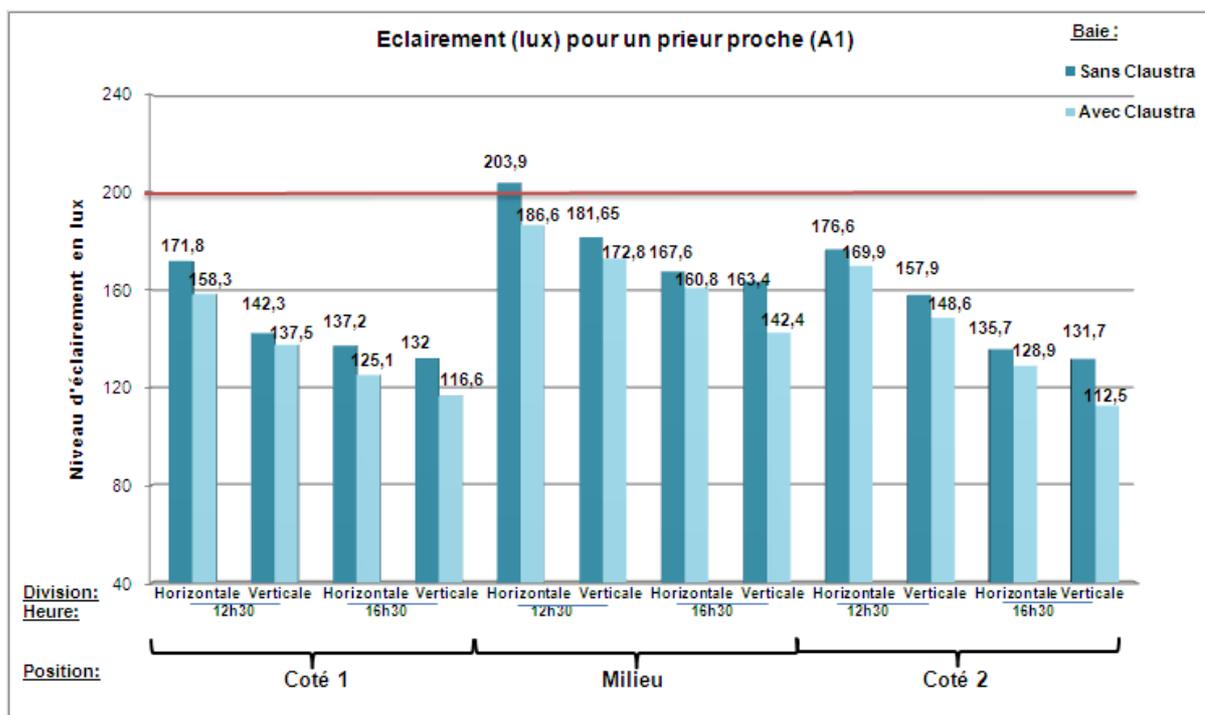


Figure 308: Eclairage pour les quatre cas du modèle A1, les deux moments de la prière pour un prieur proche.

Source : Auteur

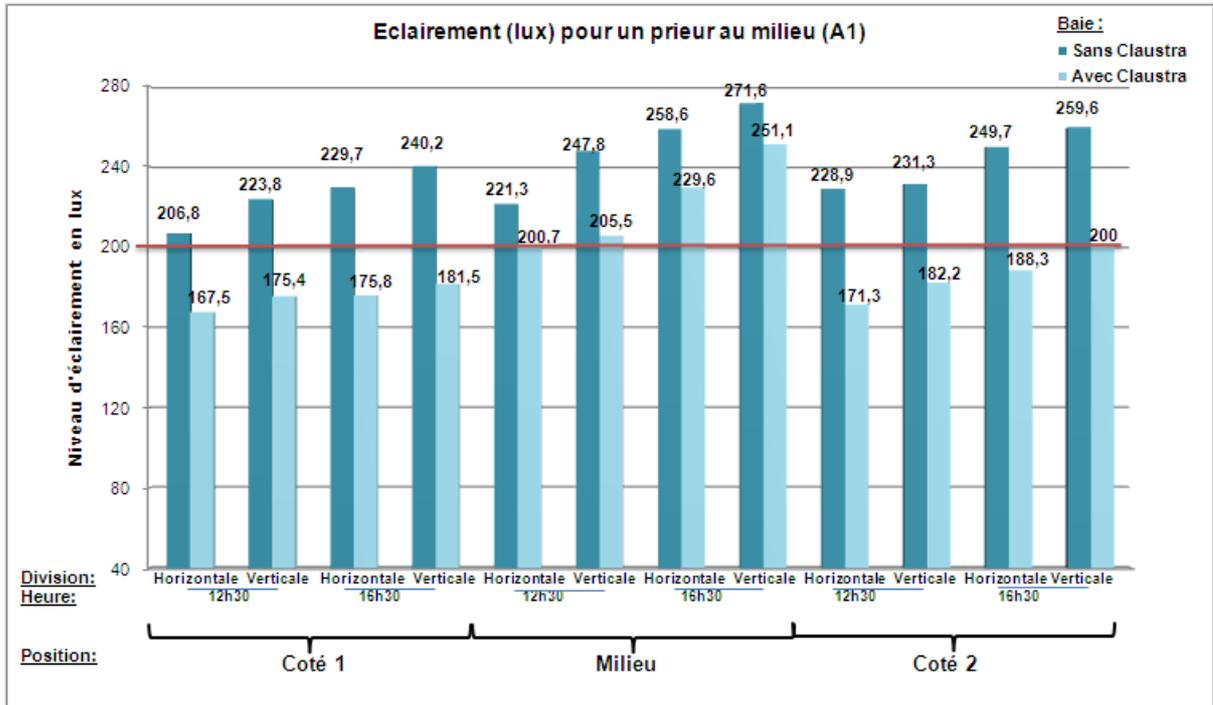


Figure 309 : Eclairage pour les quatre cas du modèle A1, les deux moments de la prière pour un prieur au milieu.

Source : Auteur

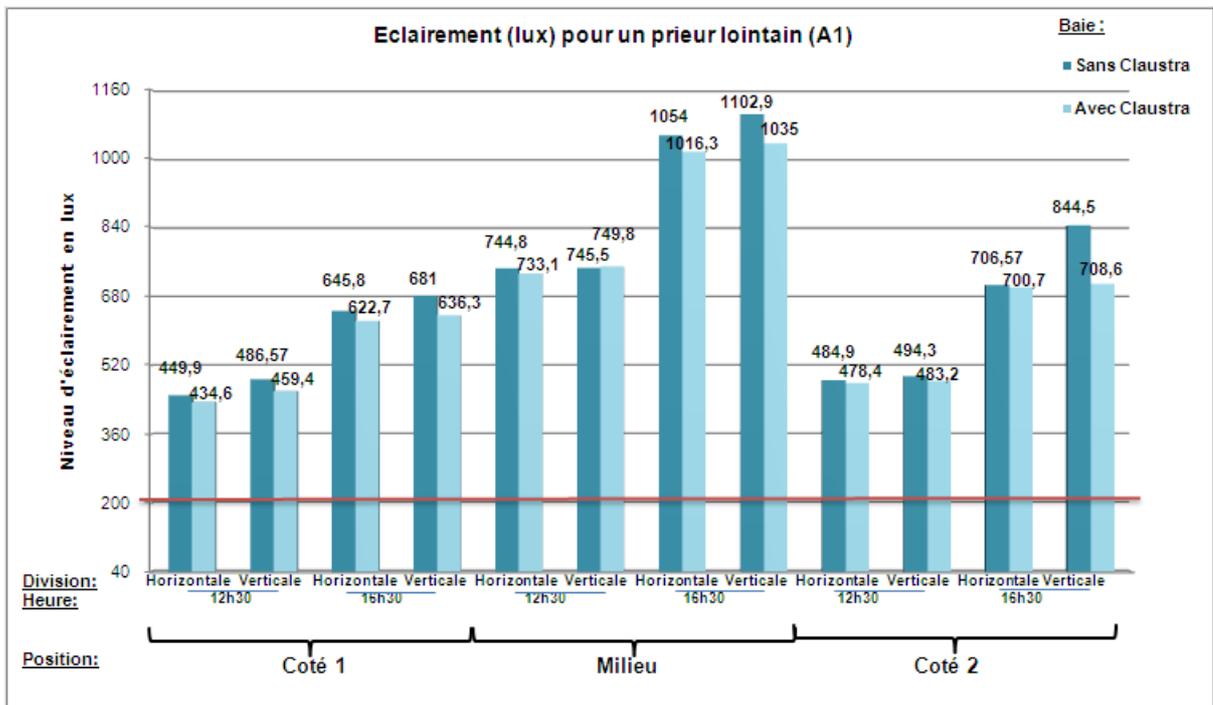


Figure 310 : Eclairage pour les quatre cas du modèle A1, les deux moments de la prière pour un prieur lointain.

Source : Auteur

La lecture des graphes (Figure308, Figure309, Figure310) nous fournit les éclaircissements suivants :

. Considération faite à un prieur proche, division discontinue horizontale ou verticale de l'espace intérieur, les niveaux d'éclairément les plus élevés correspondent aux cas des baies sans claustra, comme on remarque que les mesures au moment de la prière d'El-Dhohr dépassent celles d'El-Aasr, avec plus de précision la plus grande valeur enregistrée coïncide avec le cas (12H30)A.HSc espace à division horizontale baies sans claustra pour lequel on note la seule mesure supérieure au seuil recommandé (203,9 lux). Cependant, les valeurs les plus basses dérivent des cas de baies avec claustra, la mesure la plus faible correspond au cas (16H30)A.VAc espace à division verticale baies avec claustra au moment d'El-Aasr (112,5lux), l'écart entre les mesures avec ou sans claustra est important, en moyenne 70 lux environ, cet écart atteint les 140 lux maximum, alors que l'écart entre les mesures de division horizontale et verticale n'atteint qu'un maximum d'une vingtaine de lux.

. Contrairement à un prieur au milieu, les plus grandes valeurs de l'éclairément sont relatives aux cas sans claustra pour la division verticale de l'espace suivies de la division horizontale au moment de la prière d'El-Aasr (l'influence de la lumière de la cour), le même ordre est conservé au moment de la prière d'El-Dhohr avec un écart d'environ 60lux, cependant, la plus grande valeur correspond au cas (16H30)A.VSc 271,6 lux, la plus faible est relative au cas (12H30)H.VSc 167,5 lux, sans oublier de noter que toutes les valeurs relatives aux cas sans claustras dépassent les 200 lux exigés.

. Cependant pour un prieur lointain (lumière provenant directement de la cour) les niveaux d'éclairément enregistrés obéissent au même ordre précédent (prieur au milieu de la salle) et de valeurs supérieures au double du seuil recommandé.

#### **5.4.2 Etude de la luminance :**

Nous répartissons cette étude en deux parties ; i) lecture de cas par cas, cernant les trois situations du prieur qu'il soit debout ou assis, ii) lecture récapitulative selon la position du prieur vis-à-vis du mur de la qibla à commencer par les valeurs maximales ensuite les minimales.

### 5.4.2.1 Etude cas par cas :

#### 5.4.2.1.1 Au moment de la prière d'El-Dhohr :

		Luminance (cd/m <sup>2</sup> )				
(12H30)A.HSc	Debout			Assis		
Prieur	Minimum	Maximum	Min / Max	Minimum	Maximum	Min / Max
<b>proche</b>	11,212	229,552	<b>0,04884296</b>	10,889	456,938	<b>0,02383037</b>
Prieur	Minimum	Maximum	Min / Max	Minimum	Maximum	Min / Max
<b>milieu</b>	10,648	4203,851	<b>0,00253292</b>	9,933	4531,267	<b>0,0021921</b>
Prieur	Minimum	Maximum	Min / Max	Minimum	Maximum	Min / Max
<b>lointain</b>	15,278	4600,642	<b>0,00332084</b>	16,447	4896,506	<b>0,00335893</b>

Tableau 23 : Luminance pour les trois positions d'un prieur debout et assis, en cas de division horizontale sans claustra.

Source : Auteur

		Luminance (cd/m <sup>2</sup> )				
(12H30)A.VSc	Debout			Assis		
Prieur	Minimum	Maximum	Min / Max	Minimum	Maximum	Min / Max
<b>proche</b>	15,784	137,289	<b>0,114969153</b>	15,573	182,366	<b>0,08539421</b>
Prieur	Minimum	Maximum	Min / Max	Minimum	Maximum	Min / Max
<b>milieu</b>	13,164	4213,109	<b>0,003124533</b>	11,965	4539,236	<b>0,00263591</b>
Prieur	Minimum	Maximum	Min / Max	Minimum	Maximum	Min / Max
<b>lointain</b>	14,209	4495,444	<b>0,003160756</b>	13,125	4860,396	<b>0,0027004</b>

Tableau 24 : Luminance pour les trois positions d'un prieur debout et assis, en cas de division verticale sans claustra.

Source : Auteur

		Luminance (cd/m <sup>2</sup> )				
(12H30)A.HAc	Debout			Assis		
Prieur	Minimum	Maximum	Min / Max	Minimum	Maximum	Min / Max
<b>proche</b>	18,162	118,506	<b>0,15325806</b>	13,563	580,854	<b>0,0233501</b>
Prieur	Minimum	Maximum	Min / Max	Minimum	Maximum	Min / Max
<b>milieu</b>	11,337	729,1	<b>0,01554931</b>	10,278	603,829	<b>0,01702138</b>
Prieur	Minimum	Maximum	Min / Max	Minimum	Maximum	Min / Max
<b>lointain</b>	14,515	3615,819	<b>0,0040143</b>	18,11	4876,026	<b>0,00371409</b>

Tableau 25 : Luminance pour les trois positions d'un prieur debout et assis, en cas de division horizontale avec claustra.

Source : Auteur

		Luminance (cd/m <sup>2</sup> )				
(12H30)A.VAc	Debout			Assis		
Prieur	Minimum	Maximum	Min / Max	Minimum	Maximum	Min / Max
<b>proche</b>	18,777	191,958	<b>0,097818273</b>	19,596	696,792	<b>0,02812317</b>
Prieur	Minimum	Maximum	Min / Max	Minimum	Maximum	Min / Max
<b>milieu</b>	19,303	1003,458	<b>0,01923648</b>	10,159	949,473	<b>0,01069962</b>
Prieur	Minimum	Maximum	Min / Max	Minimum	Maximum	Min / Max
<b>lointain</b>	14,144	3562,433	<b>0,00397032</b>	16,94	3867,823	<b>0,00437972</b>

Tableau 26 : Luminance pour les trois positions d'un prieur debout et assis, en cas de division verticale avec claustra.

Source : Auteur

#### 5.4.2.1.2 Au moment de la prière d'El-Aser :

		Luminance (cd/m <sup>2</sup> )				
(16H30)A.HSc	Debout			Assis		
Prieur	Minimum	Maximum	Min / Max	Minimum	Maximum	Min / Max
<b>proche</b>	20,802	505,675	<b>0,04113709</b>	20,356	465,002	<b>0,04377616</b>
Prieur	Minimum	Maximum	Min / Max	Minimum	Maximum	Min / Max
<b>milieu</b>	12,262	7443,788	<b>0,00164728</b>	12,601	8543,878	<b>0,00147486</b>
Prieur	Minimum	Maximum	Min / Max	Minimum	Maximum	Min / Max
<b>lointain</b>	11,797	7106,3	<b>0,00166008</b>	12,115	8117,262	<b>0,0014925</b>

Tableau 27 : Luminance pour les trois positions d'un prieur debout et assis, en cas de division horizontale sans claustra.

Source : Auteur

		Luminance (cd/m <sup>2</sup> )				
(16H30)A.VSc	Debout			Assis		
Prieur	Minimum	Maximum	Min / Max	Minimum	Maximum	Min / Max
<b>proche</b>	11,723	258,015	<b>0,045435343</b>	11,704	198,113	<b>0,0590774</b>
Prieur	Minimum	Maximum	Min / Max	Minimum	Maximum	Min / Max
<b>milieu</b>	13,246	8138,589	<b>0,001627555</b>	13,868	9250,605	<b>0,00149915</b>
Prieur	Minimum	Maximum	Min / Max	Minimum	Maximum	Min / Max
<b>lointain</b>	11,974	8614,375	<b>0,001390002</b>	12,048	8151,232	<b>0,00147806</b>

Tableau 28 : Luminance pour les trois positions d'un prieur debout et assis, en cas de division verticale sans claustra.

Source : Auteur

(16H30)A.HAc	Luminance (cd/m <sup>2</sup> )					
	Debout			Assis		
Prieur proche	Minimum	Maximum	Min / Max	Minimum	Maximum	Min / Max
	15,424	539,081	<b>0,02861166</b>	30	409,852	<b>0,07319715</b>
Prieur milieu	Minimum	Maximum	Min / Max	Minimum	Maximum	Min / Max
	10,51	650,34	<b>0,01616078</b>	15,955	804,42	<b>0,01983417</b>
Prieur lointain	Minimum	Maximum	Min / Max	Minimum	Maximum	Min / Max
	10,417	5606,53	<b>0,00185801</b>	11,086	5851,875	<b>0,00189444</b>

Tableau 29 : Luminance pour les trois positions d'un prieur debout et assis, en cas de division horizontale avec claustra.

Source : Auteur

(16H30)A.VAc	Luminance (cd/m <sup>2</sup> )					
	Debout			Assis		
Prieur proche	Minimum	Maximum	Min / Max	Minimum	Maximum	Min / Max
	13,688	390,632	<b>0,035040652</b>	11,629	222,893	<b>0,05217302</b>
Prieur milieu	Minimum	Maximum	Min / Max	Minimum	Maximum	Min / Max
	10,502	1082,597	<b>0,009700747</b>	15,297	854,403	<b>0,01790373</b>
Prieur lointain	Minimum	Maximum	Min / Max	Minimum	Maximum	Min / Max
	12,245	7882,103	<b>0,001553519</b>	11,956	5602,365	<b>0,0021341</b>

Tableau 30 : Luminance pour les trois positions d'un prieur debout et assis, en cas de division verticale avec claustra.

Source : Auteur

La lecture des tableaux précédents nous fait remarquer que :

- . Un très grand écart est enregistré entre les valeurs maximales et minimales de la luminance, position debout comme assis, division horizontale comme verticale,
- . De ce fait, le calcul du rapport (luminance min / luminance max) fournit des valeurs supérieures aux niveaux recommandés, exception faite pour un prieur proche (absence de baie dans les champs de vision),
- . On note aussi que pour les cas relatifs à l'existence du complément claustra, l'écart entre les valeurs maximales et minimales de la luminance est réduit de moitié voire plus comparaison faite aux cas avec claustra.

#### 5.4.2.1 Etude récapitulative selon la position du prieur vis-à-vis du mur de la qibla:

### 5.4.2.1.1 Valeur maximale pour les deux moments de la prière :

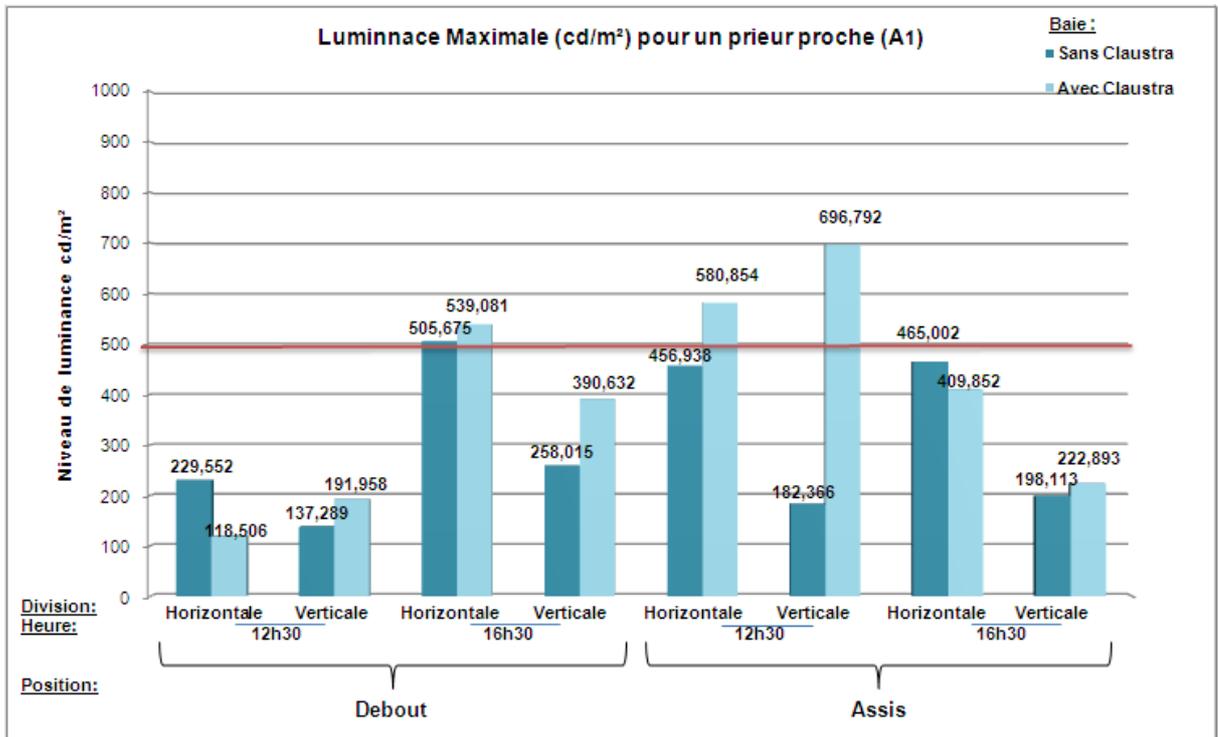


Figure 311 : Luminance maximale pour un prieur proche, debout et assis aux deux moments de la prière (division horizontale et verticale).

Source : Auteur

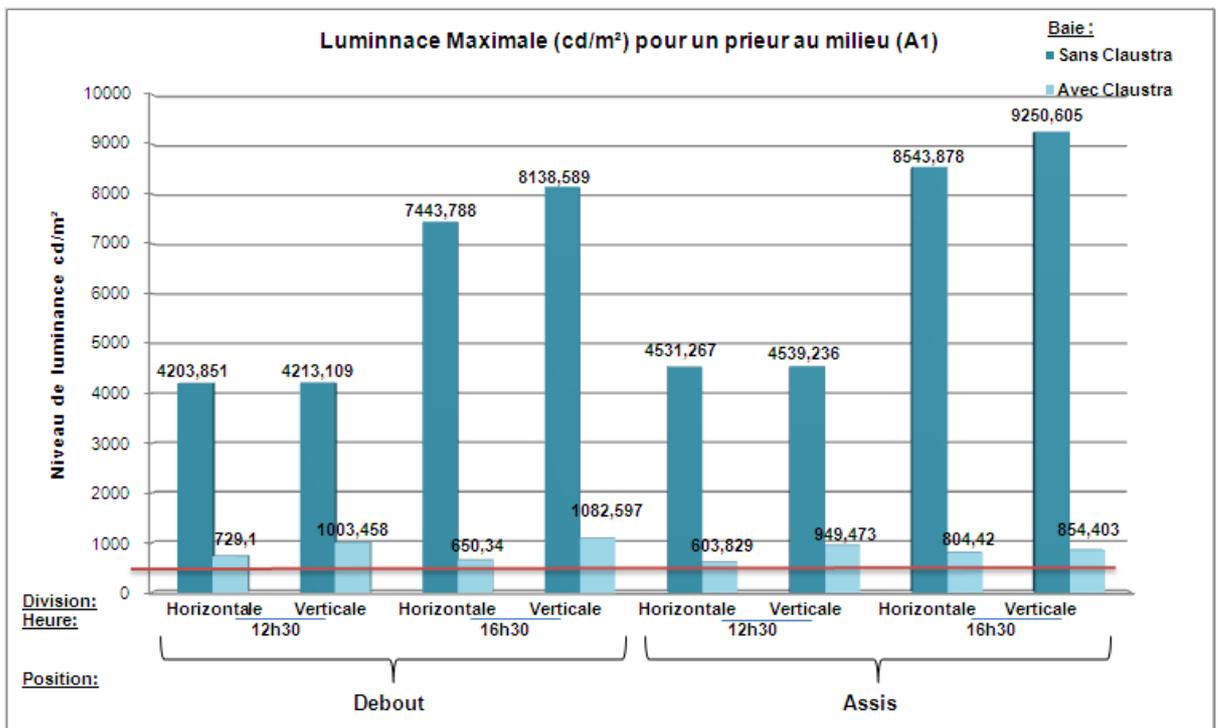


Figure 312 : Luminance maximale pour un prieur au milieu, debout et assis aux deux moments de la prière (division horizontale et verticale).

Source : Auteur

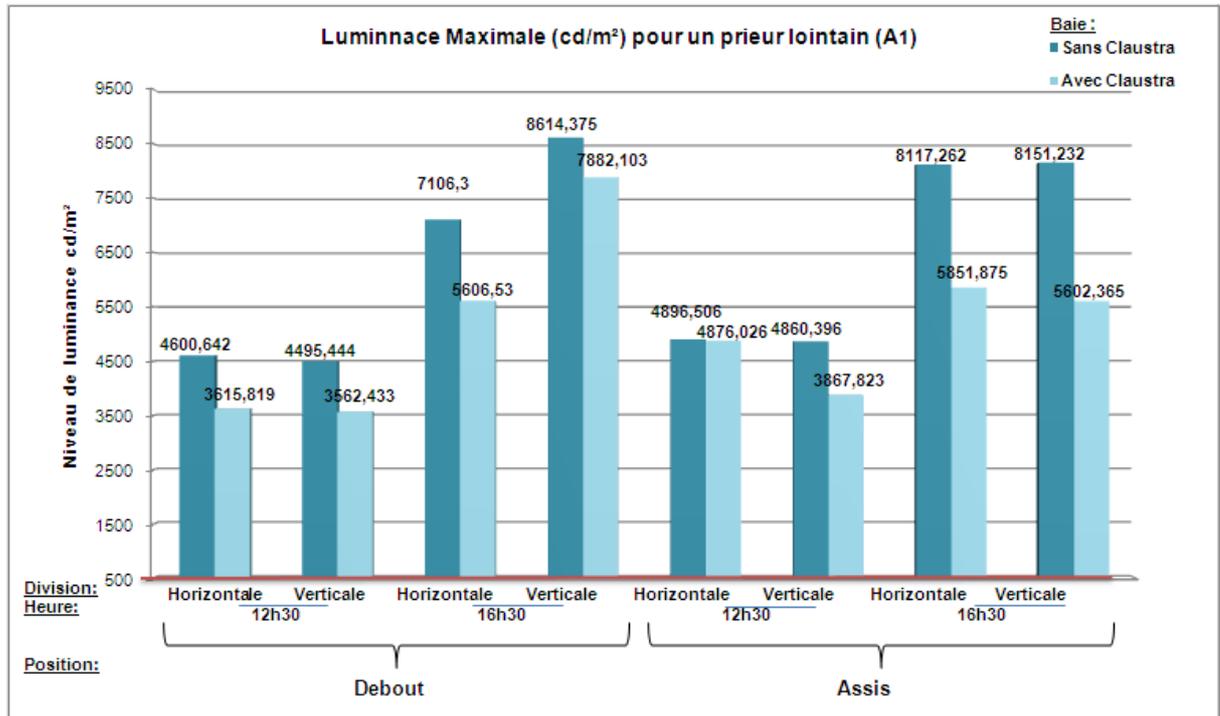


Figure 313 : Luminance maximale pour un prieur lointain, debout et assis aux deux moments de la prière (division horizontale et verticale).

Source : Auteur

#### 5.4.2.1.2 Valeur minimale pour les deux moments de la prière :

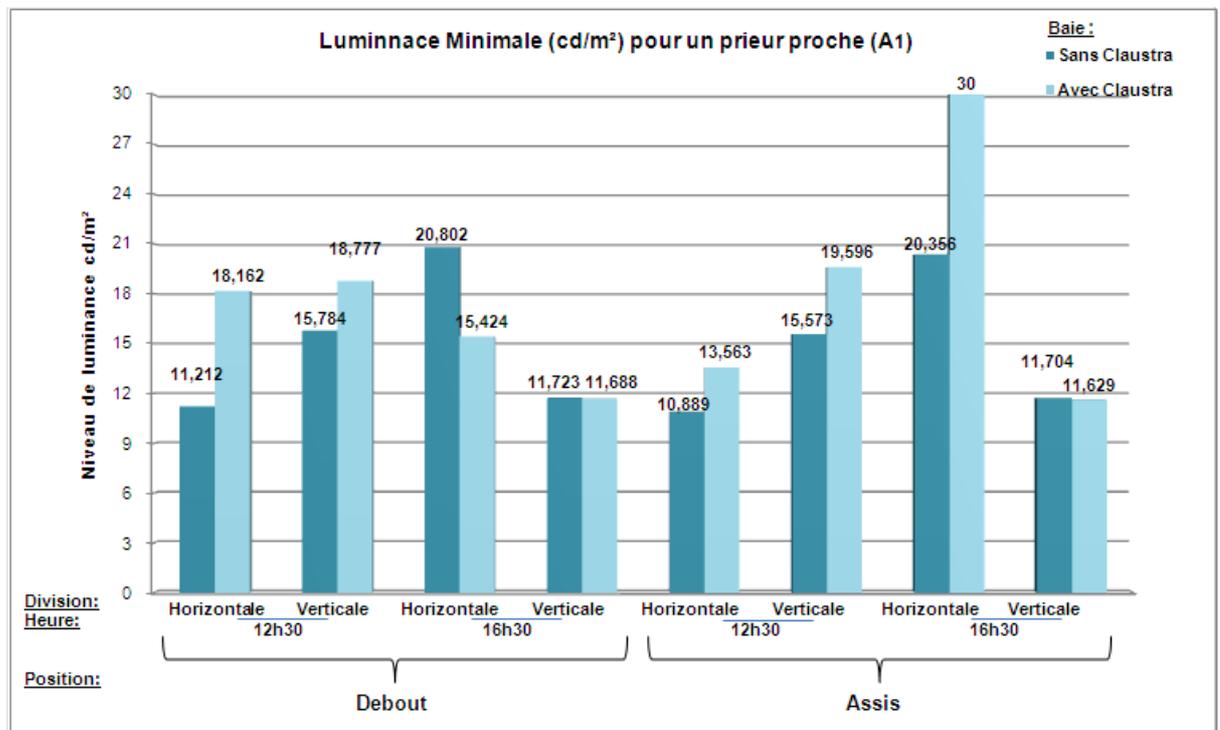


Figure 314 : Luminance minimale pour un prieur proche, debout et assis aux deux moments de la prière (division horizontale et verticale).

Source : Auteur

\*

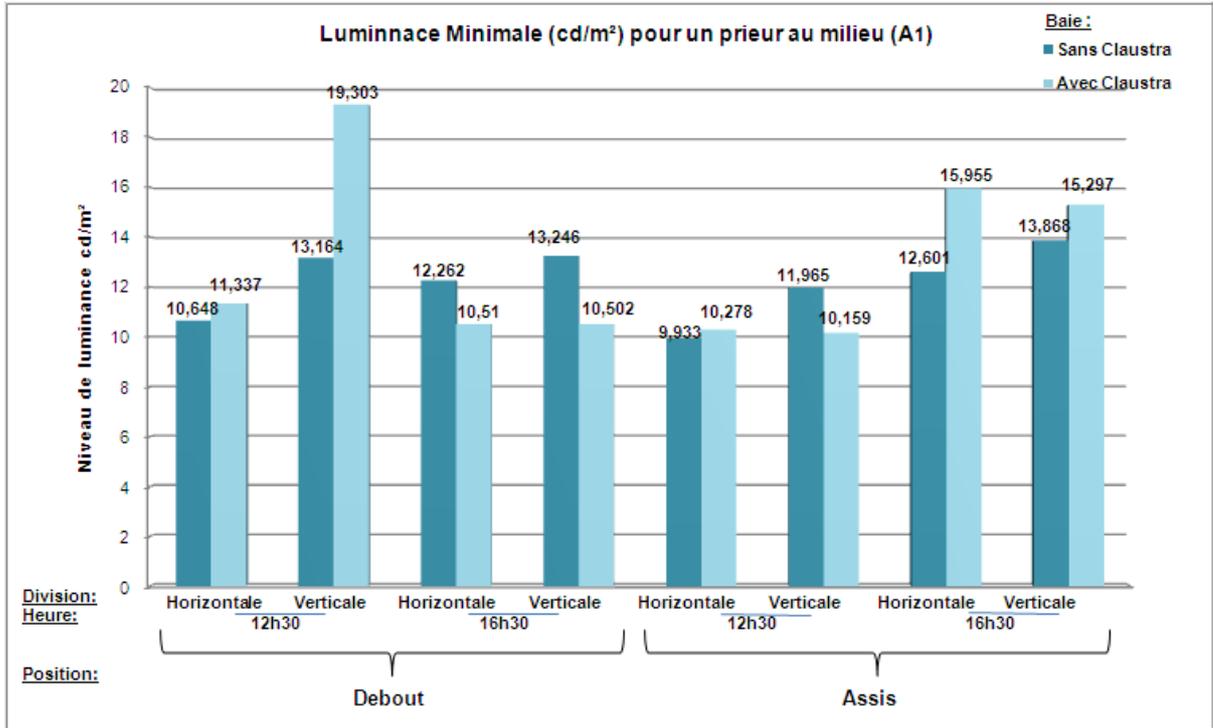


Figure 315 : Luminance minimale pour un prieur au milieu, debout et assis aux deux moments de la prière (division horizontale et verticale).

Source : Auteur

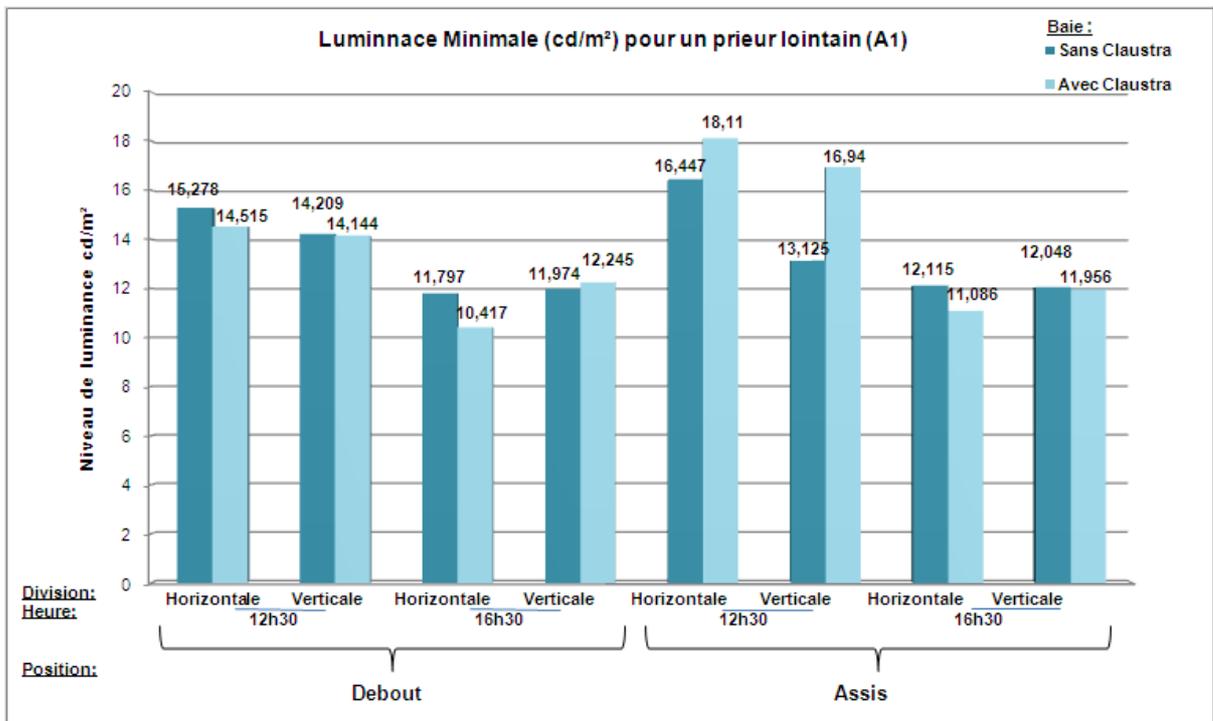


Figure 316 : Luminance minimale pour un prieur lointain, debout et assis aux deux moments de la prière (division horizontale et verticale).

Source : Auteur

La lecture faite des résultats précédents :

- . En cas de prieur proche du mur de la qibla, la majorité des valeurs maximales s'avèrent inférieures à 500 cd/m<sup>2</sup> procurant ainsi un environnement lumineux confortable,
- . Cependant les valeurs maximales enregistrées pour un prieur au milieu ou lointain dépassent toutes le niveau recommandé, il est essentiel de faire la distinction entre les cas avec claustra qui engendrent des valeurs plus ou moins acceptables en cas de 'prieur milieu' (entre 600 et 1000 cd/m<sup>2</sup>) et les cas sans claustras pour lesquels on note des valeurs très élevées (entre 4200 et 9250 cd/m<sup>2</sup>) éblouissantes et gênantes,
- . Les valeurs culminantes de la luminance sont enregistrées au moment de la prière El-Aasr, pour la position debout, et au moment de la prière d'El-Dhohr pour un prieur assis,

## 6. A2 : Mosquée à salle hypostyle et à toiture pyramidale :

### 6.1 Caractéristiques formelles :

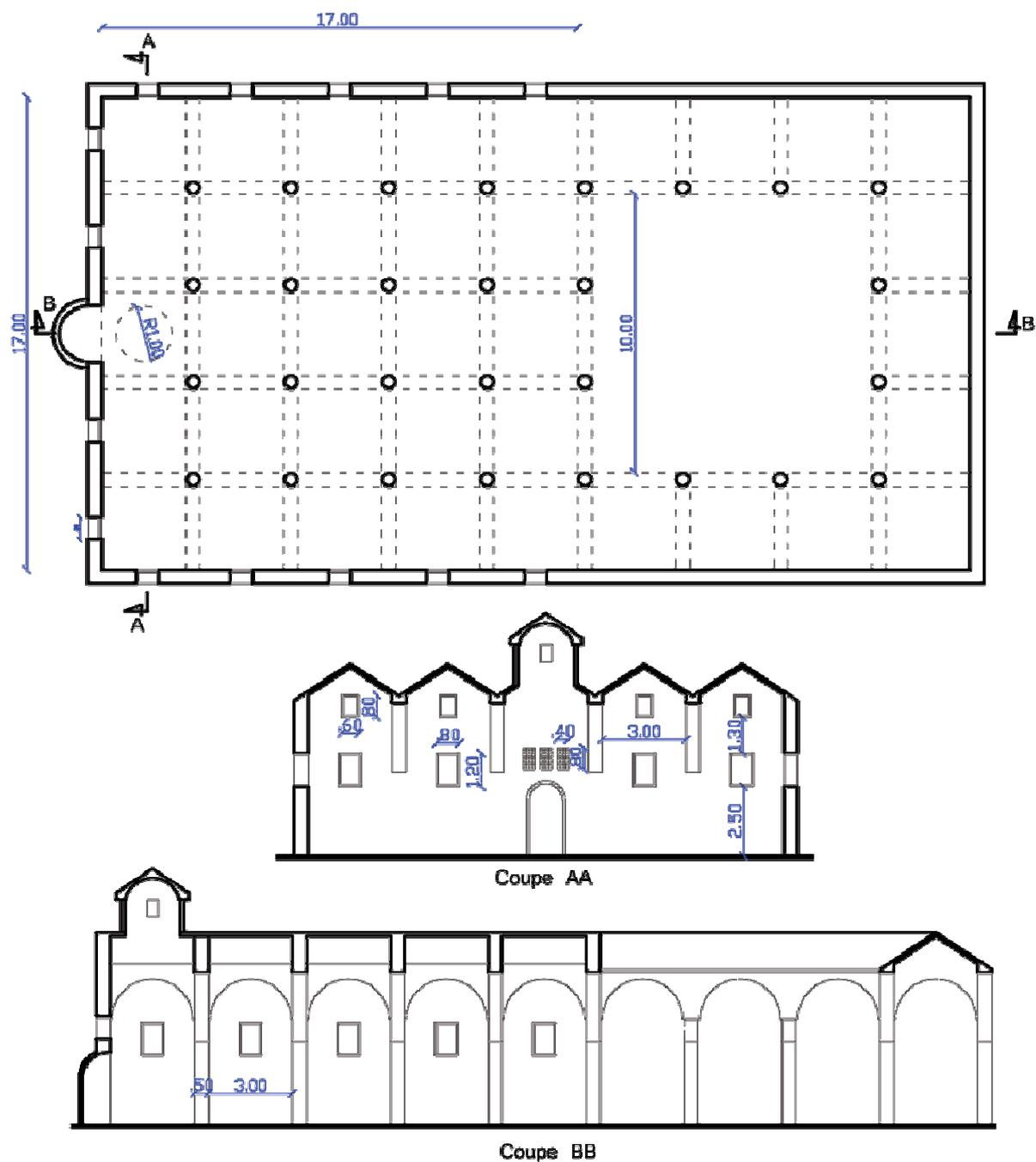


Figure 317 : Le plan et deux coupes sur le modèle de la mosquée à salle de prière hypostyle et à toiture pyramidale.

Source : Auteur

## 6.2 Caractéristiques surfaciques :

Les mêmes matériaux sont utilisés exception faite pour le plafond :

**Paroi horizontale haute** : bois foncé.

## 6.3 Cas à simuler :

**Quatre cas sont à étudier** pour ce modèle ; division verticale et division horizontale de l'espace intérieur.

LE 21 JUIN			
C A S (B.)	Division	SALAT EL-DHOHR (12H30)	SALAT EL-AASR (16H30)
	Verticale (V)	(12H30) B.V	(16H30)B.V
	Horizontale (H)	(12H30) B.H	(16H30)B.H
<p><b>Eclairage</b> = 4 cas x 3 (coté 1+milieu+ coté 2) x 3 (P. proche+P. milieu +P. lointain) = <b>36 scénarios à simuler</b></p> <p><b>Luminance</b> = 4 Cas x 2 (Position debout+position assise) x 3 (P. proche+P. milieu +P. lointain) = <b>24 scénarios à simuler</b></p> <p><b>Un total de 60 scénarios</b></p>			

## 6.4 Résultats :

### 6.4.1 Etude de l'éclairage :

#### 6.4.1.1 Etude cas par cas :

##### 6.4.1.1.1 Au moment de la prière d'El-Dhohr :

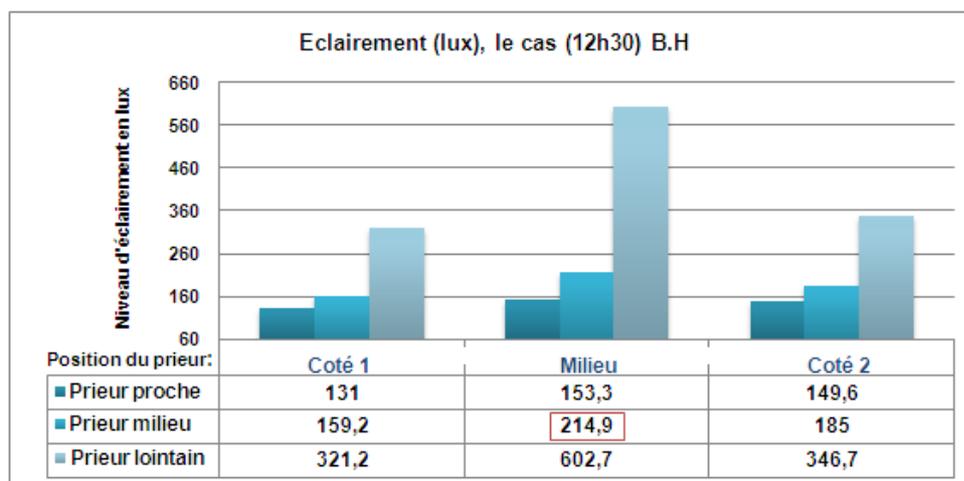


Figure 318 : Eclairage pour les trois positions du prieur, le cas de la division horizontale.

Source : Auteur

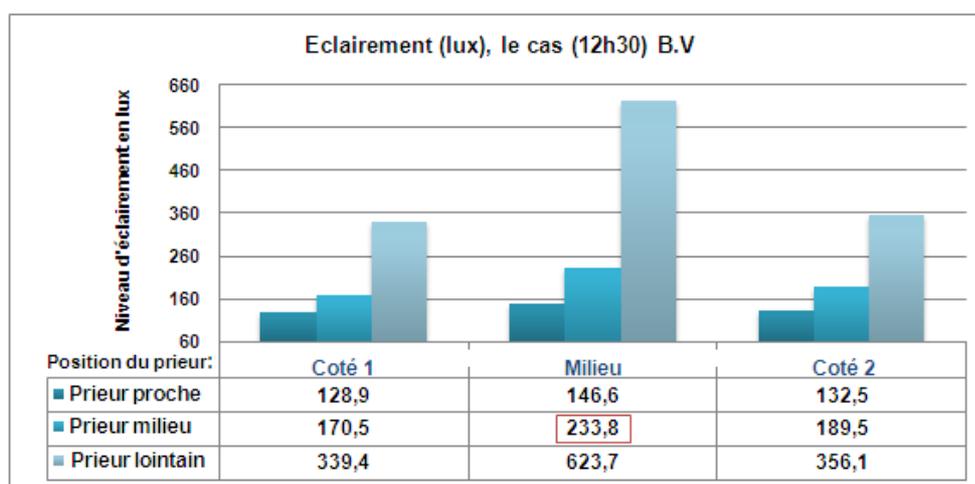


Figure 319 : Eclairage pour les trois positions du prieur, le cas de la division verticale.

Source : Auteur

#### 6.4.1.1.2 Au moment de la prière d'El-Aser :

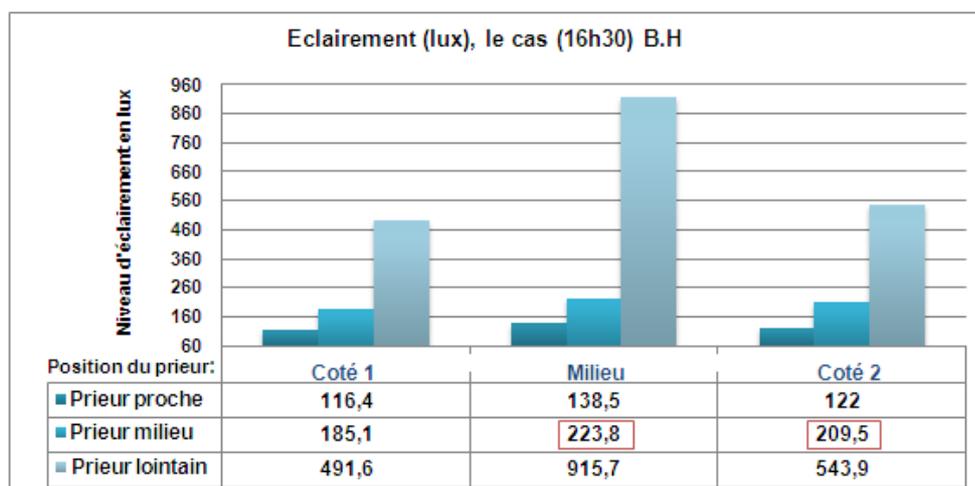
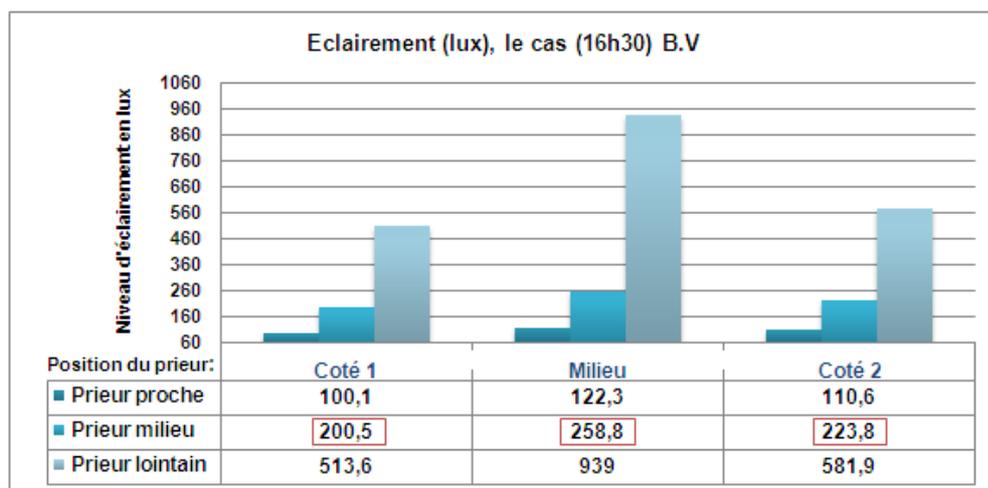


Figure 320 : Eclairage pour les trois positions du prieur, le cas de la division horizontale.

Source : Auteur



**Figure 321** : Eclairage pour les trois positions du prieur, le cas de la division verticale.

**Source** : Auteur

La lecture faite des résultats précédents :

- . Au moment de la prière d'El-Dohr comme celle d'El-Aser, compte tenu de la position du prieur par rapport au mur de la qibla, les valeurs de l'éclairage enregistrées vont en croissant depuis : 'prieur proche' ensuite 'prieur milieu' et en dernier prieur lointain,
- . Cependant, c'est les points de mesure se trouvant au 'milieu' de la salle qui enregistrent les valeurs culminantes de l'éclairage suivis du point 'coté 2' et en dernier le point 'coté 1',
- . Comparaison faite entre les mesures relatives au moment de la prière d'El-Dohr et celles correspondant au moment de la prière d'El-Aser, l'ordre croissant des valeurs reste le même avec une majoration, d'environ une vingtaine de lux voire plus, observée pour les valeurs d'éclairage du 'prieur milieu' et une augmentation de plus de 300 lux pour un prieur lointain.

#### 6.4.1.2 Etude selon la position du prieur vis-à-vis du mur de la qibla :

##### 6.4.1.2.1 Au moment de la prière d'El-Dohr :

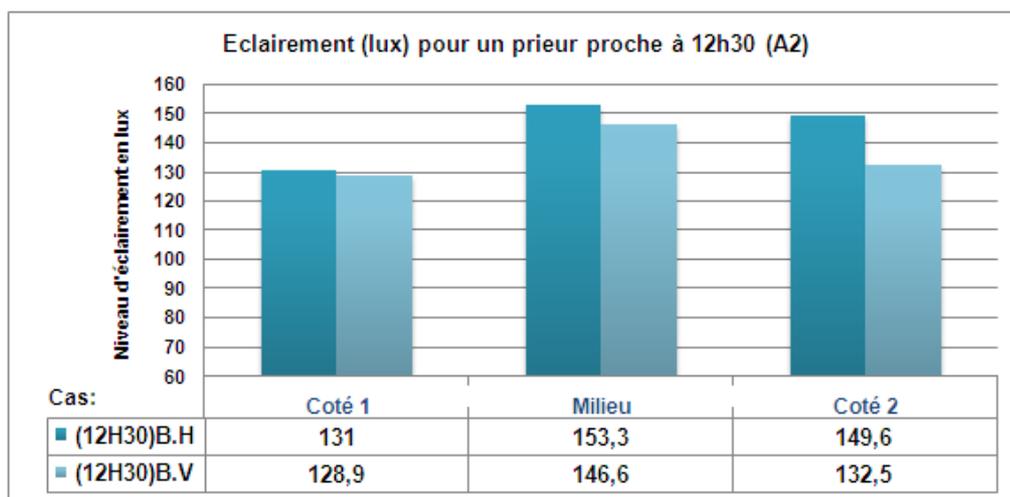


Figure 322 : Eclairage pour les deux cas du modèle A2 et les trois positions d'un prieur proche.

Source : Auteur

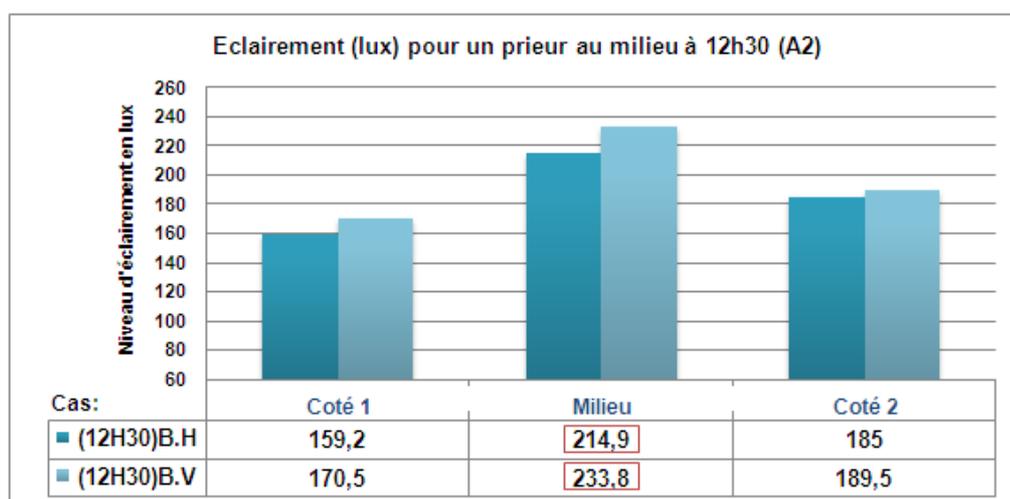


Figure 323 : Eclairage pour les deux cas du modèle A2 et les trois positions d'un prieur au milieu.

Source : Auteur

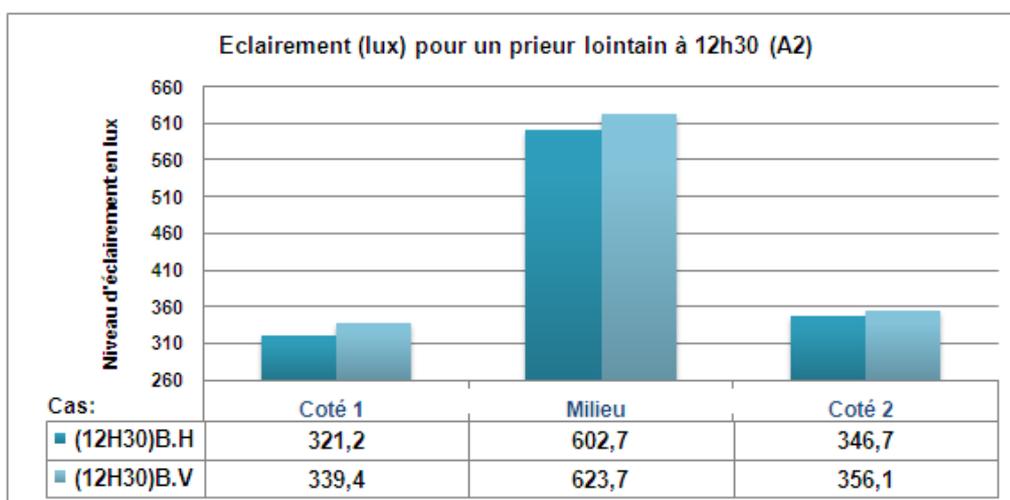


Figure 324 : Eclairage pour les deux cas du modèle A2 et les trois positions d'un prieur lointain.

Source : Auteur

6.4.1.2.2 Au moment de la prière d'El-Aser :

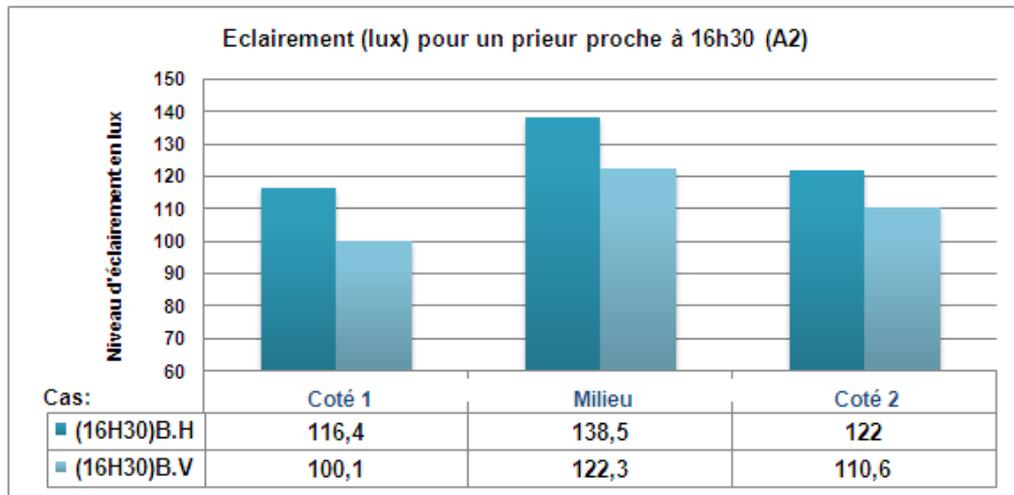


Figure 325 : Eclairage pour les quatre deux du modèle A2 et les trois positions d'un prieur proche.

Source : Auteur

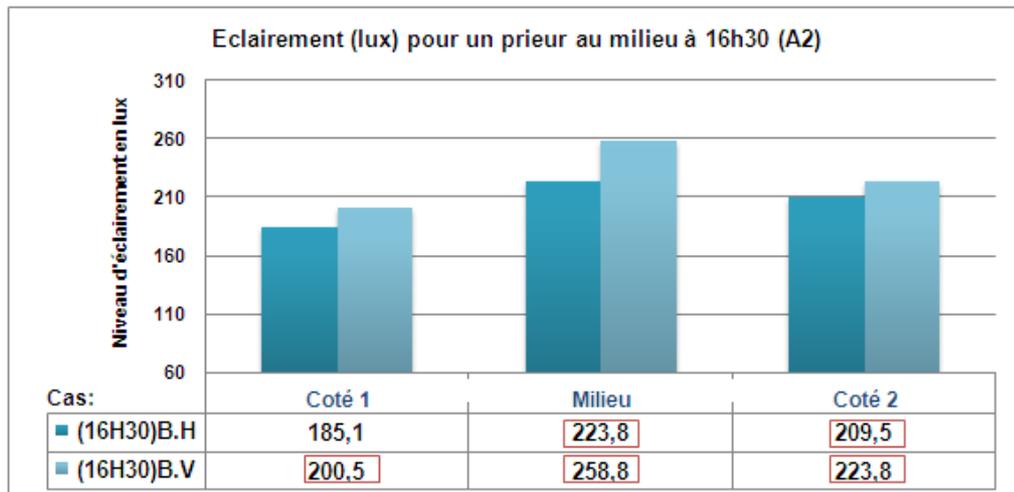


Figure 326 : Eclairage pour les deux cas du modèle A2 et les trois positions d'un prieur au milieu.

Source : Auteur

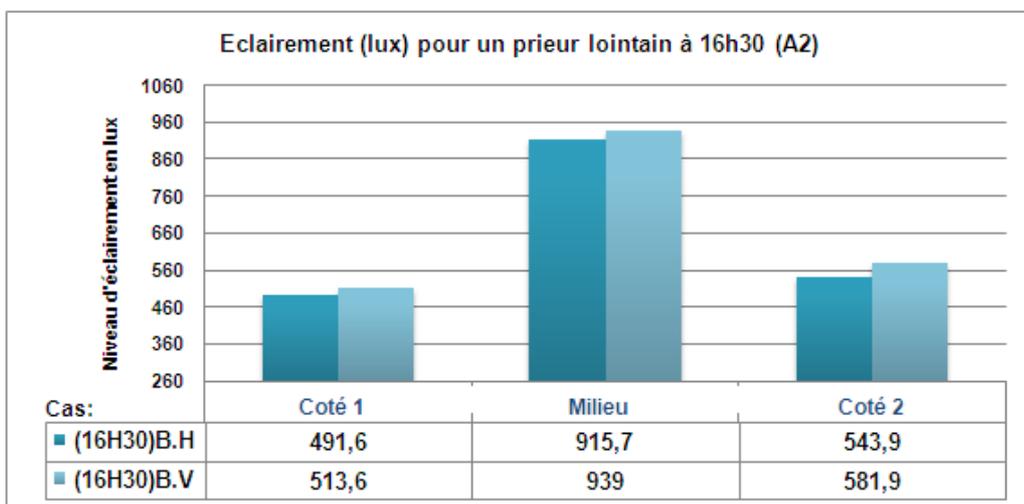


Figure 327 : Eclairage pour les deux cas du modèle A2 et les trois positions d'un prieur lointain.

Source : Auteur

Des figures précédentes, on constate que :

- . Aux deux moments de la prière étudiés, en tous les points de mesure, les valeurs relatives à la division de l'espace intérieur entre horizontale ou verticale, n'obéissent pas à la même logique, pour un 'prieur proche' les valeurs relatives à la division horizontale culminent, tandis que, pour un 'prieure au milieu' ou 'lointain' les plus grandes valeurs correspondent à la division verticale,
- . Comparaison faite entre les mesures relatives au moment de la prière d'El-Dohr et celles correspondant au moment de la prière d'El-Aser, l'ordre croissant des valeurs reste le même avec une majoration, d'environ une vingtaine de lux voire plus, observée pour les valeurs d'éclairage du 'prieur milieu' et une augmentation de plus de 300 lux pour un prieur lointain,
- . Comme on note qu'aux deux moments de la prière, la position 'prieur lointain' enregistre des valeurs largement supérieures au seuil recommandé (200 lux) et cela pour les quatre cas étudiés, alors que pour les positions 'proche' et 'milieu' du prieur, seulement le cas (16H30)B.V division verticale au moment de la prière d'El-Aser pour un 'prieur milieu' enregistre des valeurs d'éclairage supérieur à 200 lux.

### 6.4.1.3 Etude récapitulative des quatre cas étudiés aux deux moments de la prière:

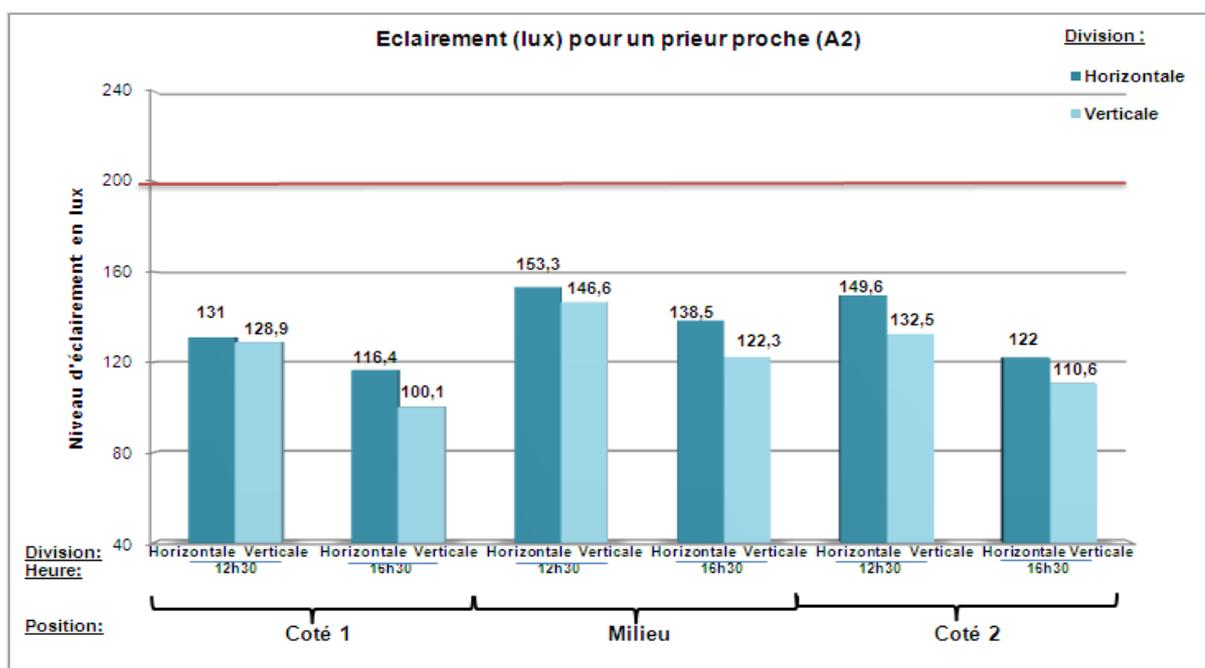


Figure 328: Eclairage pour les deux cas du modèleA2, les deux moments de la prière pour un prieur proche.

Source : Auteur

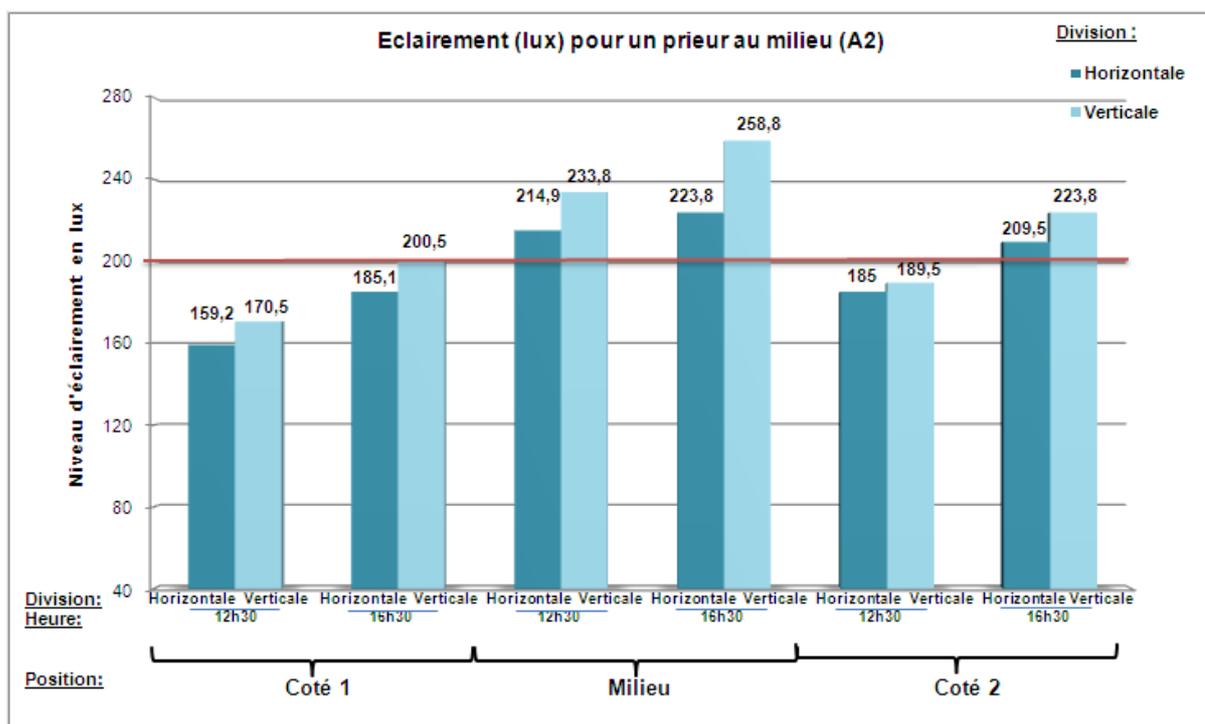


Figure 329 : Eclairage pour les quatre cas du modèle A2, les deux moments de la prière pour un prieur au milieu.

Source : Auteur

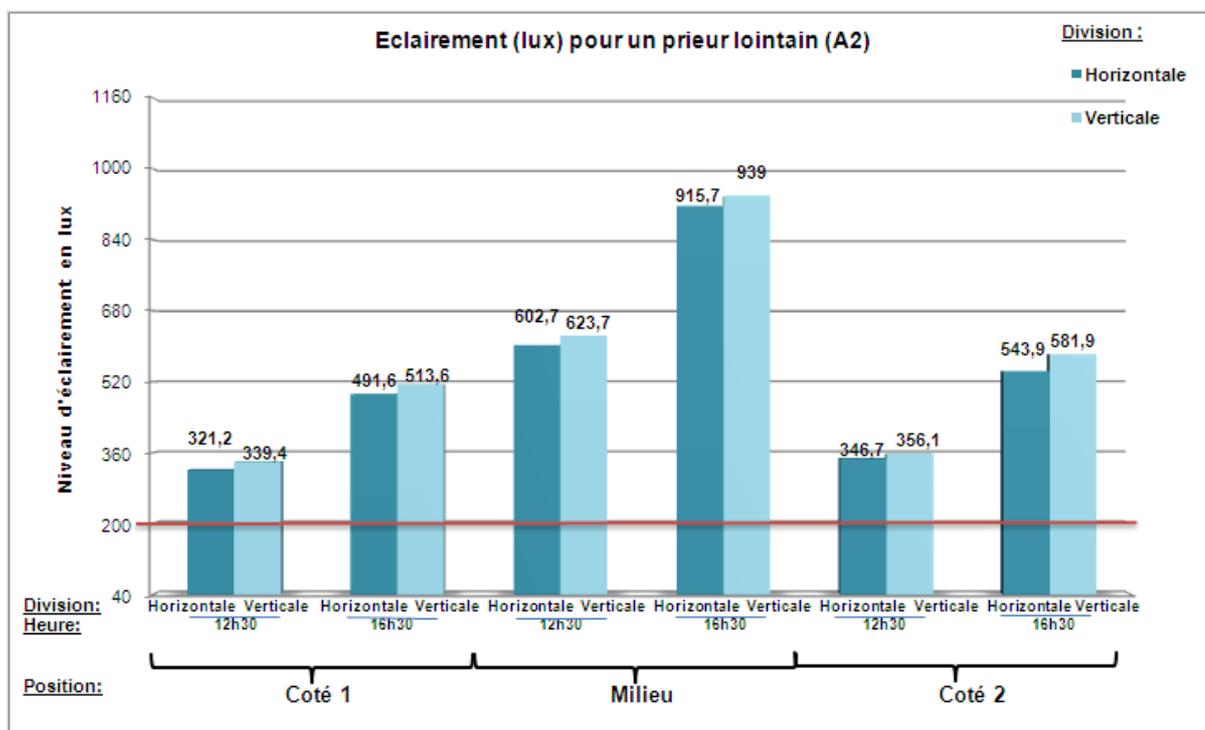


Figure 330 : Eclairage pour les deux cas du modèle A2, les deux moments de la prière pour un prieur lointain.

Source : Auteur

La lecture des graphes (Figure328, Figure329, Figure330) nous fournit les éclaircissements suivants :

- . Considération faite à un prieur proche, division discontinue horizontale ou verticale de l'espace intérieur, les niveaux d'éclairage les plus élevés correspondent au moment de la prière d'El-Dohr, avec plus de précision la plus grande valeur enregistrée coïncide avec le cas (12H30)A.H espace à division horizontale (153,3 lux) inférieure au niveau recommandé, l'écart entre les mesures relatives à la division verticale et horizontale est de l'ordre d'une quinzaine de lux environ,
- . Contrairement à un prieur au milieu, les plus grandes valeurs de l'éclairage sont relatives aux cas de la division verticale de l'espace suivies de celle de la division horizontale au moment de la prière d'El-Aasr (l'influence de la lumière de la cour), suivies des mêmes cas au moment de la prière d'El-Dohr avec un écart d'environ 30 lux, cependant, la plus grande valeur correspond au cas (16H30)B.V 258,8 lux, sans oublier de noter que toutes les valeurs dépassent les 200 lux, excepté les cas relatifs au côté 1 et (12H30)B.V et (12H30)B.H côté 2,
- . Cependant pour un prieur lointain (lumière provenant directement de la cour) les niveaux d'éclairage enregistrés obéissent au même ordre précédent (prieur au milieu de la salle) et sont deux fois supérieures au seuil recommandé.

## 6.4.2 Etude de la luminance :

### 6.4.2.1 Etude cas par cas :

#### 6.4.2.1.1 Au moment de la prière d'El-Dohr :

(12H30)B.H	Luminance (cd/m <sup>2</sup> )					
	Debout			Assis		
Prieur proche	Minimum	Maximum	Min / Max	Minimum	Maximum	Min / Max
	11,013	440,352	<b>0,02500954</b>	10,865	372,033	<b>0,0292044</b>
Prieur milieu	Minimum	Maximum	Min / Max	Minimum	Maximum	Min / Max
	3,256	4211,657	<b>0,00077309</b>	3,449	4538,892	<b>0,00075988</b>
Prieur lointain	Minimum	Maximum	Min / Max	Minimum	Maximum	Min / Max
	2,224	4695,075	<b>0,00047369</b>	2,419	4876,739	<b>0,00049603</b>

Tableau 31 : Luminance pour les trois positions d'un prieur debout et assis, en cas de division horizontale.

Source : Auteur

(12H30)B.V	Luminance (cd/m <sup>2</sup> )					
	Debout			Assis		
Prieur proche	Minimum	Maximum	Min / Max	Minimum	Maximum	Min / Max
	10,661	207,479	<b>0,05138351</b>	10,777	472,967	<b>0,02278594</b>
Prieur milieu	Minimum	Maximum	Min / Max	Minimum	Maximum	Min / Max
	3,704	4240,365	<b>0,00087351</b>	3,624	4514,479	<b>0,00080275</b>
Prieur lointain	Minimum	Maximum	Min / Max	Minimum	Maximum	Min / Max
	2,244	4614,881	<b>0,00048625</b>	2,341	4805,133	<b>0,00048719</b>

Tableau 32 : Luminance pour les trois positions d'un prieur debout et assis, en cas de division verticale.

Source : Auteur

#### 6.4.2.1.2 Au moment de la prière d'El-Aser :

(16H30)B.H	Luminance (cd/m <sup>2</sup> )					
	Debout			Assis		
Prieur proche	Minimum	Maximum	Min / Max	Minimum	Maximum	Min / Max
	11,724	271,789	<b>0,0431364</b>	11,617	267,731	<b>0,04339057</b>
Prieur milieu	Minimum	Maximum	Min / Max	Minimum	Maximum	Min / Max
	4,487	8452,876	<b>0,00053083</b>	4,699	8970,123	<b>0,00052385</b>
Prieur lointain	Minimum	Maximum	Min / Max	Minimum	Maximum	Min / Max
	1,63	8786,607	<b>0,00018551</b>	1,792	8480,125	<b>0,00021132</b>

Tableau 33 : Luminance pour les trois positions d'un prieur debout et assis, en cas de division horizontale.

Source : Auteur

(16H30)B.V	Luminance (cd/m <sup>2</sup> )					
	Debout			Assis		
Prieur proche	Minimum	Maximum	Min / Max	Minimum	Maximum	Min / Max
	10,84	281,647	<b>0,03848789</b>	10,709	140,555	<b>0,07619081</b>
Prieur milieu	Minimum	Maximum	Min / Max	Minimum	Maximum	Min / Max
	6,818	5917,265	<b>0,00115222</b>	5,87	8872,244	<b>0,00066161</b>
Prieur lointain	Minimum	Maximum	Min / Max	Minimum	Maximum	Min / Max
	2,026	8642,67	<b>0,00023442</b>	2,001	8077,375	<b>0,00024773</b>

Tableau 34 : Luminance pour les trois positions d'un prieur debout et assis, en cas de division verticale.

Source : Auteur

La lecture faite des tableaux précédents révèle ;

- . Un très grand écart est enregistré entre les valeurs maximales et minimales de la luminance, position debout comme assis, division horizontale comme verticale,
- . De ce fait, le calcul du rapport (luminance min / luminance max) fournit des valeurs supérieures aux niveaux recommandés, exception faite pour un prieur proche (absence de baies dans le champ de vision),

#### 6.4.2.2 Etude récapitulative selon la position du prieur vis-à-vis du mur de la qibla:

##### 6.4.2.2.1 Valeur maximale pour les deux moments de la prière :

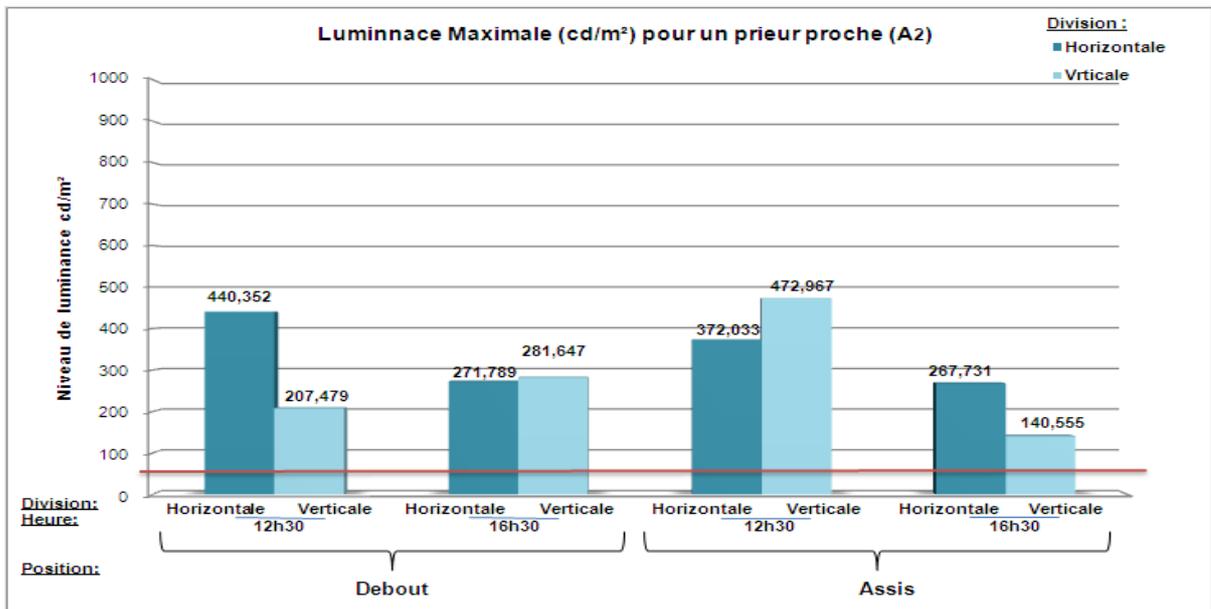


Figure 331 : Luminance maximale pour un prieur proche, debout et assis aux deux moments de la prière (division horizontale et verticale).

Source : Auteur

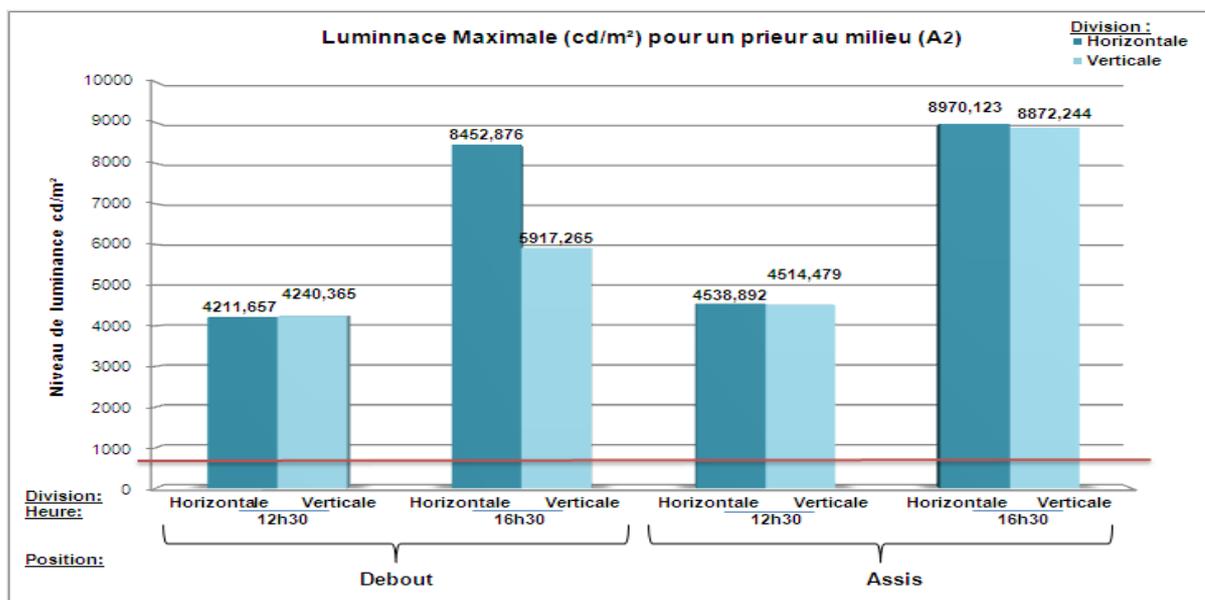


Figure 332 : Luminance maximale pour un prieur au milieu, debout et assis aux deux moments de la prière (division horizontale et verticale).

Source : Auteur

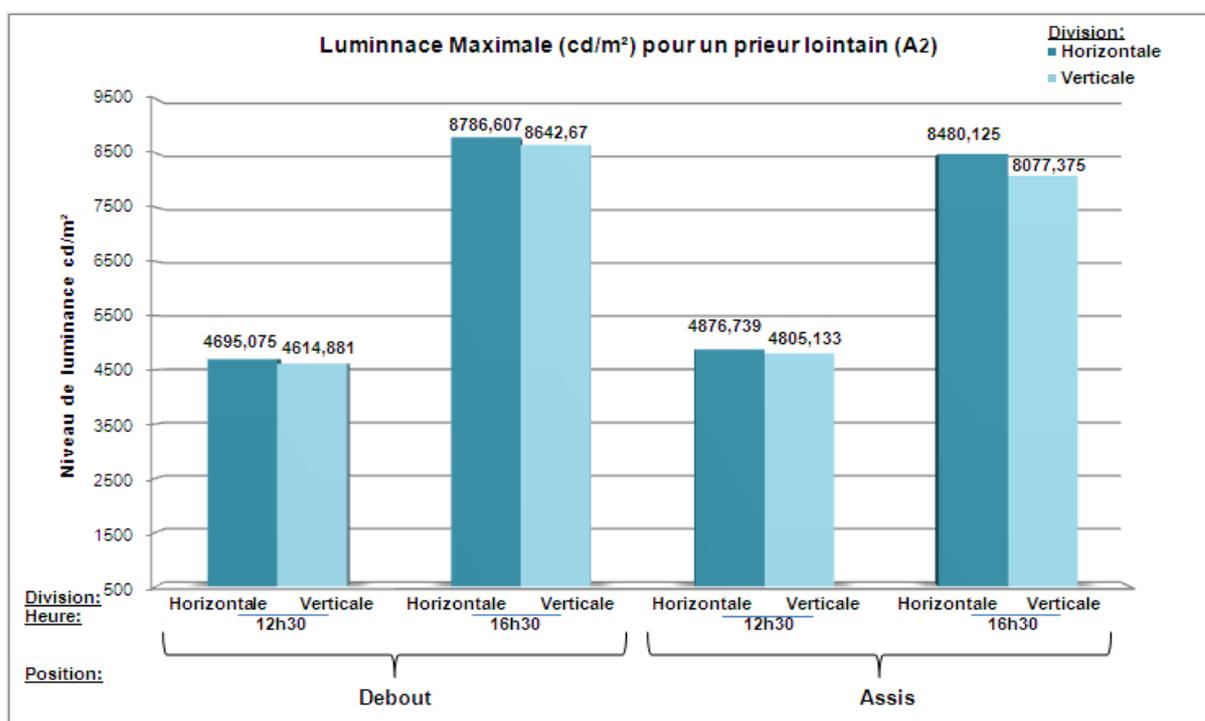


Figure 333 : Luminance maximale pour un prieur lointain, debout et assis aux deux moments de la prière (division horizontale et verticale).

Source : Auteur

### 6.4.2.2 Valeur minimale pour les deux moments de la prière :

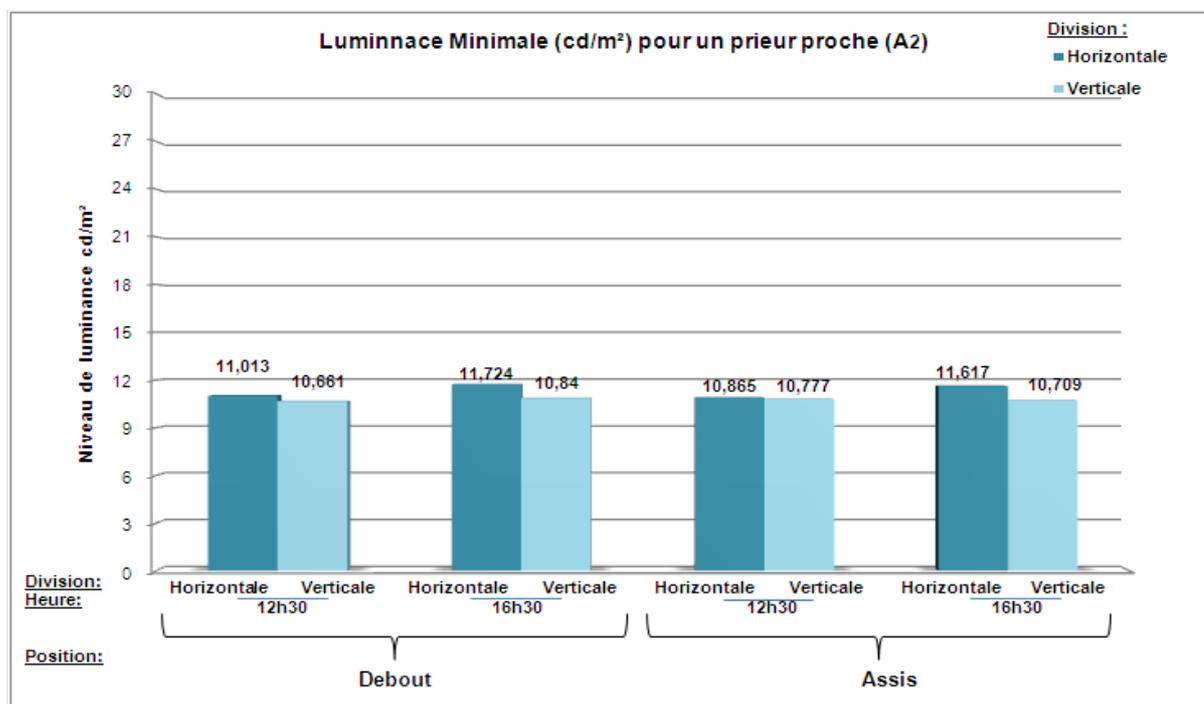


Figure 334 : Luminance minimale pour un prieur proche, debout et assis aux deux moments de la prière les deux cas du modèle A2.

Source : Auteur

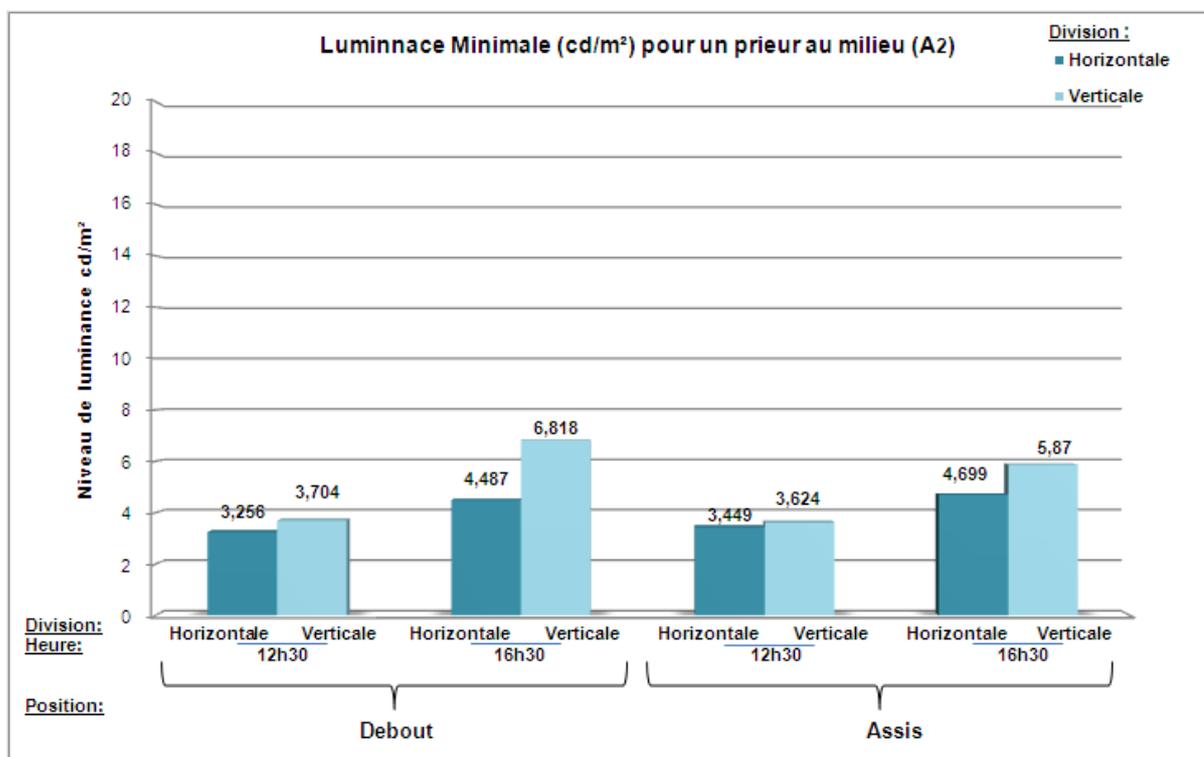


Figure 335 : Luminance minimale pour un prieur au milieu, debout et assis aux deux moments de la prière les deux cas du modèle A2.

Source : Auteur

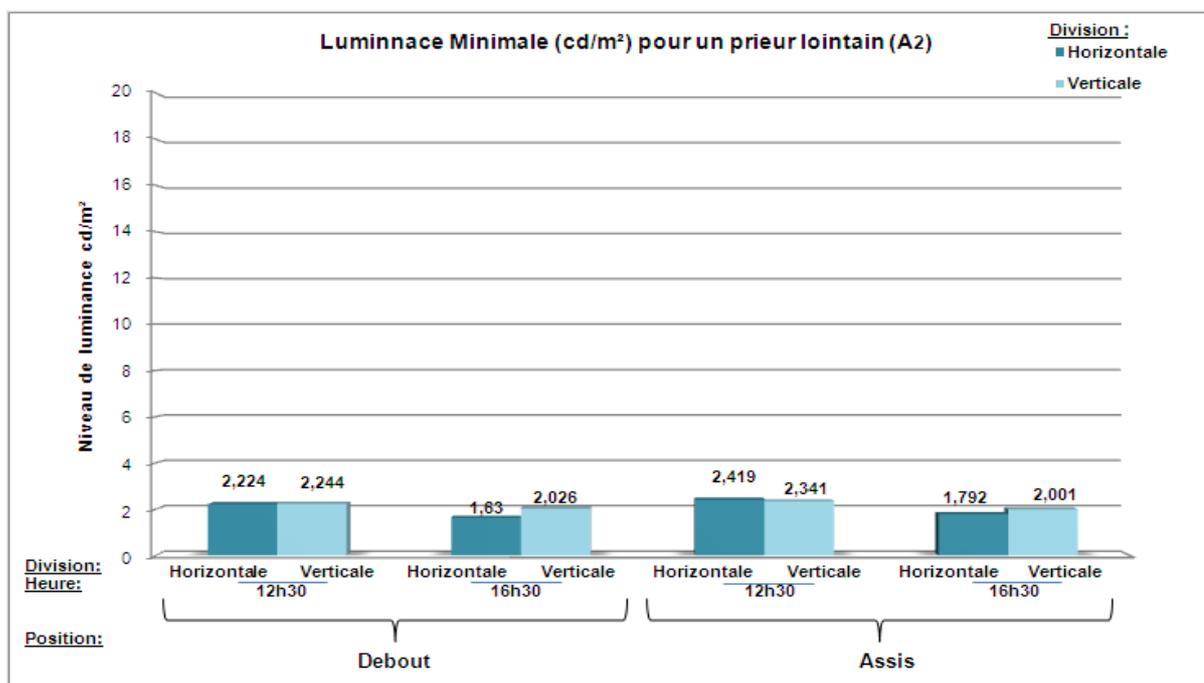


Figure 336 : Luminance minimale pour un prieur lointain, debout et assis aux deux moments de la prière les deux cas du modèle A2.

Source : Auteur

Les enseignements tirés de l'étude de la luminance :

- . En cas de prieur proche du mur de la qibla, toutes les valeurs maximales s'avèrent supérieures à 500 cd/m<sup>2</sup> procurant ainsi un environnement lumineux inconfortable mais restent acceptables par rapport au deux autres positions,
- . Cependant les valeurs maximales enregistrées pour un prieur au milieu ou lointain dépassent de loin le niveau recommandé (entre 4200 et 8900 cd/m<sup>2</sup>) créant ainsi des surfaces éblouissantes et gênantes,
- . Les valeurs culminantes de la luminance sont enregistrées au moment de la prière d'El-Aasr pour la position debout et au moment de la prière d'El-Dhohr pour un prieur assis,

## 7. Etude comparative des modèle A1 et A2 :

### 7.1 Etude de l'éclairément :

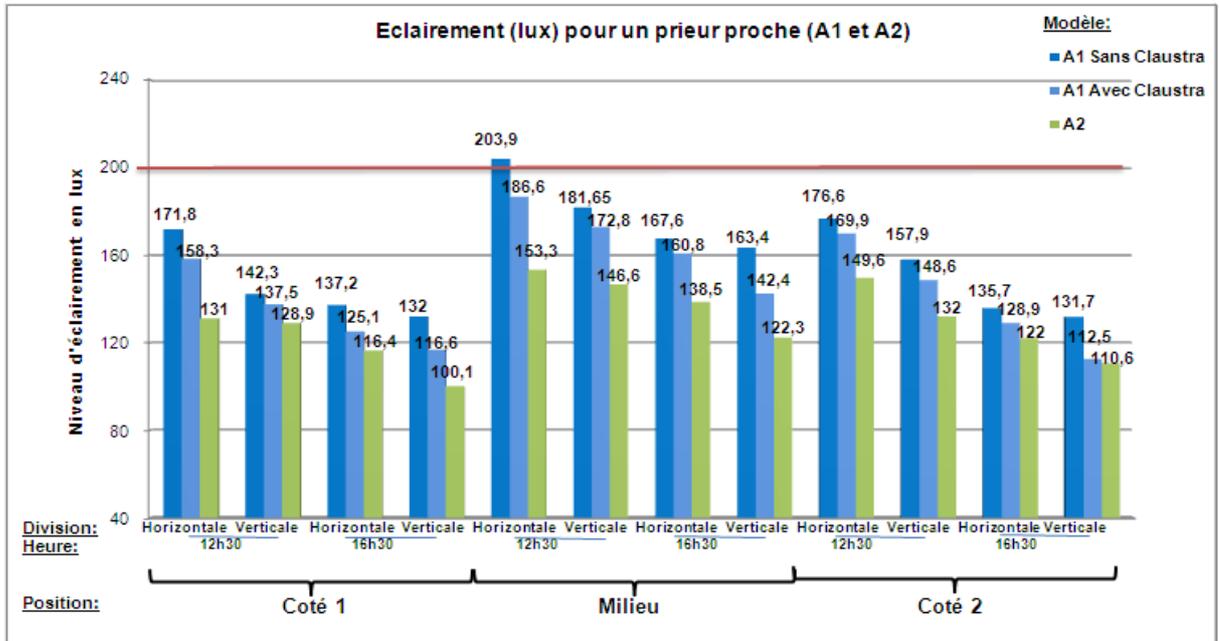


Figure 337 : Eclairément pour les deux modèles de la mosquée à salle hypostyle A1 et A2 et leurs variables, aux deux moments de la prière pour un prieur proche.

Source : Auteur

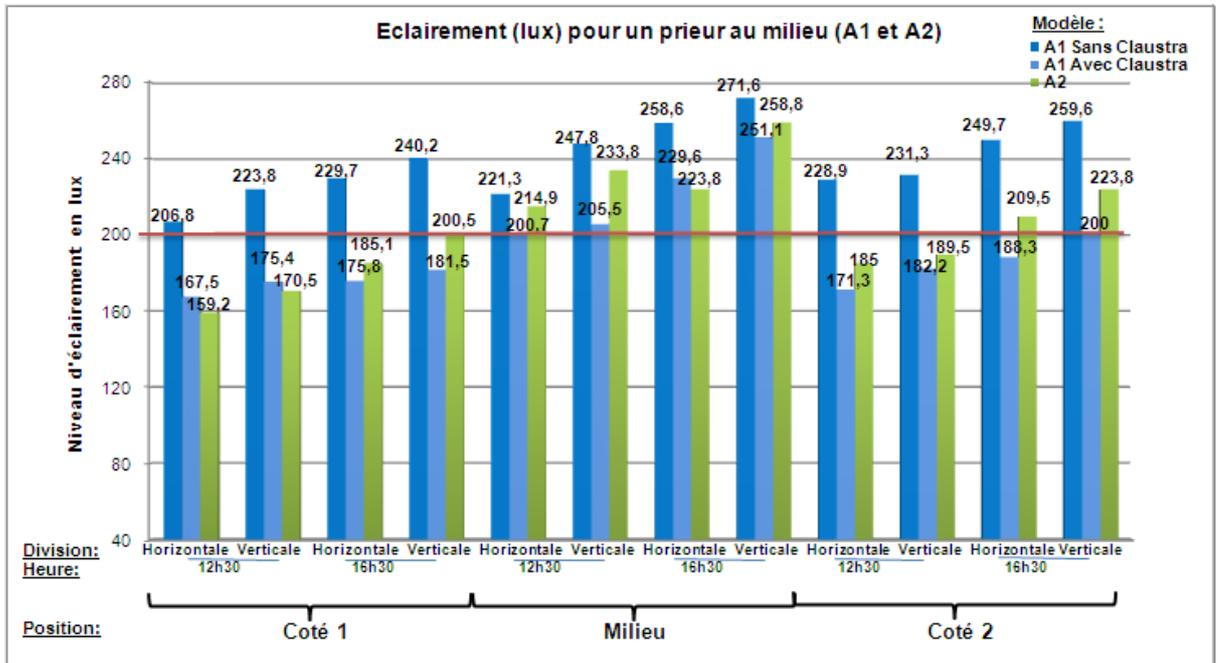


Figure 338 : Eclairément pour les deux modèles de la mosquée à salle hypostyle A1 et A2 et leurs variables, aux deux moments de la prière pour un prieur au milieu.

Source : Auteur

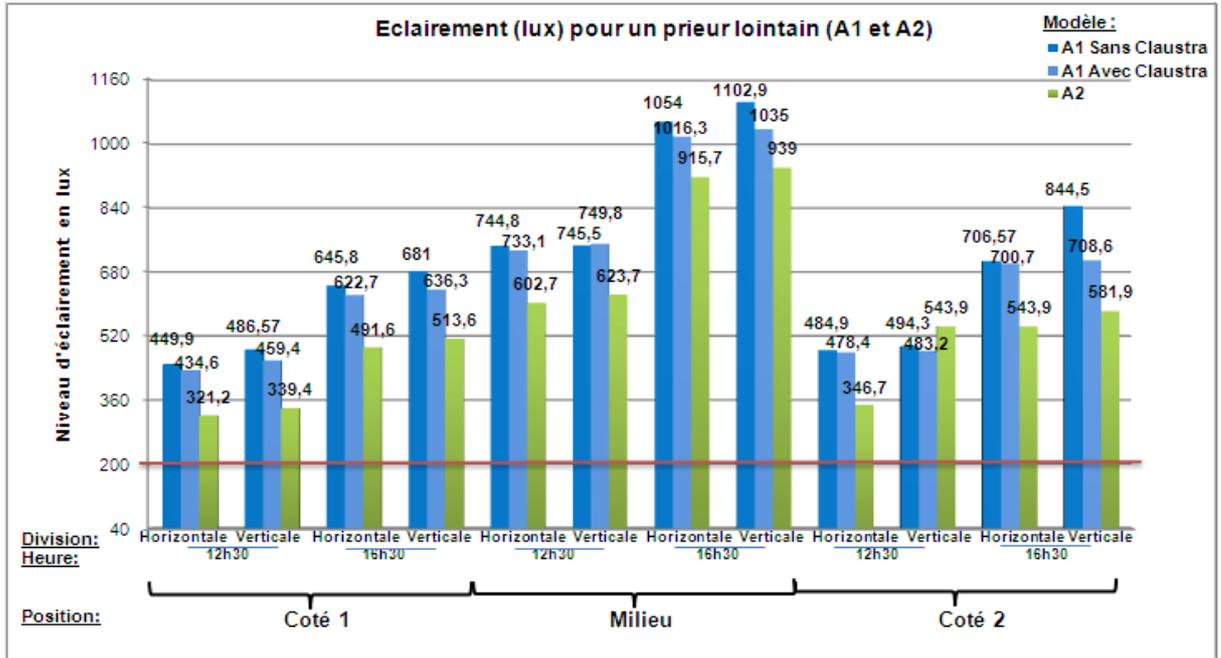


Figure 339 : Eclairage pour les deux modèles de la mosquée à salle hypostyle A1 et A2 et leurs variables, aux deux moments de la prière pour un prieur lointain.

Source : Auteur

## 7.2 Etude de la luminance :

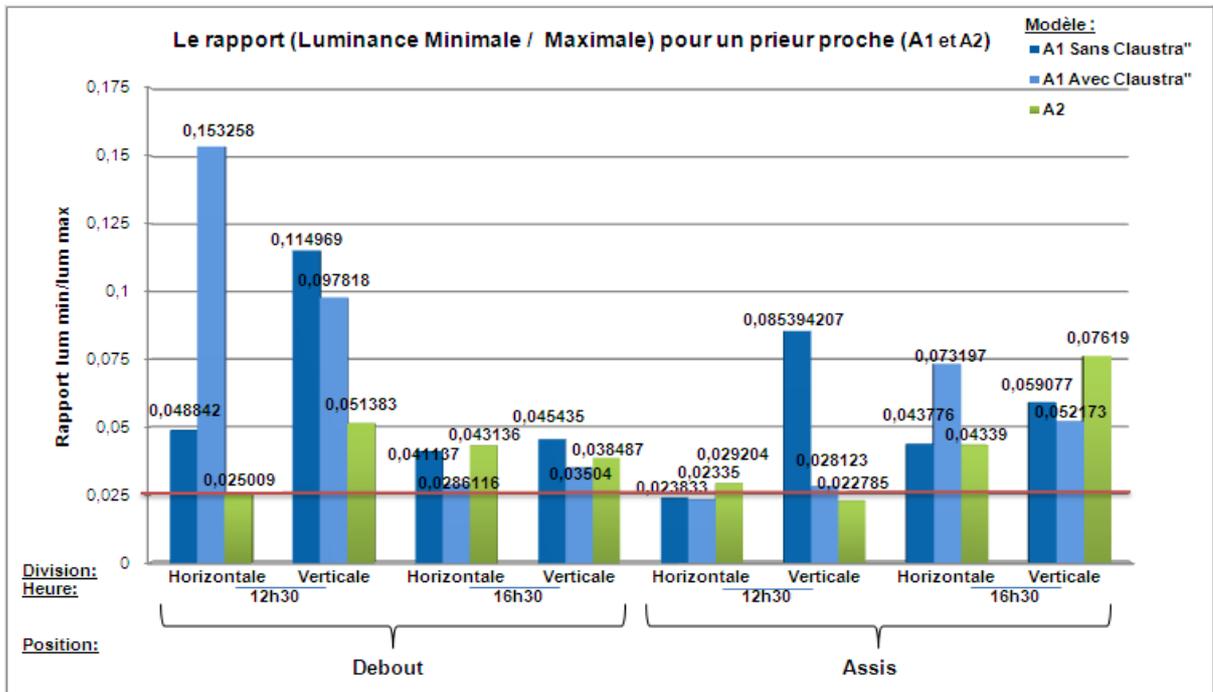


Figure 340 : Luminance pour les deux modèles de la mosquée à salle hypostyle A1 et A2 et leurs variables, aux deux moments de la prière pour un prieur proche.

Source : Auteur

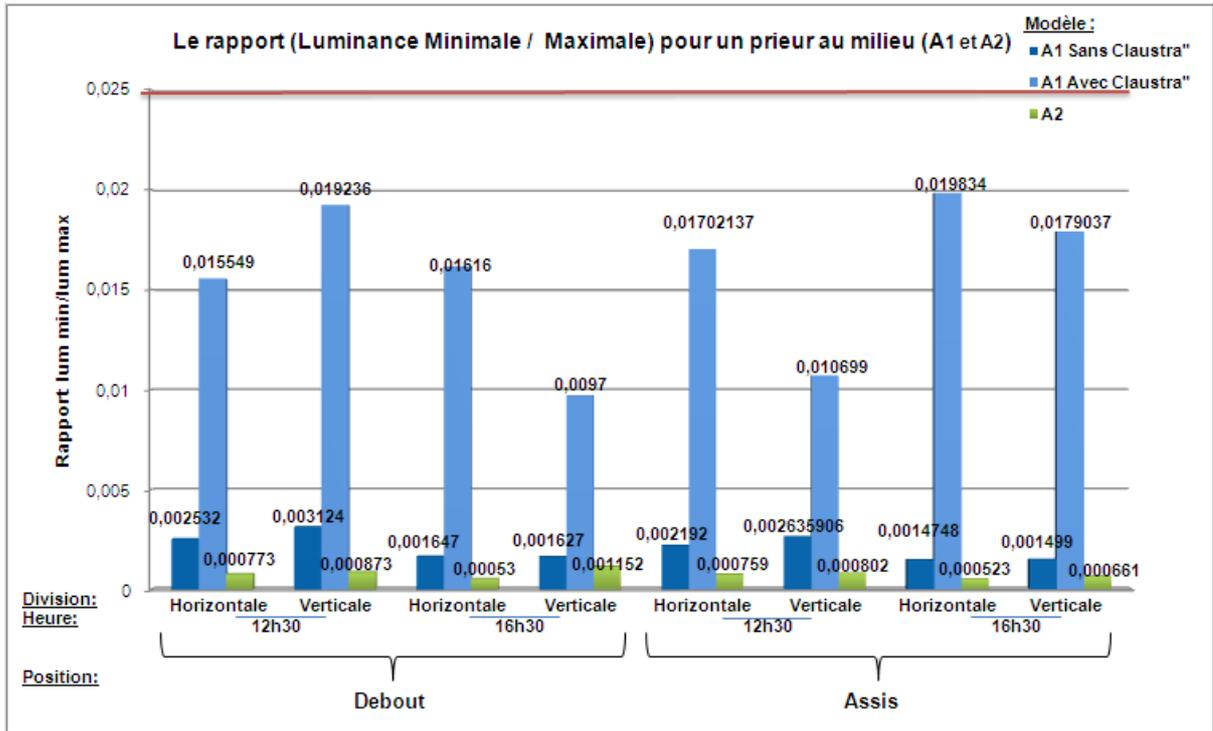


Figure 341 : Luminance pour les deux modèles de la mosquée à salle hypostyle A1 et A2 et leurs variables, aux deux moments de la prière pour un prieur au milieu.

Source : Auteur

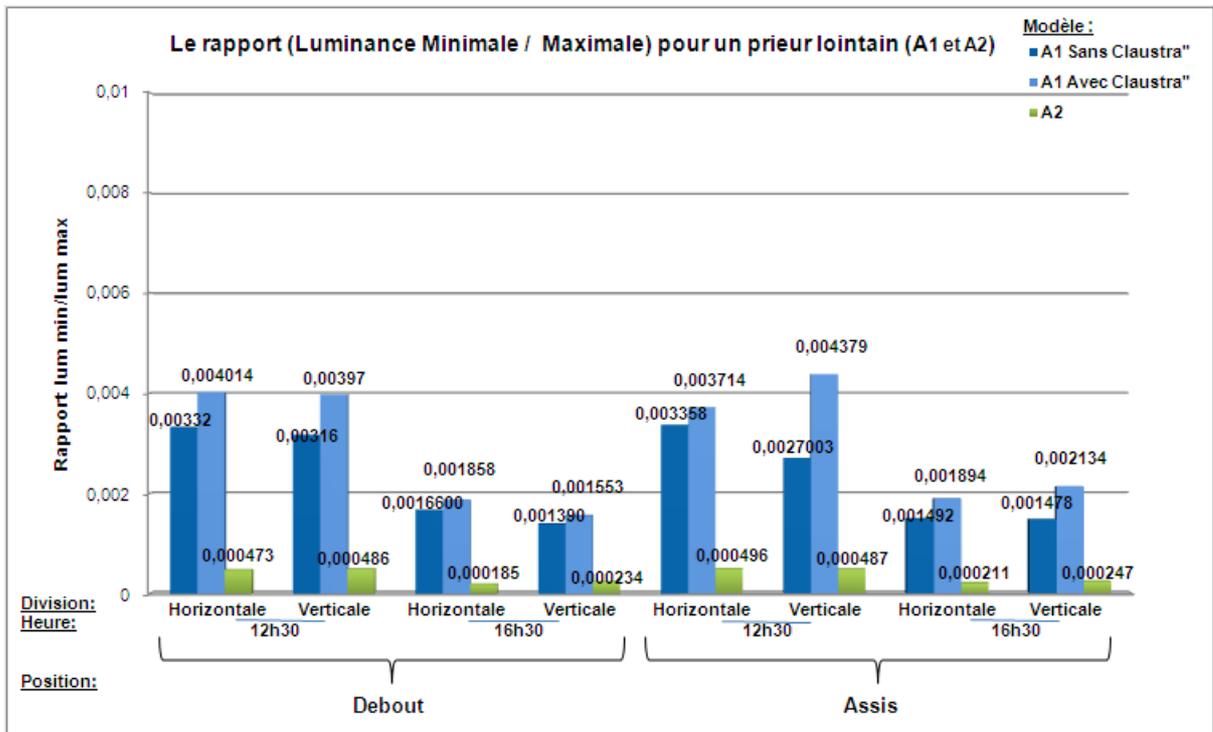


Figure 342 : Luminance pour les deux modèles de la mosquée à salle hypostyle A1 et A2 et leurs variables, aux deux moments de la prière pour un prieur lointain.

Source : Auteur

## 8. Synthèse :

La variation de la division discontinue de l'espace intérieur exerce une influence modeste sur les niveaux d'éclairement (différence maximale d'environ 20 lux pour un 'prieur milieu') et de luminance enregistrés, et particulièrement pour les niveaux de luminance on obtient des graphes ayant les mêmes tendances et des valeurs très rapprochées

Contrairement à la variation de la baie entre l'existence et l'absence du complément claustra qui exerce une importante influence quant aux niveaux d'éclairement et notamment les rapports de luminance calculés (luminance minimale/luminance maximale) en (Figure340, Figure341, Figure342) qui témoignent de valeurs très proches du niveau recommandé en cas de baies avec claustra alors que le cas contraire engendre des surfaces très éblouissantes,

La variation du moment de la simulation exerce plus d'influence sur les niveaux d'éclairement que de luminance enregistrés, particulièrement pour un prieur au milieu ou lointain pour lesquels on constate une majoration importante des niveaux au moment de la prière d'El-Aasr,

La variation de la forme et la texture de la paroi horizontale haute exerce une influence non négligeable sur les niveaux d'éclairement enregistrés, environ une différence d'une quinzaine de lux entre le cas A1 sans claustra et le cas A2.

Il en découle que les meilleurs résultats enregistrés relativement à l'éclairement, s'agissant de prieur proche ou lointain à 12h30 comme à 16h30, sont ceux relatifs au cas A1 sans claustra suivi du cas A1 avec claustra et enfin du cas A2, en cas de prieur au milieu l'ordre croissant des niveaux d'éclairement devient A1 sans claustra ensuite A2 et en dernier A1 avec claustra, avec toujours une majoration faite en cas de division horizontale pour un prieur proche et en cas de division verticale pour un prieur au milieu ou lointain du mur de la qibla, alors que les meilleur résultats enregistrés relativement à la luminance correspondent aux cas A1 avec claustra suivi de A2 et dernièrement A1 sans claustra.

## Conclusion :

À partir de l'étude menée sur les modèles construits des mosquées à salle de prière hypostyle, en respect du sujet de notre recherche, on arrive à mettre en exergue l'apport de cette architecture pré-ottomane en matière de dispositifs voués à l'éclairage naturel :

- . La division discontinue étudiée de l'espace intérieur constitue un obstacle matériel à la distribution intérieure de la lumière naturelle ainsi on remarque une concentration de la lumière naturelle dans la zone immédiate des baies (en particulier prier proche et lointain) en instaurant une barrière, non continue dans sa partie basse, à la propagation de la lumière pénétrante, cependant la division verticale configure l'acheminement du flux lumineux et permet plus de perméabilité à la lumière pénétrante.
- . Le complément claustra constitue un dispositif d'ont le rôle est d'adoucir la lumière, la taille des interstices le constituant est de nature à **réduire au maximum la pénétration directe des rayons solaires**, et de **transmettre la lumière diffuse reflétée** perpendiculairement au claustra, afin de **limiter l'éblouissement** et permettre une pénétration plus profonde, à la lumière du jour.

## Introduction :

Dans ce chapitre, relativement au sujet de notre étude nous effectuons des simulations informatiques de la lumière naturelle axées sur l'ambiance lumineuse intérieure comme étant une synergie entre la baie et la composante réfléchie intérieure, pour le cas des mosquées à salle de prière à coupole centrale et à galeries limitrophes en Algérie, nous effectuons les manipulations essentielles sur les deux modèles développés au chapitre trois, à savoir ; i) B<sub>1</sub> la mosquée à salle à coupole centrale et galeries périphériques et ii) B<sub>2</sub> la mosquée à salle à coupole centrale, galeries périphériques et coupolettes. Une fois les résultats obtenus, nous procédons à leur présentation et interprétation et à la lumière des enseignements tirés nous passons à la conclusion.

## 1. Les modèles de simulation :

Nous construisons pour l'étude de la mosquée à salle de prière à galerie périphérique deux modèles qui se distinguent selon l'existence ou non des coupolettes : i) sans coupolettes (Figure 343), ii) avec coupolettes (Figure 344).

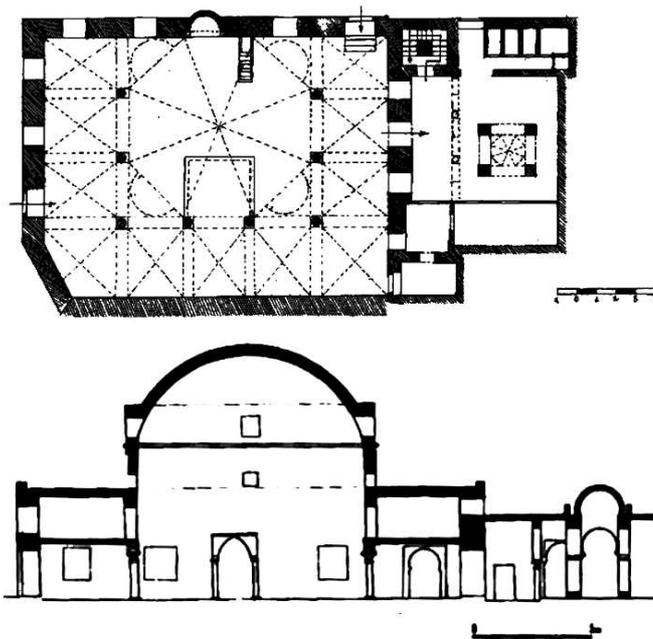


Figure 343 : Mosquée Safir d'Alger.  
Source : (Dokali, 1974)

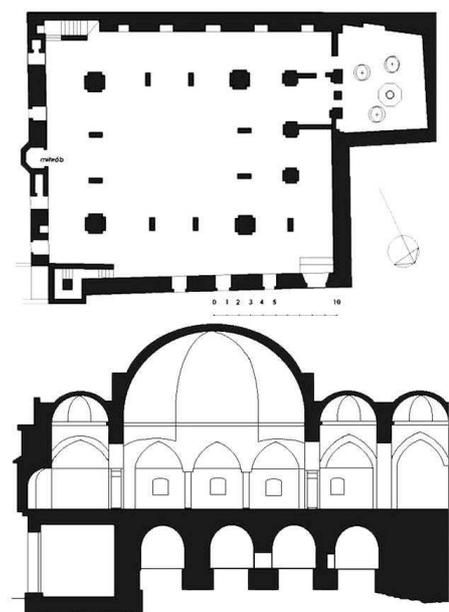


Figure 344 : Mosquée Ali Betchine d'Alger.  
Source : <http://www.discoverislamicart.org>

## 2. B1 : Mosquée à salle à coupole centrale et galeries périphériques :

### 2.1.1 Caractéristiques formelles :

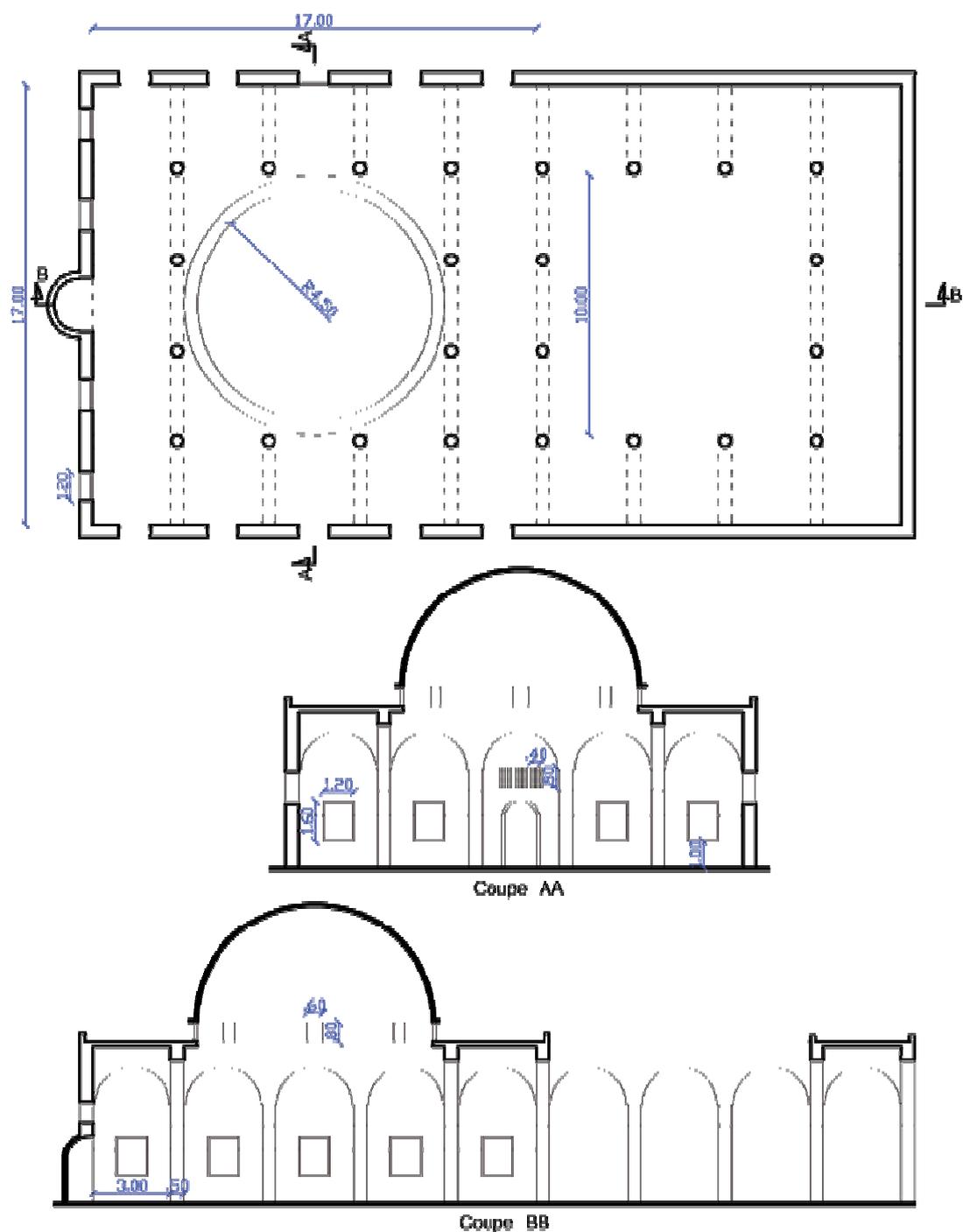


Figure 345 : Le plan et deux coupes sur le modèle de la mosquée à salle à coupole centrale et galeries périphériques.

Source : Auteur

### 2.1.2 Caractéristiques surfaciques :

Les matériaux suivants sont utilisés en respect de la réalité, et dont les caractéristiques photométriques ont été tirées des tableaux compilés au niveau des annexes (Reiter et Herde, 2004) :

**Paroi horizontale haute** : en plâtre blanc.

**Le 1/3 des parois verticales et les éléments de division** : en céramique claire.

**Les 2/3 des parois verticales et les éléments de division** : en plâtre blanc.

**Paroi horizontale basse** : tapis de couleurs foncées à texture rugueuse.

**Claustras du mihrab** : en plâtre blanc.

**Vitrage** : vitrage simple transparent.

### 2.1.3 Mesures d'éclairément :

La même grille du chapitre précédant est adoptée, afin de pouvoir comparer les résultats entre eux.

### 2.1.4 Cas à simuler :

Deux cas sont à simuler par rapport à la stratification texturale verticale à savoir : **avec stratification texturale verticale** et **sans stratification texturale verticale** pour les modèles B1 et B2.

En plus, deux autres cas sont à simuler relativement aux baies verticales; **rangée double** et **rangée basse** seulement

En tout pour ce modèle **huit cas sont à étudier**.

LE 21 JUIN					
SALAT EL-DHOHR (12H30)			SALAT EL-AASR (16H30)		
C A S (C.)	Stratification	Baie : Rangée basse / Rangée double			
		Rangée basse (Rb)	Rangée double (Rd)	Rangée basse (Rb)	Rangée double (Rd)
	Texturale Verticale				
	Avec Strat (As)	(12H30)C.AsRb	(12H30)C.AsRd	(16H30)C.AsRb	(16H30)C.AsRd
Sans Strat (Ss)	(12H30)C.SsRb	(12H30)C. SsRd	(16H30)C.SsRb	(16H30)C.SsRd	
<p><b>Eclairement = 8 cas x 3 (coté 1+milieu+ coté 2) x 3 (P. proche+P. milieu +P. lointain) = 72 scénarios à simuler</b></p> <p><b>Luminance = 8 Cas x 2 (Position debout+position assise) x 3 (P. proche+P. milieu +P. lointain) = 48 scénarios à simuler</b></p> <p><b>Un total de 120 scénarios</b></p>					

## 2.2 Résultats :

### 2.2.1 Etude de l'éclairement :

#### 2.2.1.1 Etude cas par cas :

##### 2.2.1.1.1 Au moment de la prière d'El-Dhojr :

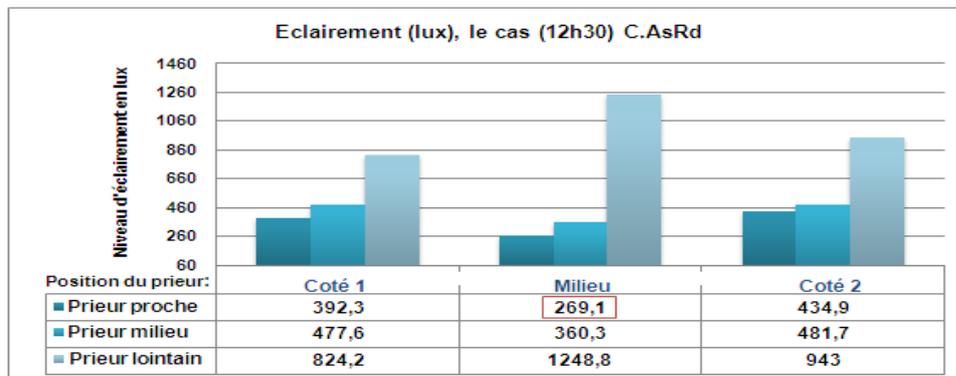


Figure 346 : Eclairement pour les trois positions du prieur, le cas avec stratification rangée double.

Source : Auteur

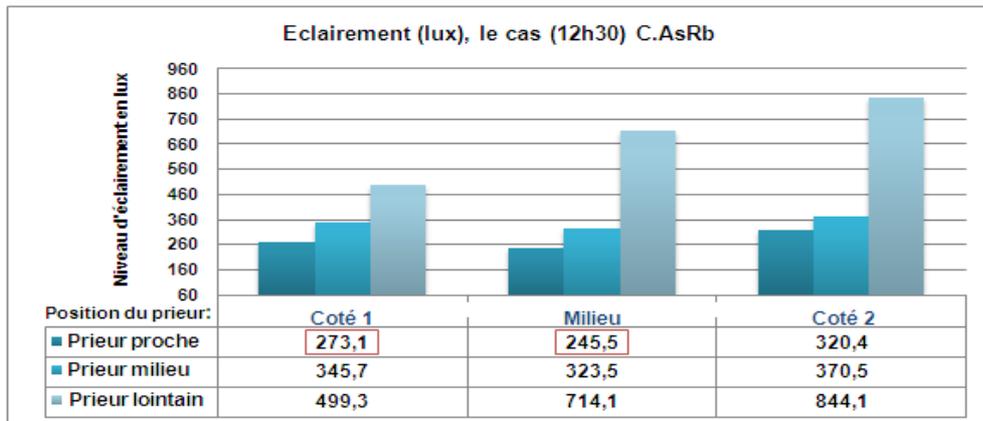


Figure 347 : Eclairage pour les trois positions du prieur, le cas avec stratification rangée basse.

Source : Auteur

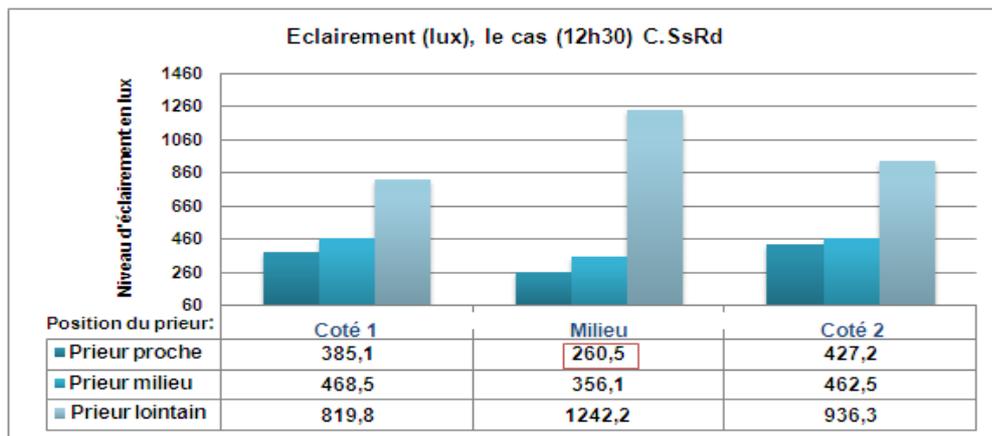


Figure 348 : Eclairage pour les trois positions du prieur, le cas sans stratification rangée double.

Source : Auteur

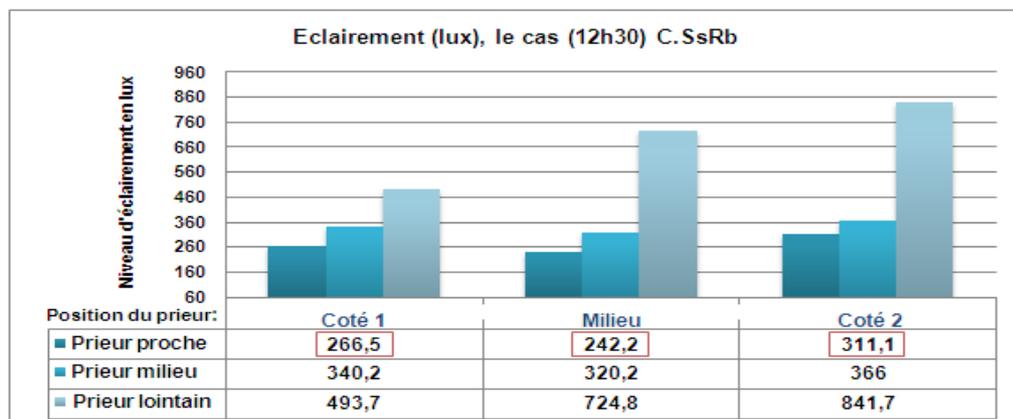


Figure 349 : Eclairage pour les trois positions du prieur, le cas sans stratification rangée basse.

Source : Auteur

2.2.1.1.2 Au moment de la prière d'El-Aser :

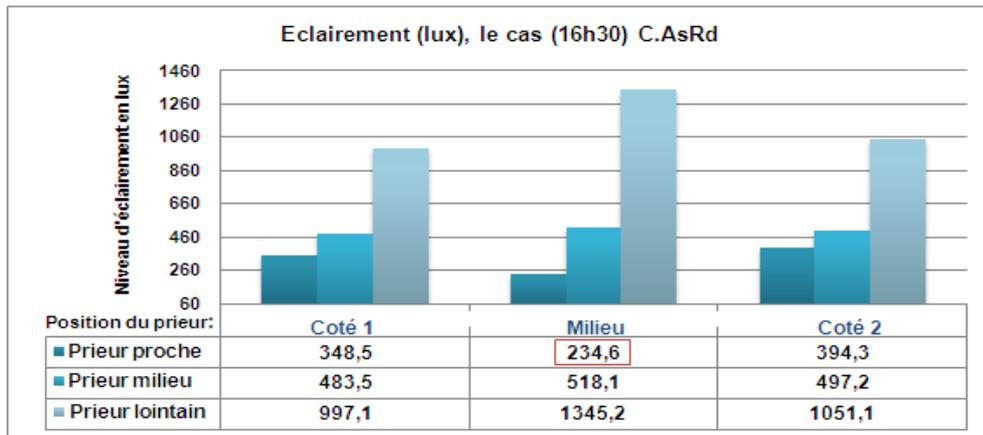


Figure 350 : Eclairage pour les trois positions du prieur, le cas avec stratification rangée double.

Source : Auteur

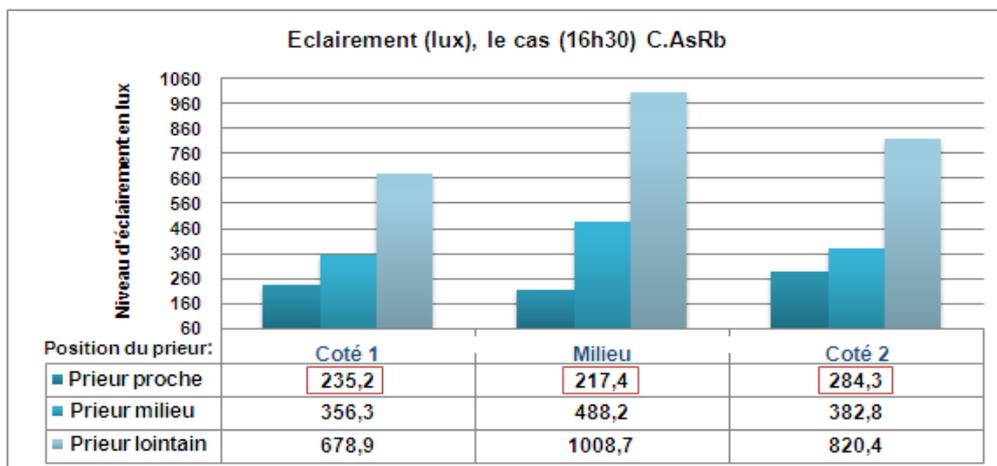


Figure 351 : Eclairage pour les trois positions du prieur, le cas avec stratification rangée basse.

Source : Auteur

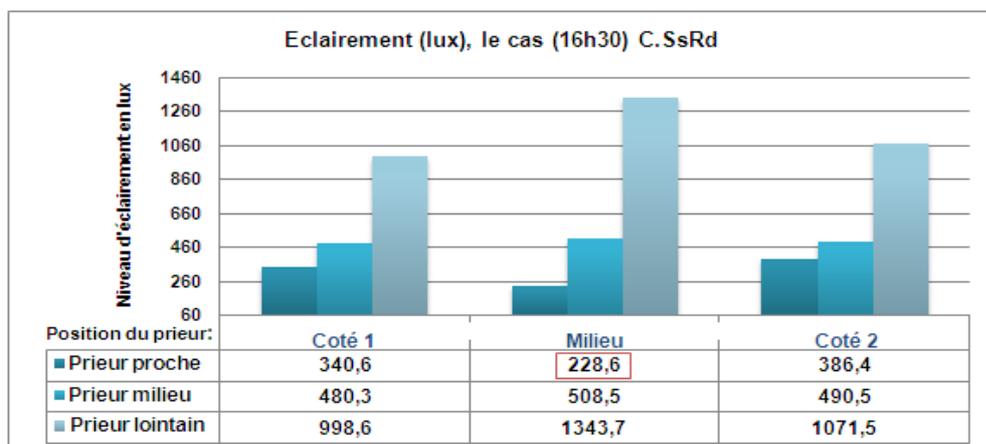
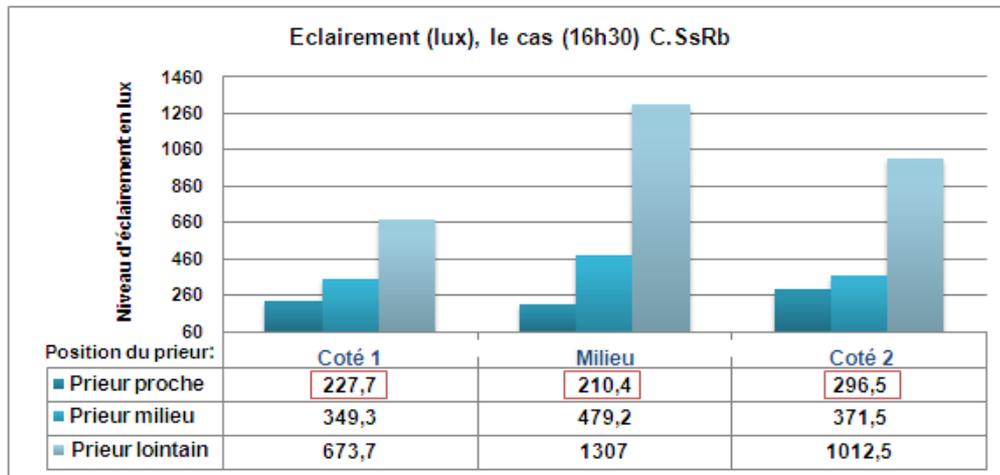


Figure 352 : Eclairage pour les trois positions du prieur, le cas sans stratification rangée double.

Source : Auteur



**Figure 353** : Eclairage pour les trois positions du prieur, le cas sans stratification rangée basse.

Source : Auteur

La lecture faite des figures précédentes révèle :

- . Au moment de la prière d'El-Dhohr comme au moment de celle d'El-Aser, compte tenu de la position du prieur, par rapport au mur de la qibla, les valeurs de l'éclairage enregistrées vont en croissant suivant : 'prieur proche' ensuite 'prieur milieu' et en dernier prieur lointain,
- . Cependant, ce sont les points de mesure se trouvant au 'milieu' de la salle qui enregistrent les plus basses valeurs de l'éclairage exceptée celle correspondant à un prieur lointain (la plus grande valeur),
- . Comparaison faite entre les mesures relatives au moment de la prière d'El-Dhohr et celles correspondant au moment de la prière d'El-Aser, l'ordre croissant des valeurs reste le même avec une majoration, avoisinant les 370 lux, observée pour les valeurs d'éclairage du 'prieur milieu' et une augmentation d'environ 120 lux pour un prieur lointain.

### 2.2.1.2 Etude selon la position du prieur vis-à-vis du mur de la qibla :

#### 2.2.1.2.1 Au moment de la prière d'El-Dhohr :

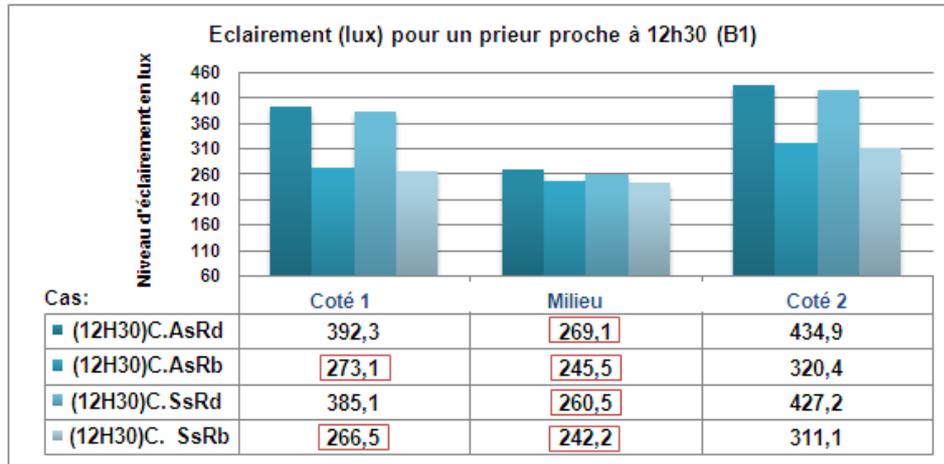


Figure 354 : Eclairage pour les quatre cas du modèle B1 et les trois positions d'un prieur proche.  
Source : Auteur

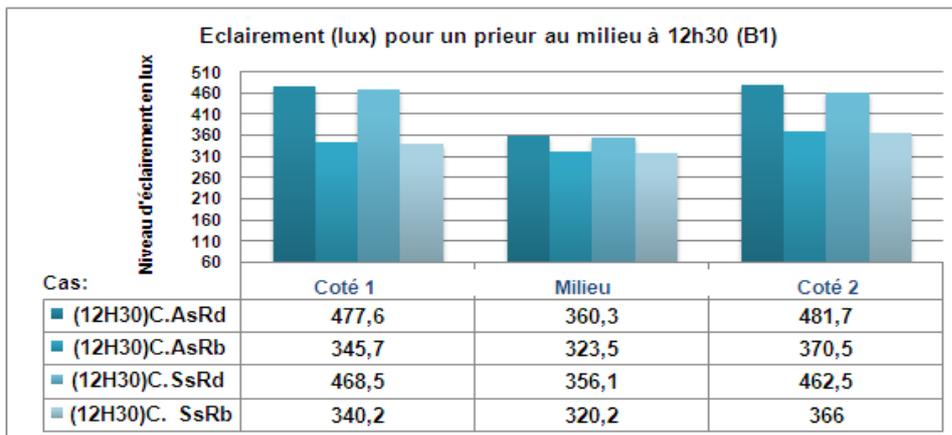


Figure 355 : Eclairage pour les quatre cas du modèle B1 et les trois positions d'un prieur au milieu.  
Source : Auteur

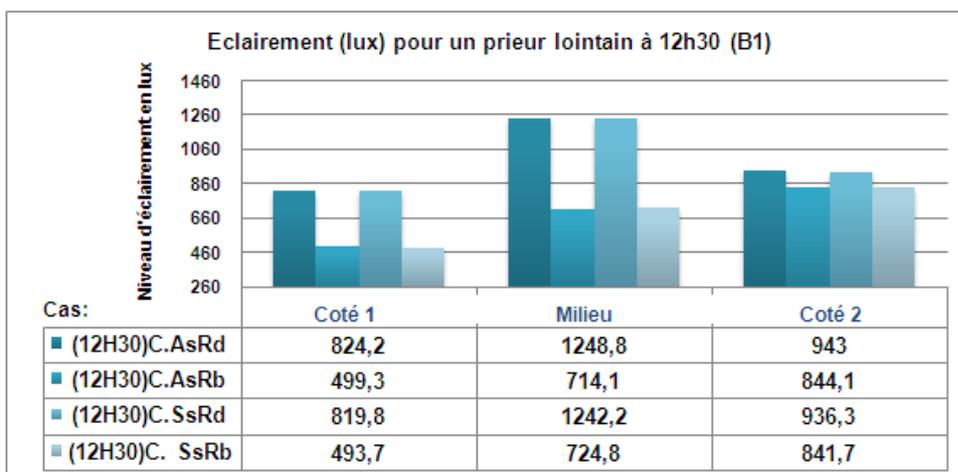


Figure 356 : Eclairage pour les quatre cas du modèle B1 et les trois positions d'un prieur lointain.  
Source : Auteur

2.2.1.2.2 Au moment de la prière d'El-Aser :

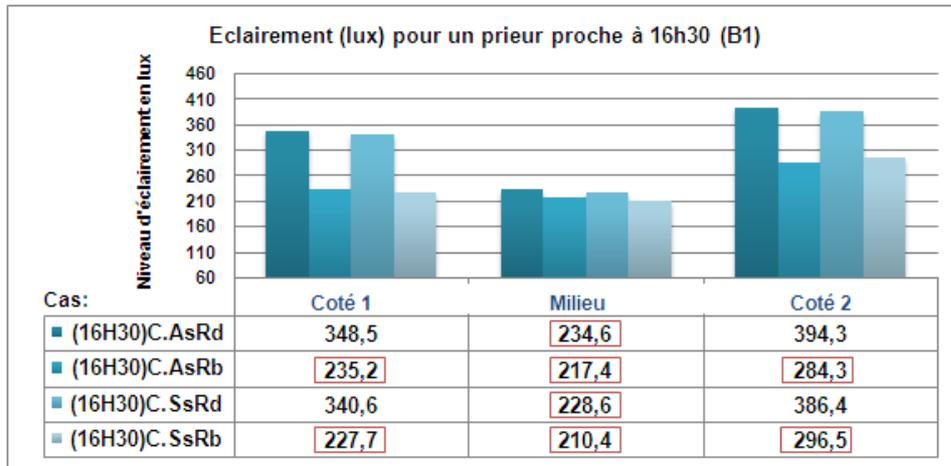


Figure 357 : Eclairage pour les quatre cas du modèle B1 et les trois positions d'un prieur proche.

Source : Auteur

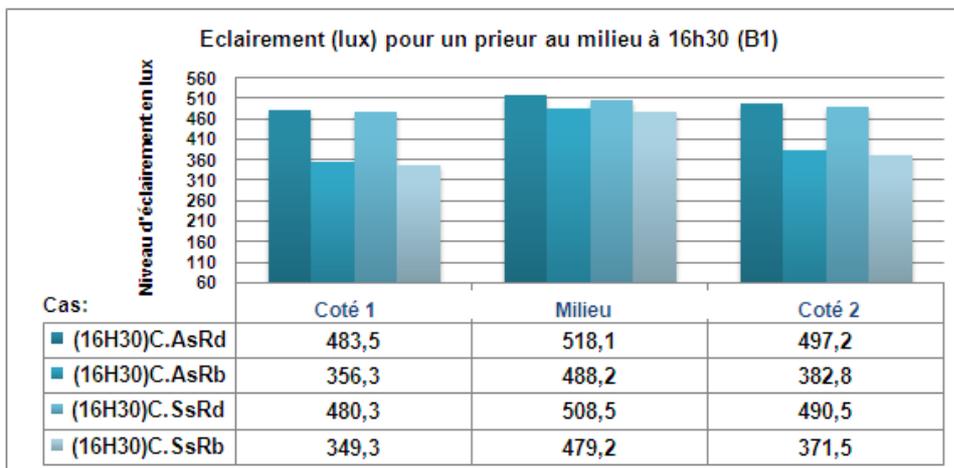


Figure 358 : Eclairage pour les quatre cas du modèle B1 et les trois positions d'un prieur au milieu.

Source : Auteur

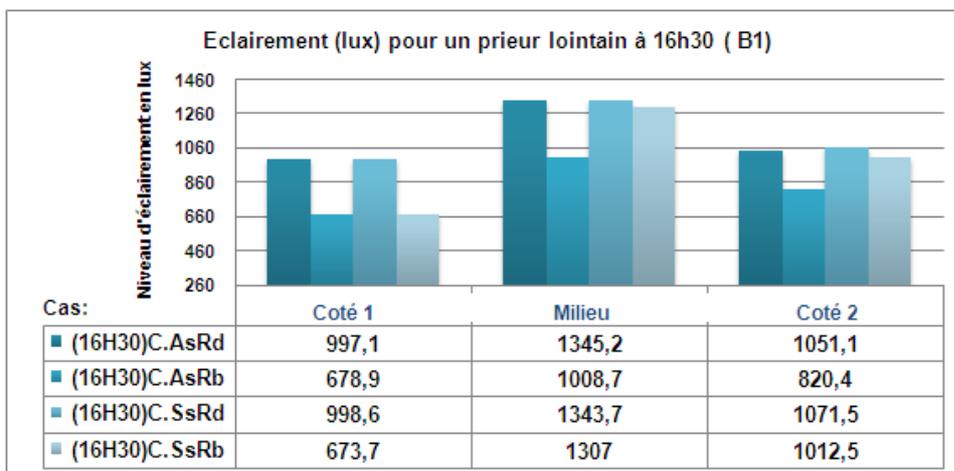


Figure 359 : Eclairage pour les quatre cas du modèle B1 et les trois positions d'un prieur lointain.

Source : Auteur

Des figures précédentes, on constate que :

- . Aux deux moments étudiés de la prière, s'agissant d'un 'prieur proche' au 'milieu' ou 'lointain' en tous les points de mesure, référence faite à la texture des parois verticales entre parois avec ou sans stratification, les valeurs de l'éclairage correspondant au cas des parois avec stratification dépassent celles sans stratification,
- . Toutefois, les valeurs correspondant à la stratification texturale des parois verticales entre parois avec ou sans stratification, obéissent à la même logique, en tous les points de mesure, les valeurs relatives aux deux cas avec stratification excèdent celles relatives aux cas sans stratification,
- . Comparaison faite entre les mesures relatives au moment de la prière d'El-Dhohr et celles correspondant à la prière d'El-Aser, l'ordre croissant des valeurs reste le même avec une majoration, d'environ une trentaine de lux voire plus, observée pour les valeurs d'éclairage du 'prieur proche', de 150 lux relativement à un 'prieur milieu' et qui atteint plus de 600 lux en cas d'un prieur lointain,
- . On note qu'aux deux moments de la prière, en tous les points de mesure, les valeurs enregistrées excèdent le seuil recommandé.

### 2.2.1.3 Etude récapitulative des quatre cas et les deux moments de la prière:

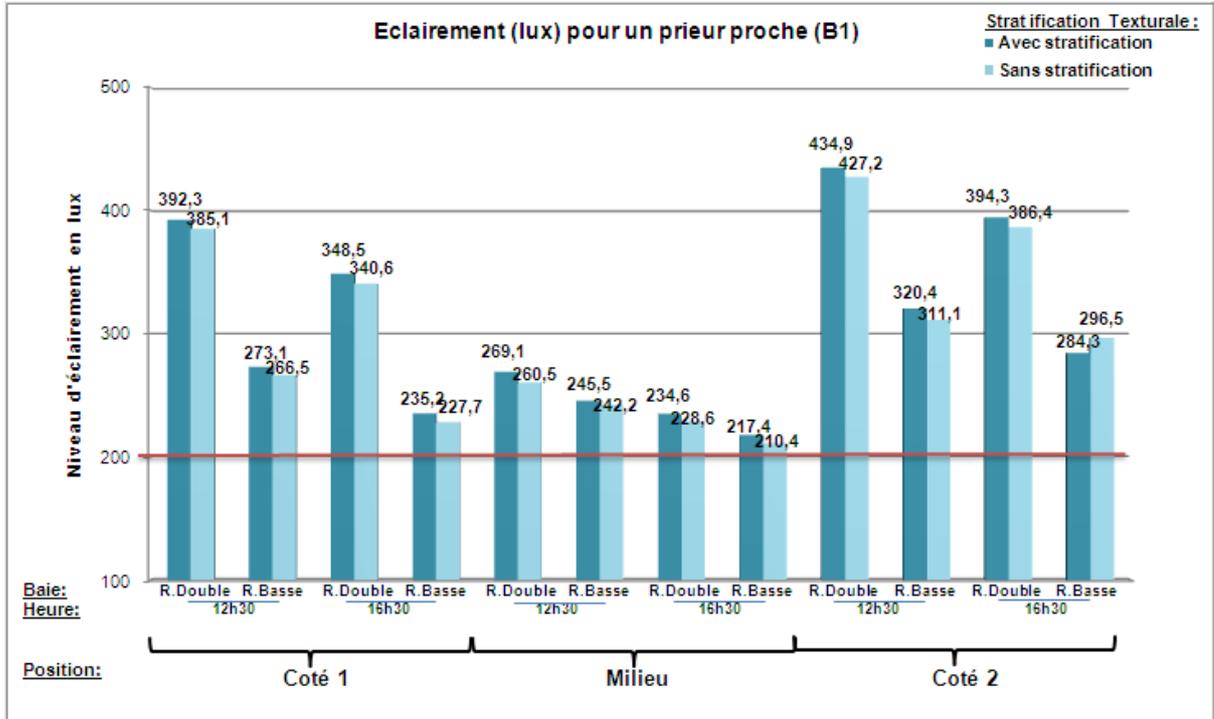


Figure 360: Eclairage pour les quatre cas du modèle B1, les deux moments de la prière pour un prieur proche.

Source : Auteur

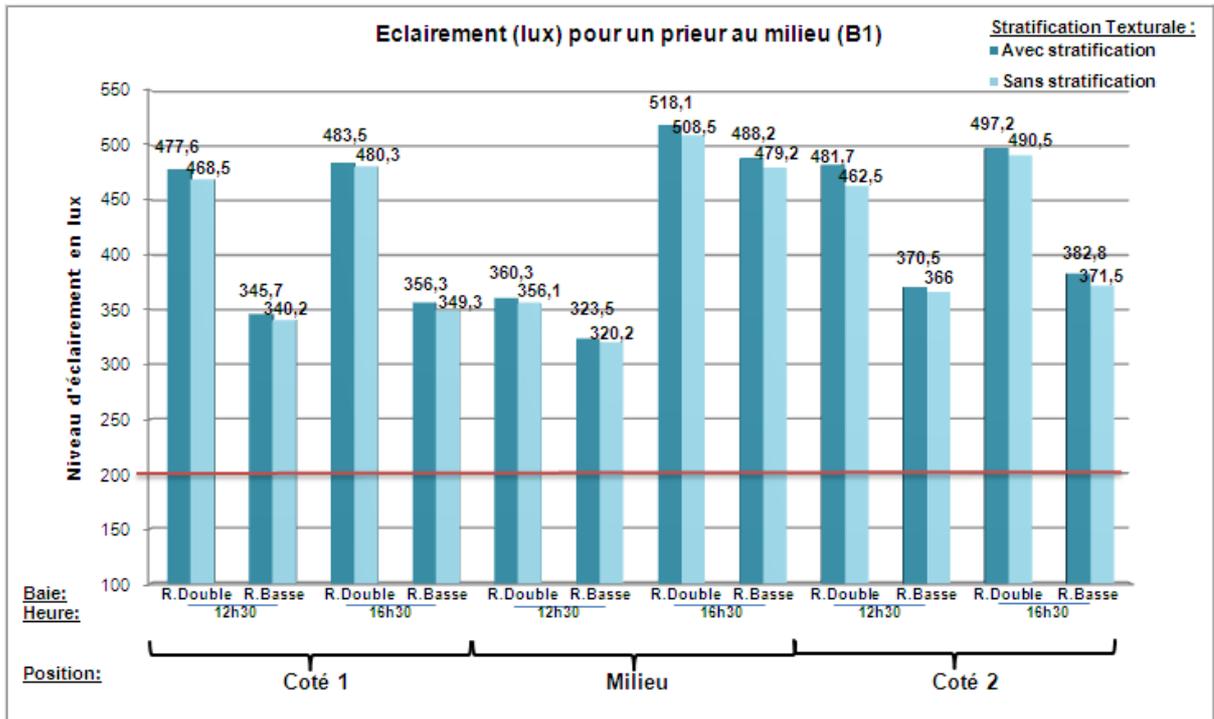


Figure 361 : Eclairage pour les quatre cas du modèle B1, les deux moments de la prière pour un prieur au milieu.

Source : Auteur

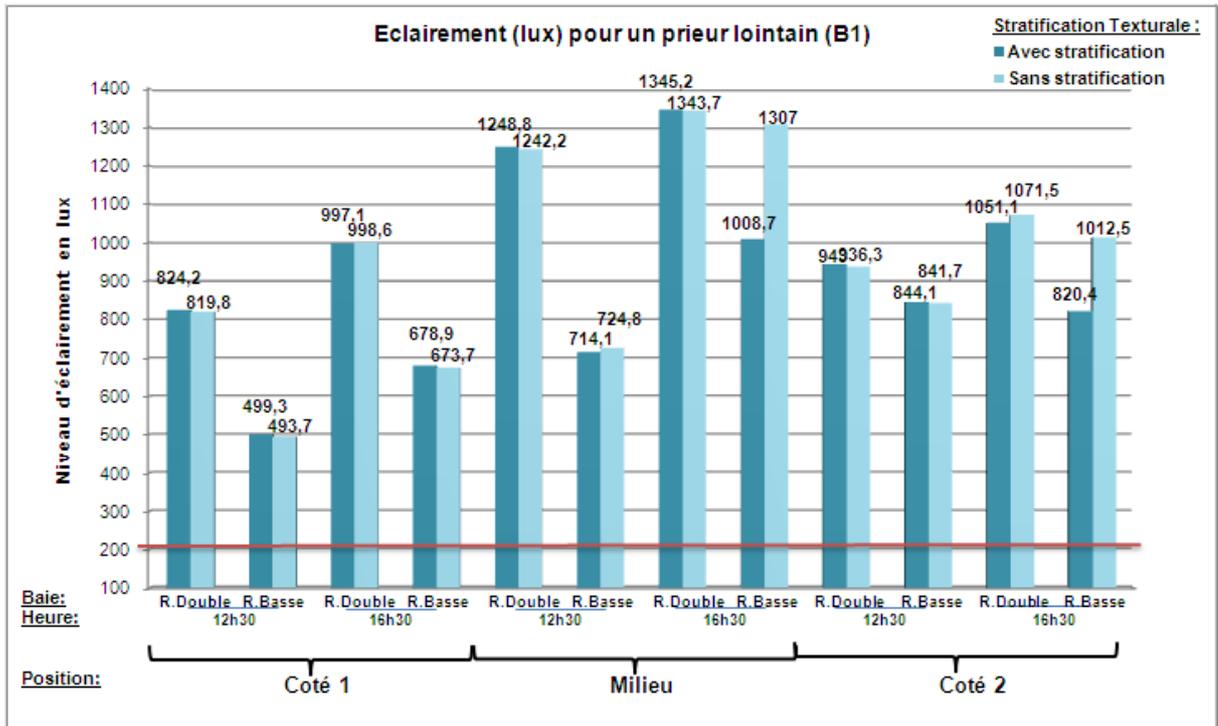


Figure 362 : Eclairage pour les quatre cas du modèle B1, les deux moments de la prière pour un prieur lointain.

Source : Auteur

La lecture des graphes (Figure360, Figure361, Figure362) nous fournit les éclaircissements suivants :

. Considération faite à un prieur proche, parois latérales avec ou sans stratification texturale verticale, les niveaux d'éclairage les plus élevés correspondent aux cas des rangées doubles des baies, comme on remarque que les mesures au moment de la prière d'El-Aasr dépassent celles d'El-Dhohr, avec plus de précision la plus grande valeur enregistrée coïncide avec le cas (16H30)C.RdAs, rangée double parois latérales avec stratification texturale (434,9 lux) cependant, les valeurs les plus basses proviennent des cas des rangées basses, la mesure la plus faible correspond au cas (12H30)C.RbSs rangée basse sans stratification au moment de la prière d'El-Dhohr, (210,4 lux), l'écart entre les mesures relatives à la rangée double ou à une rangée basse est important, en moyenne 25 lux environ, cet écart atteint les 115 lux maximum, alors que l'écart entre les mesures en présence ou non de la stratification texturale n'atteint qu'une moyenne de 5 lux.

. Mêmes remarques pour un prieur au milieu, sous l'influence de la lumière provenant de la cour, la plus grande valeur est égale à 518 lux, contre une valeur minimale de 320 lux, l'écart entre les mesures relatives à la rangée double ou basse reste important, en moyenne 30 lux

environ, et atteint les 115 lux maximum, alors que la différence entre les mesures de la présence ou non de la stratification texturale atteint à peine un maximum de 15 lux.

. Cependant pour un prieur lointain (lumière provenant directement de la cour) les niveaux d'éclairage enregistrés obéissent à la même tendance que précédemment avec de très grandes valeurs enregistrées.

## 2.2.2 Etude de la luminance :

### 2.2.2.1 Etude cas par cas :

#### 2.2.2.1.1 Au moment de la prière d'El-Dhohr :

(12H30)C.AsRb	Luminance (cd/m <sup>2</sup> )					
	Debout			Assis		
Prieur proche	Minimum	Maximum	Min / Max	Minimum	Maximum	Min / Max
	22,219	2273,472	<b>0,00977316</b>	22,093	7181,317	<b>0,00307646</b>
Prieur milieu	Minimum	Maximum	Min / Max	Minimum	Maximum	Min / Max
	29,908	4065,838	<b>0,00735593</b>	24,501	5808,966	<b>0,00421779</b>
Prieur lointain	Minimum	Maximum	Min / Max	Minimum	Maximum	Min / Max
	24,866	5800,389	<b>0,00428695</b>	24,825	4866,308	<b>0,0051014</b>

Tableau 35 : Luminance pour les trois positions d'un prieur debout et assis, cas avec stratification rangée basse.

Source : Auteur

(12H30)C.AsRd	Luminance (cd/m <sup>2</sup> )					
	Debout			Assis		
Prieur proche	Minimum	Maximum	Min / Max	Minimum	Maximum	Min / Max
	30,028	2099,909	<b>0,01429967</b>	31,283	6755,85	<b>0,00463051</b>
Prieur milieu	Minimum	Maximum	Min / Max	Minimum	Maximum	Min / Max
	36,206	5244,428	<b>0,00690371</b>	34,031	5584,115	<b>0,00609425</b>
Prieur lointain	Minimum	Maximum	Min / Max	Minimum	Maximum	Min / Max
	29,116	5085,099	<b>0,00572575</b>	28,186	5260,019	<b>0,00535854</b>

Tableau 36 : Luminance pour les trois positions d'un prieur debout et assis, cas avec stratification rangée double.

Source : Auteur

		Luminance (cd/m <sup>2</sup> )					
<b>(12H30)C.SsRb</b>		Debout			Assis		
		Minimum	Maximum	Min / Max	Minimum	Maximum	Min / Max
<b>Prieur proche</b>		18,381	2043,087	<b>0,00899668</b>	18,014	6080,515	<b>0,00296258</b>
<b>Prieur milieu</b>		22,764	4236,148	<b>0,00537375</b>	21,081	5104,345	<b>0,00413001</b>
<b>Prieur lointain</b>		18,977	5009,759	<b>0,00378801</b>	20,014	4760,192	<b>0,00420445</b>

Tableau 37 : Luminance pour les trois positions d'un prieur debout et assis, cas sans stratification rangée basse.

Source : Auteur

		Luminance (cd/m <sup>2</sup> )					
<b>(12H30)C.SsRd</b>		Debout			Assis		
		Minimum	Maximum	Min / Max	Minimum	Maximum	Min / Max
<b>Prieur proche</b>		21,902	2367,843	<b>0,00924977</b>	21,578	6277,657	<b>0,00343727</b>
<b>Prieur milieu</b>		23,437	4274,146	<b>0,00548343</b>	23,531	5181,193	<b>0,00454162</b>
<b>Prieur lointain</b>		23,636	5051,408	<b>0,00467909</b>	27,321	4859,639	<b>0,00562202</b>

Tableau 38 : Luminance pour les trois positions d'un prieur debout et assis, cas sans stratification rangée double.

Source : Auteur

### 2.2.2.1.2 Au moment de la prière d'El-Aser :

		Luminance (cd/m <sup>2</sup> )					
<b>(16H30)C.AsRb</b>		Debout			Assis		
		Minimum	Maximum	Min / Max	Minimum	Maximum	Min / Max
<b>Prieur proche</b>		35,505	3425,84	<b>0,01036388</b>	34,846	7714,622	<b>0,00451688</b>
<b>Prieur milieu</b>		21,412	8666,588	<b>0,00247064</b>	21,499	8532,189	<b>0,00251975</b>
<b>Prieur lointain</b>		20,53	8362,762	<b>0,00245493</b>	20,42	8565,309	<b>0,00238404</b>

Tableau 39 : Luminance pour les trois positions d'un prieur debout et assis, cas avec stratification rangée basse.

Source : Auteur

Luminance (cd/m <sup>2</sup> )						
(16H30)C.AsRd	Debout			Assis		
Prieur proche	Minimum	Maximum	Min / Max	Minimum	Maximum	Min / Max
	44,655	3431,189	<b>0,01301444</b>	44,247	7886,059	<b>0,00561079</b>
Prieur milieu	Minimum	Maximum	Min / Max	Minimum	Maximum	Min / Max
	25,951	8697,345	<b>0,00298378</b>	28,204	8565,751	<b>0,00329265</b>
Prieur lointain	Minimum	Maximum	Min / Max	Minimum	Maximum	Min / Max
	23,831	7605,379	<b>0,00313344</b>	23,955	8512,445	<b>0,00281412</b>

Tableau 40 : Luminance pour les trois positions d'un prieur debout et assis, cas avec stratification rangée double.

Source : Auteur

Luminance (cd/m <sup>2</sup> )						
(16H30)C.SsRb	Debout			Assis		
Prieur proche	Minimum	Maximum	Min / Max	Minimum	Maximum	Min / Max
	20,817	3416,327	<b>0,00609339</b>	21,523	8376,526	<b>0,00256944</b>
Prieur milieu	Minimum	Maximum	Min / Max	Minimum	Maximum	Min / Max
	25,389	8001,919	<b>0,00317286</b>	17,805	9137,42	<b>0,00194858</b>
Prieur lointain	Minimum	Maximum	Min / Max	Minimum	Maximum	Min / Max
	12,958	8707,172	<b>0,0014882</b>	13,332	7854,439	<b>0,00169738</b>

Tableau 41 : Luminance pour les trois positions d'un prieur debout et assis, cas sans stratification rangée basse.

Source : Auteur

Luminance (cd/m <sup>2</sup> )						
(16H30)C.SsRd	Debout			Assis		
Prieur proche	Minimum	Maximum	Min / Max	Minimum	Maximum	Min / Max
	29,154	3430,197	<b>0,00849922</b>	28,319	7208,858	<b>0,00392836</b>
Prieur milieu	Minimum	Maximum	Min / Max	Minimum	Maximum	Min / Max
	40,347	8563,158	<b>0,0047117</b>	36,738	9159,718	<b>0,00401082</b>
Prieur lointain	Minimum	Maximum	Min / Max	Minimum	Maximum	Min / Max
	18,824	8393,587	<b>0,00224266</b>	20,226	8537,153	<b>0,00236917</b>

Tableau 42 : Luminance pour les trois positions d'un prieur debout et assis, cas sans stratification rangée double.

Source : Auteur

La lecture faite des tableaux précédents révèle ;

- . Un très grand écart est enregistré entre les valeurs maximales et minimales de la luminance, position debout comme assis, en tous les points de mesure,
- . De ce fait, le calcul du rapport (luminance min / luminance max) fournit des valeurs constamment supérieures à la valeur recommandée, même pour un prieur proche néanmoins, une légère amélioration est observée,
- . Une baisse remarquable est enregistrée concernant les valeurs relatives au moment de la prière d' d'El-Dhohr, notamment la position debout pour un prieur proche ou lointain,
- . Cette fois ci, l'influence de la stratification se fait nettement remarquée à travers une majoration des valeurs maximales relatives à la présence de la stratification texturale verticale.

### 2.2.2.2 Etude récapitulative selon la position du prieur vis-à-vis du mur de la qibla:

#### 2.2.2.2.1 Valeur maximale pour les deux moments de la prière :

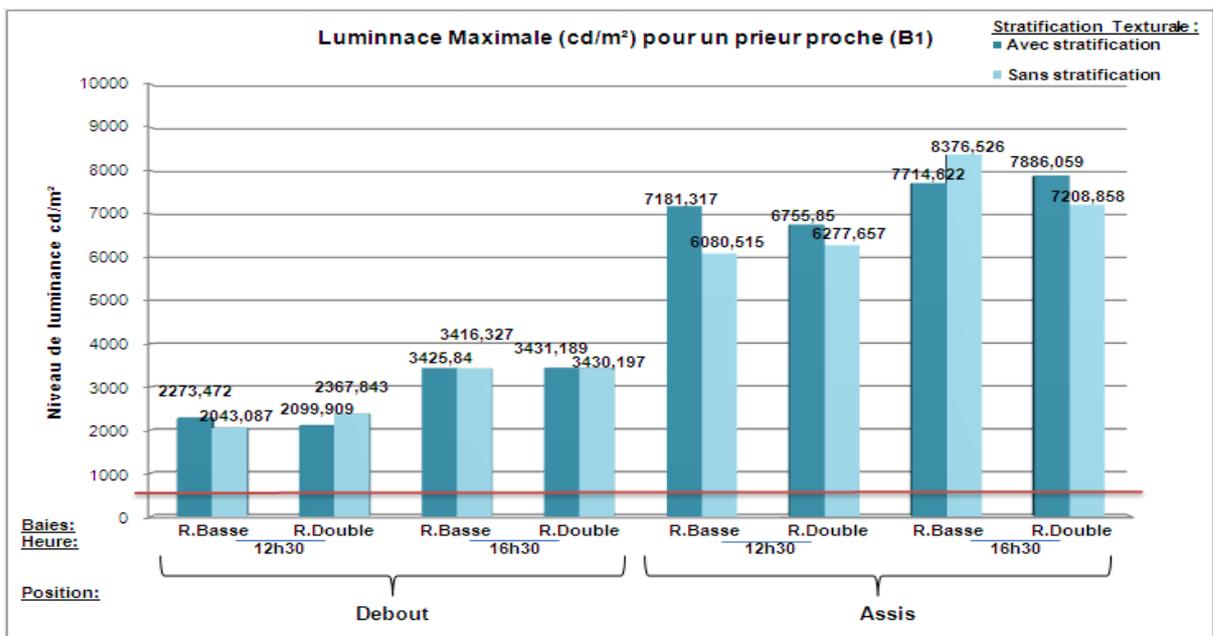


Figure 363 : Luminance maximale pour un prieur proche, debout et assis aux moments de la prière les quatre cas du modèle B1.

Source : Auteur

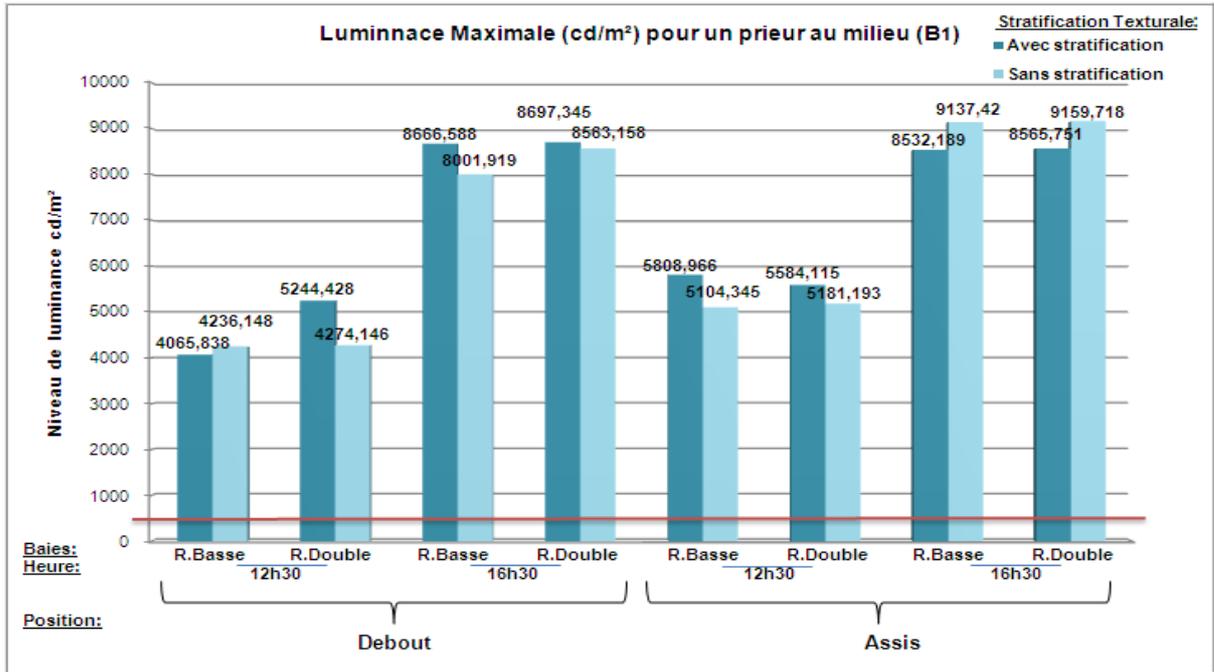


Figure 364 : Luminance maximale pour un prieur au milieu, debout et assis aux moments de la prière les quatre cas du modèle B1.

Source : Auteur

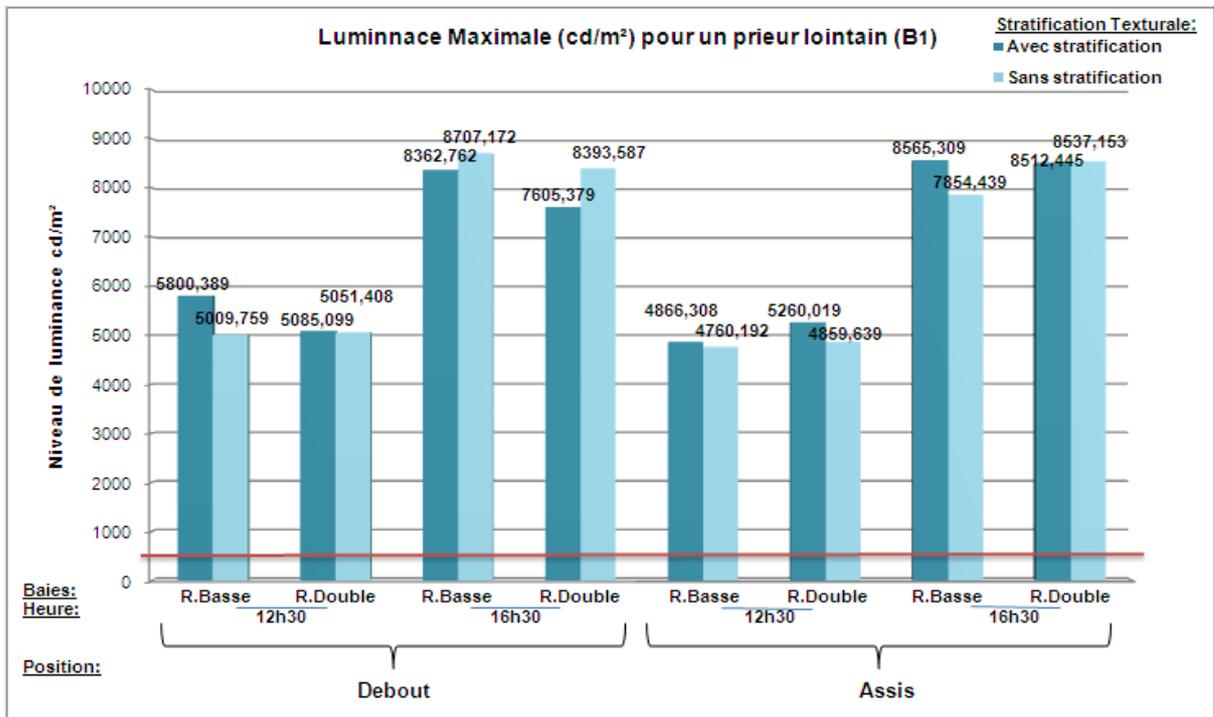


Figure 365 : Luminance maximale pour un prieur lointain, debout et assis aux moments de la prière les quatre cas du modèle B1.

Source : Auteur

2.2.2.2 Valeur minimale pour les deux moments de la prière :

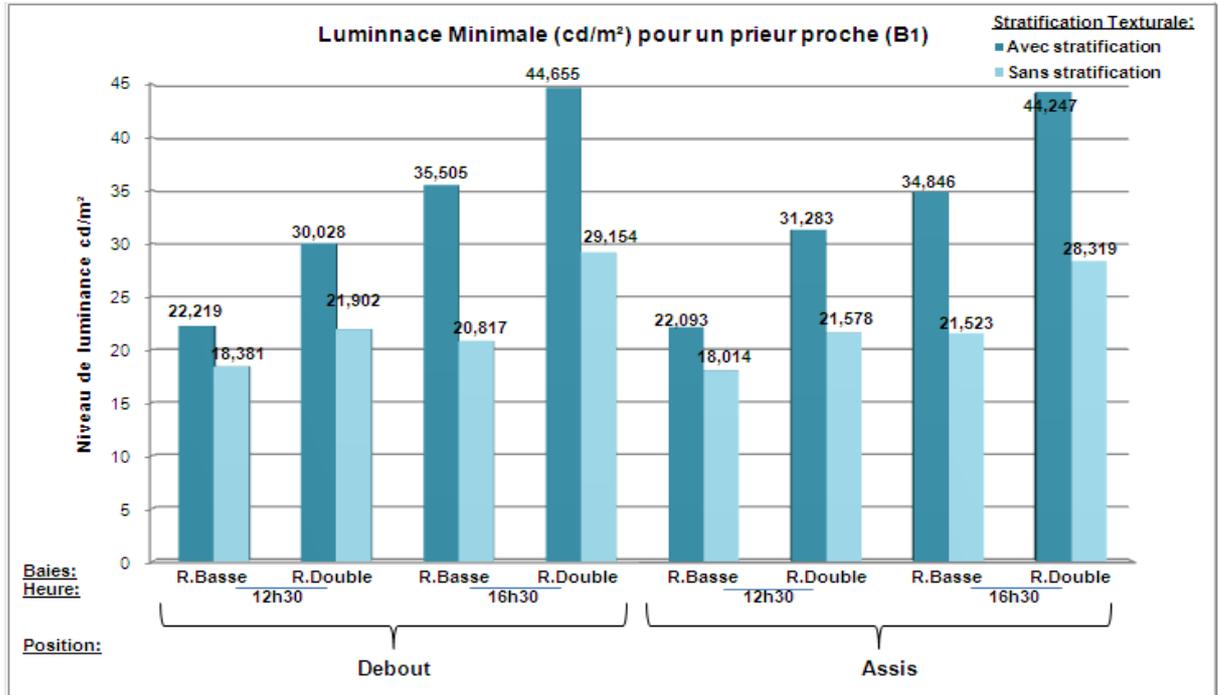


Figure 366 : Luminance minimale pour un prieur proche, debout et assis aux moments de la prière les quatre cas du modèle B1.

Source : Auteur

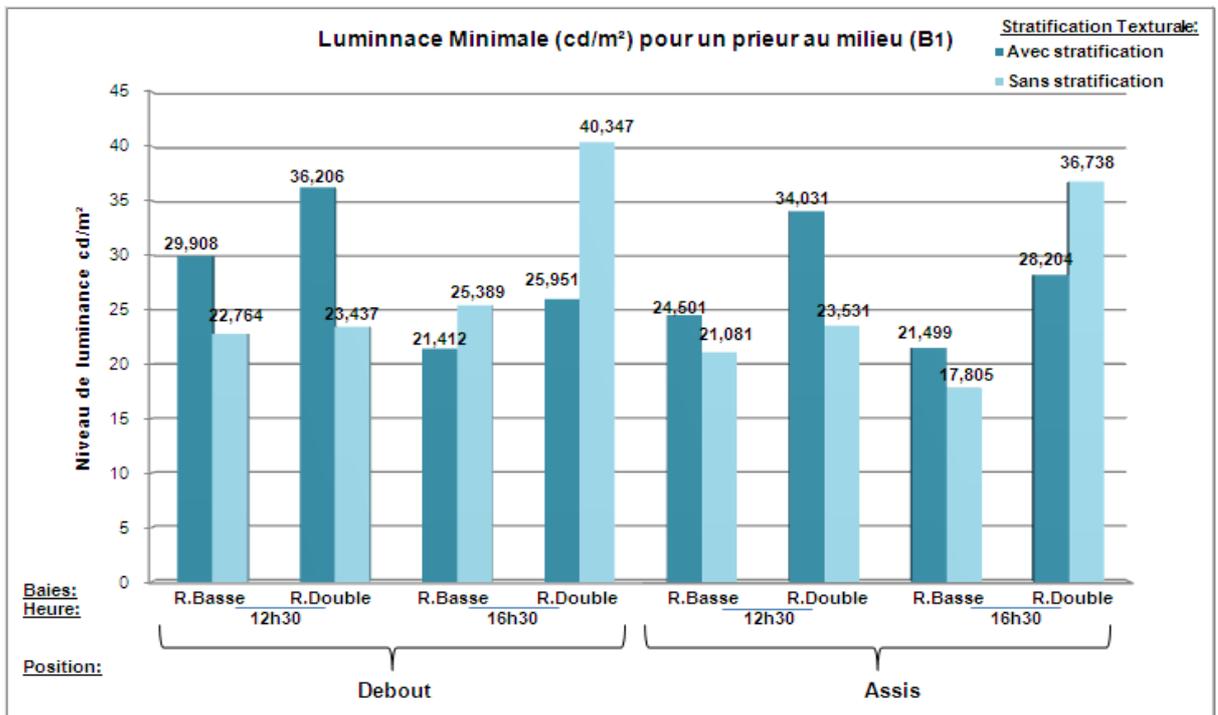


Figure 367 : Luminance minimale pour un prieur au milieu, debout et assis aux moments de la prière les quatre cas du modèle B1.

Source : Auteur

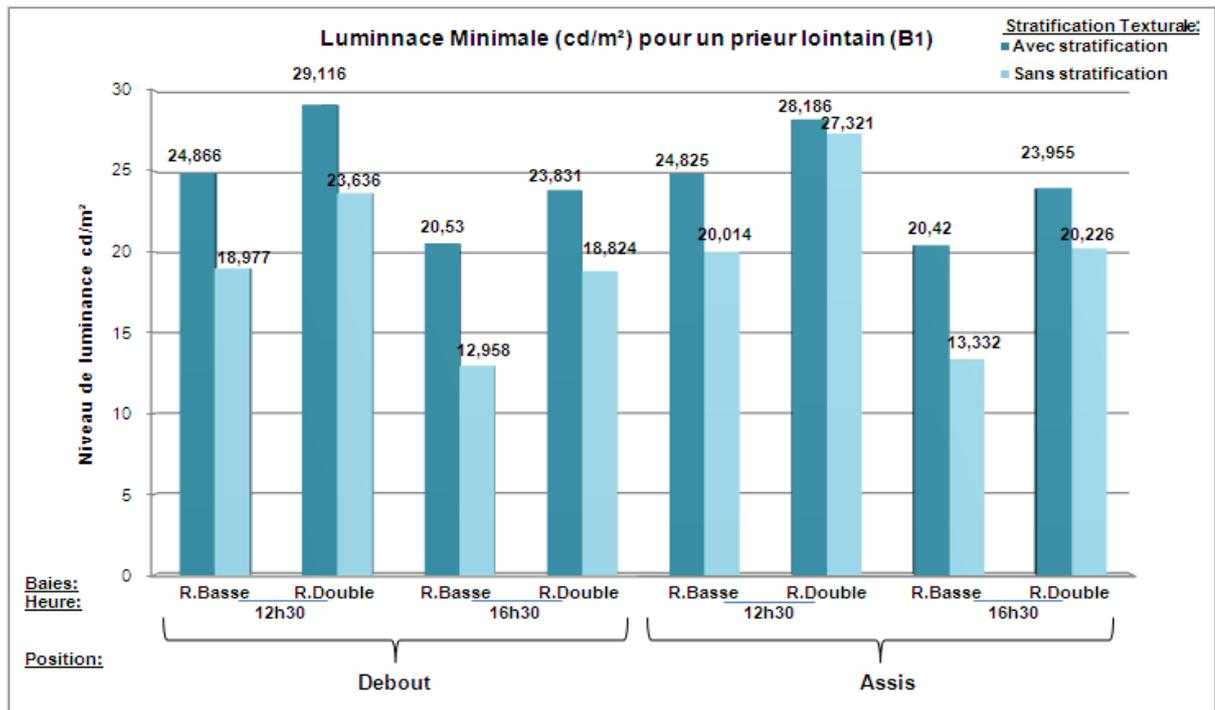


Figure 368 : Luminance minimale pour un prieur lointain, debout et assis aux moments de la prière les quatre cas du modèle B1.

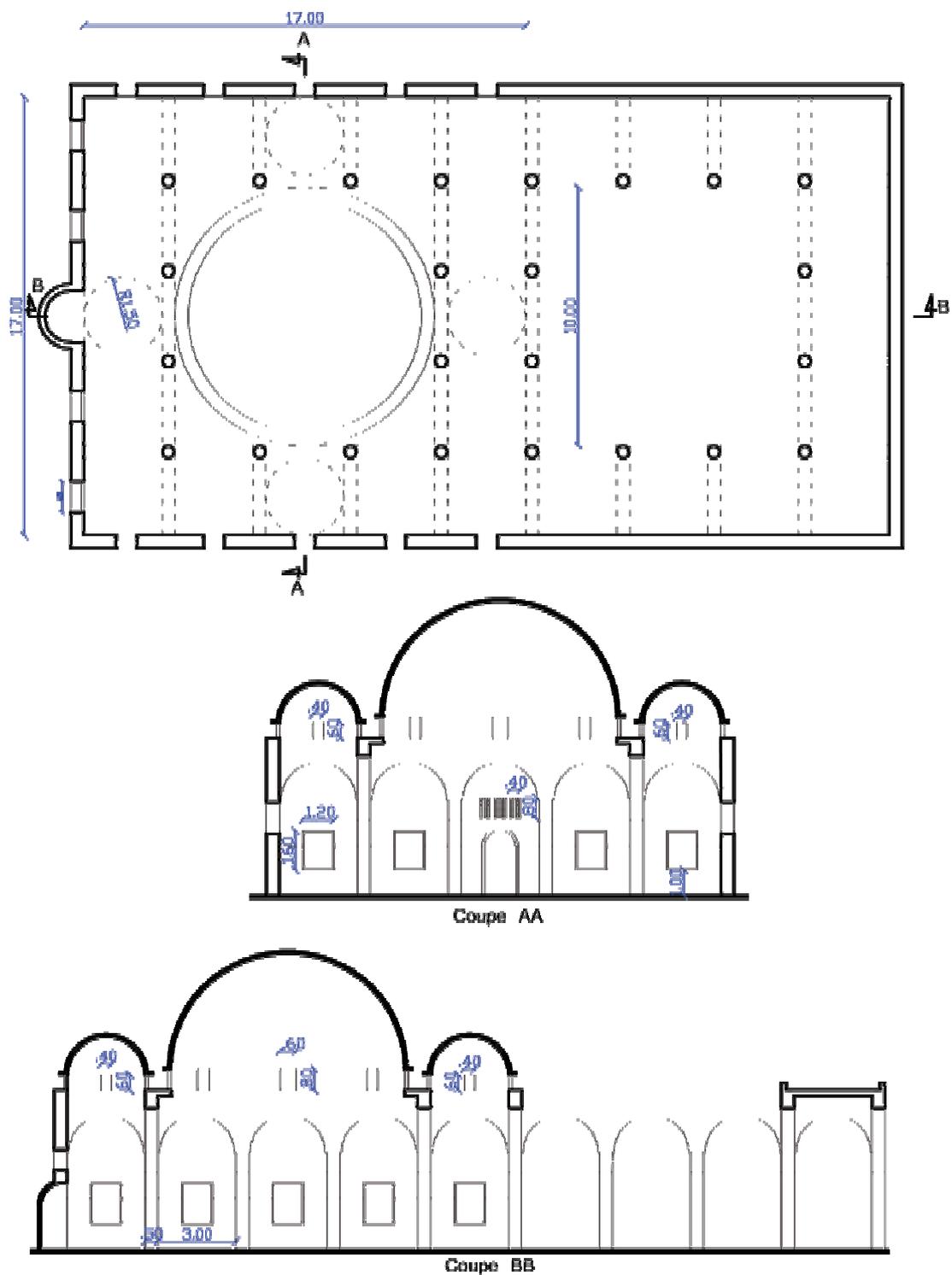
Source : Auteur

Les enseignements tirés de l'étude de la luminance permettent de dire :

- Relativement à tous les cas étudiés, l'ensemble des points de mesure enregistrent des valeurs maximales très supérieures à 500 cd/m<sup>2</sup> procurant ainsi un espace bordé de surfaces éblouissantes générant un environnement lumineux inconfortable,
- Néanmoins, on note que les plus faibles valeurs enregistrées sont celles relatives à un prieur proche en position debout (entre 2043 et 3430 cd/m<sup>2</sup>),
- Les valeurs culminantes de la luminance sont enregistrées au moment de la prière d'El-Aasr, pour la position Assise.

### 3. A2 : Mosquée à salle à coupole centrale, galeries périphériques et coupolettes :

### 3.1 Caractéristiques formelles :



**Figure 369** : Le plan et deux coupes sur le modèle de la mosquée à salle à coupole centrale, galeries périphériques et coupolettes.

**Source** : Auteur

### 3.2 Caractéristiques surfaciques :

Les mêmes matériaux sont utilisés exception faite pour le plafond :

**Plafond** : bois foncé.

### 3.3 Cas à simuler :

Quatre cas sont à étudier pour ce modèle ; avec ou sans stratification texturale verticale.

LE 21 JUIN			
C A S (D.)	Stratification	SALAT EL-DHOHR (12H30)	SALAT EL-AASR (16H30)
	Avec stratification (As)	(12H30)D.As	(16H30)D.As
	Sans stratification (Ss)	(12H30)D.Ss	(16H30)D.Ss
<p><b>Eclairément</b> = 4 cas x 3 (coté 1+milieu+ coté 2) x 3 (P. proche+P. milieu +P. lointain) = <b>36 scénarios à simuler</b></p> <p><b>Luminance</b> = 4 Cas x 2 (Position debout+position assise) x 3 (P. proche+P. milieu +P. lointain) = <b>24 scénarios à simuler</b></p> <p><b>Un total de 60 scénarios</b></p>			

### 3.4 Résultats :

#### 3.4.1 Etude de l'éclairément :

##### 3.4.1.1 Etude cas par cas :

##### 3.4.1.1.1 Au moment de la prière d'El-Dhohr :

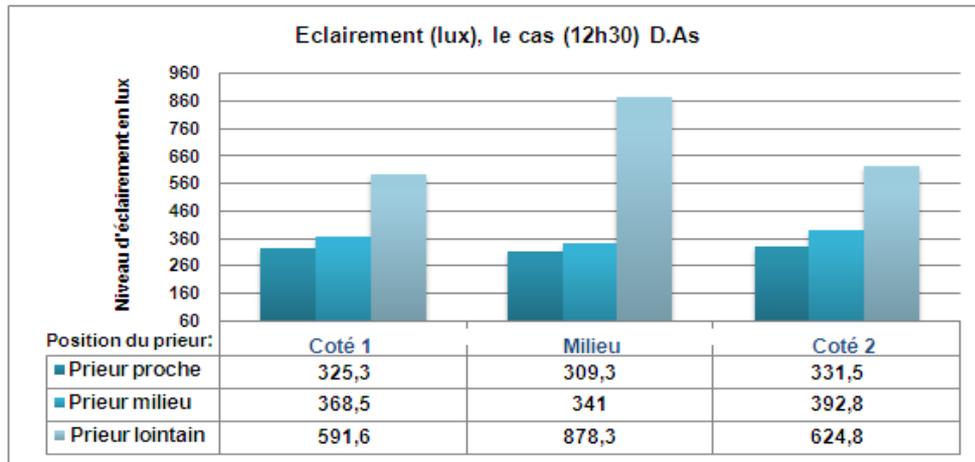


Figure 370 : Eclairage pour les trois positions du prieur, le cas avec stratification texturale verticale.

Source : Auteur

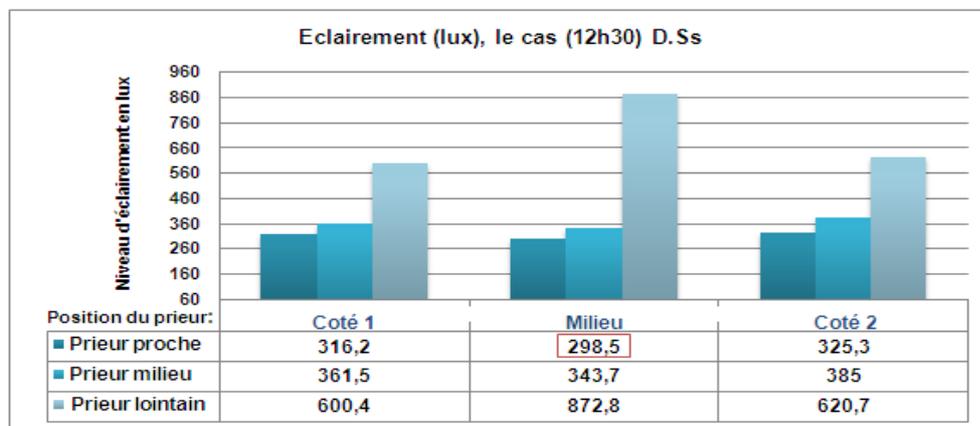


Figure 371 : Eclairage pour les trois positions du prieur, le cas sans stratification texturale verticale.

Source : Auteur

#### 3.4.1.1.2 Au moment de la prière d'El-Aser :

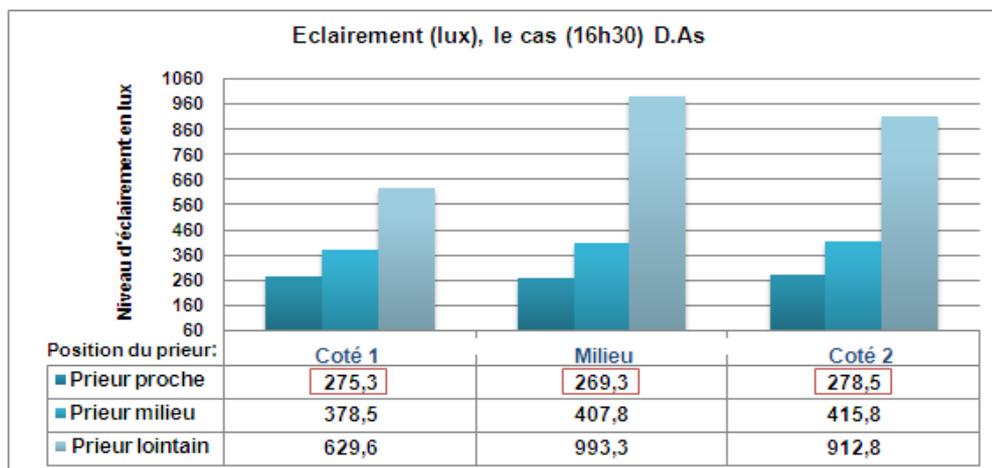
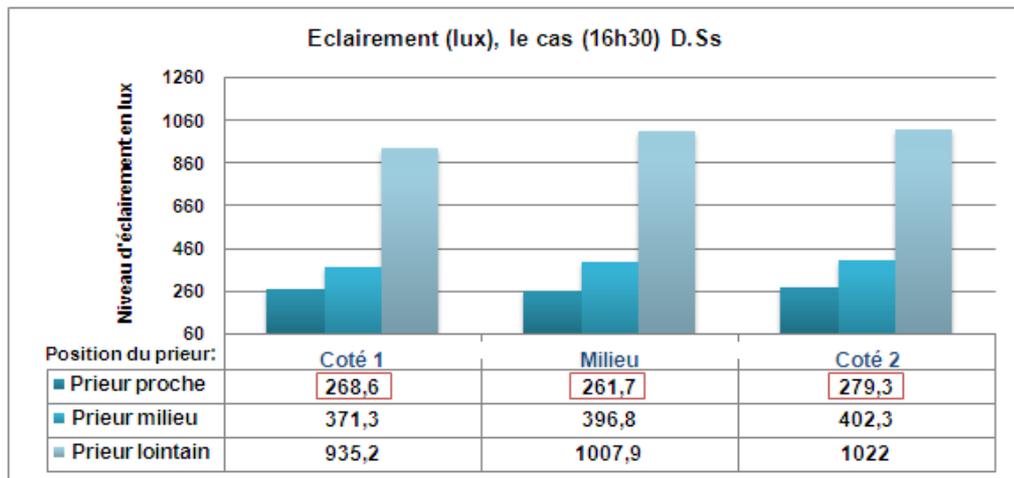


Figure 372 : Eclairage pour les trois positions du prieur, le cas avec stratification texturale verticale.

Source : Auteur



**Figure 373 :** Eclairage pour les trois positions du prieur, le cas sans stratification texturale verticale.

Source : Auteur

Des figures précédentes, on constate que :

- . Au moment de la prière d'El-Dhohr comme à celle d'El-Aser, compte tenu de la position du prieur, par rapport au mur de la qibla, les valeurs de l'éclairage enregistrées vont en croissant selon : 'prieur proche' ensuite 'prieur milieu' et en dernier prieur lointain,
- . Cependant, ce sont les points de mesure se trouvant au 'milieu' de la salle qui enregistrent les plus basses valeurs de l'éclairage exceptées celles correspondant à un prieur lointain (la plus grande valeur),
- . Comparaison faite entre les mesures relatives au moment de la prière d'El-Dhohr et celles correspondant au moment de la prière d'El-Aser, l'ordre croissant des valeurs reste le même avec une majoration avoisinant les 60 lux pour un prieur au milieu et une augmentation d'environ 300 lux pour un prieur lointain.

### 3.4.1.2 Etude selon la position du prieur vis-à-vis du mur de la qibla :

#### 3.4.1.2.1 Au moment de la prière d'El-Dhohr :

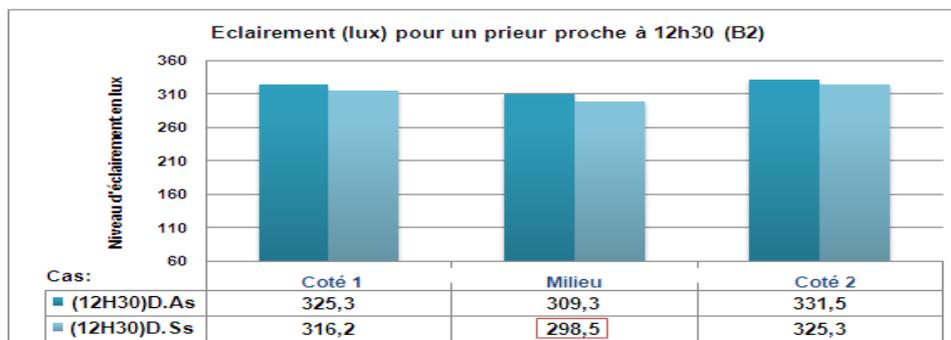


Figure 374 : Eclairage pour les deux cas du modèle B2 et les trois positions d'un prieur proche.

Source : Auteur



Figure 375 : Eclairage pour les deux cas du modèle B2 et les trois positions d'un prieur au milieu.

Source : Auteur

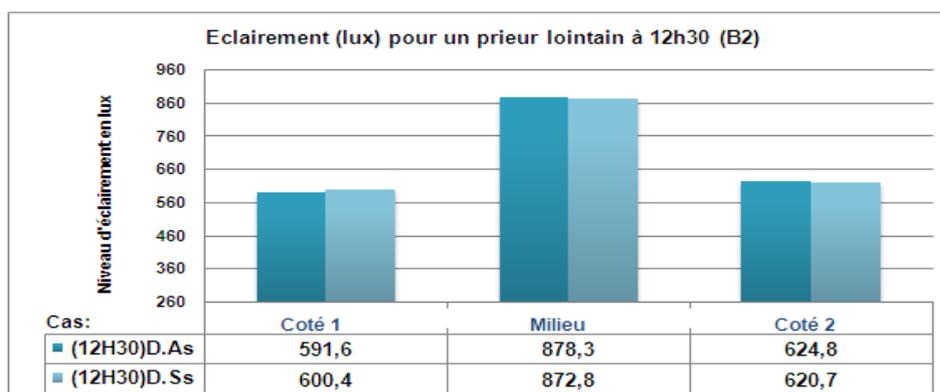


Figure 376 : Eclairage pour les deux cas du modèle B2 et les trois positions d'un prieur lointain.

Source : Auteur

3.4.1.2.2 Au moment de la prière d'El-Aser :

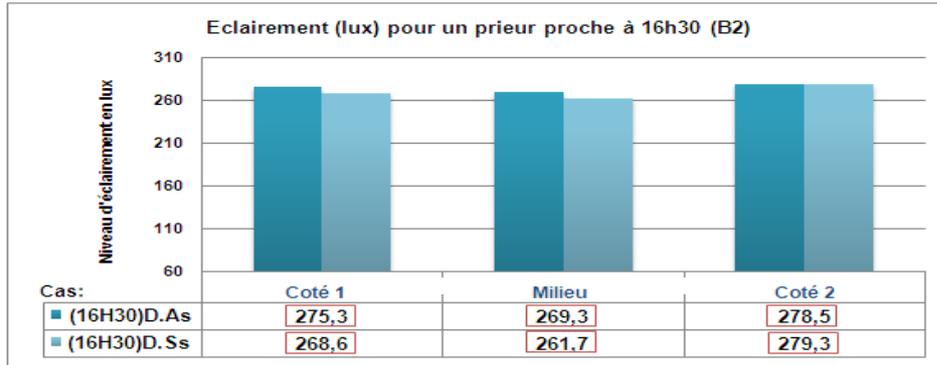


Figure 377 : Eclairage pour les deux cas du modèle B2 et les trois positions d'un prieur proche.  
Source : Auteur

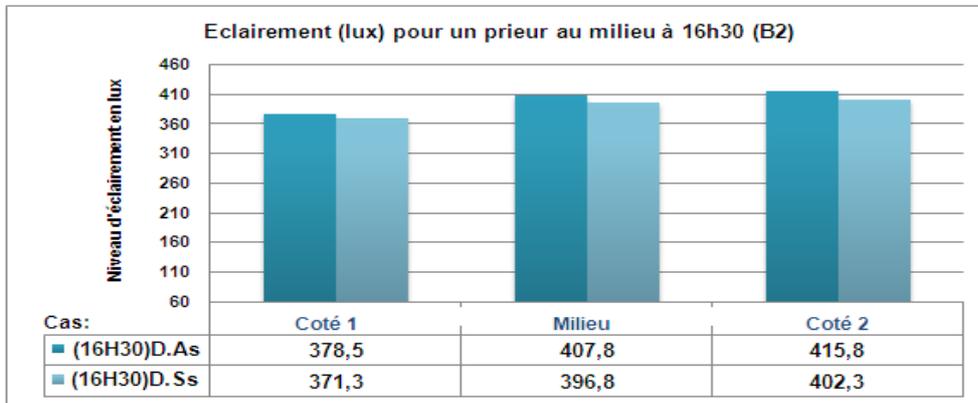


Figure 378 : Eclairage pour les deux cas du modèle B2 et les trois positions d'un prieur au milieu.  
Source : Auteur

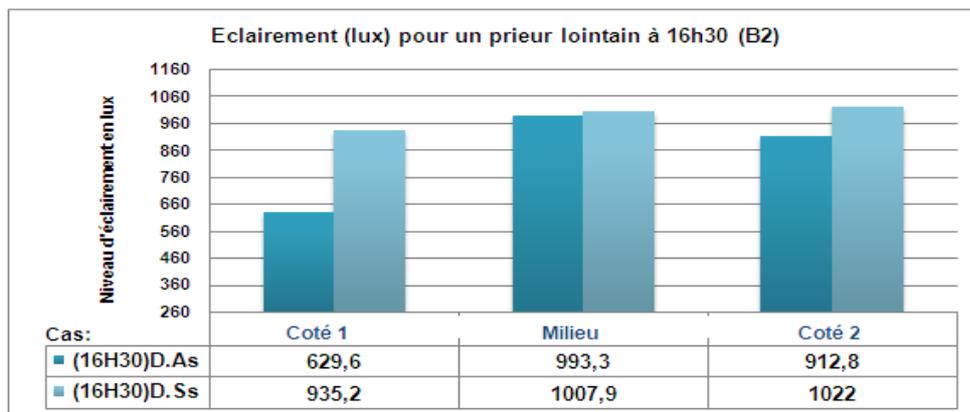


Figure 379 : Eclairage pour les deux cas du modèle B2 et les trois positions d'un prieur lointain.  
Source : Auteur

La lecture faite des figures précédentes révèle :

- . Aux deux moments étudiés de la prière, s'agissant d'un 'prieur proche' au 'milieu' ou 'lointain' en tous les points de mesure, référence faite au traitement textural des parois latérales, les valeurs de l'éclairage relatives au cas avec stratification excèdent en tous les points de mesure celles correspondant à ceux sans stratification,
- . Comparaison faite entre les mesures relatives au moment de la prière d'El-Dohr et celles correspondant à la prière d'El-Aser, l'ordre croissant des valeurs reste le même avec une majoration, d'environ 40 lux voire plus, observée pour les valeurs d'éclairage du 'prieur proche', de 60 lux relativement à un 'prieur milieu' et qui dépasse les 120 lux en cas d'un prieur lointain,
- . On note qu'aux deux moments de la prière, en tous les points de mesure, les valeurs enregistrées excèdent celle du seuil recommandé.

### 3.4.1.3 Etude récapitulative des quatre cas et les deux moments de la prière:

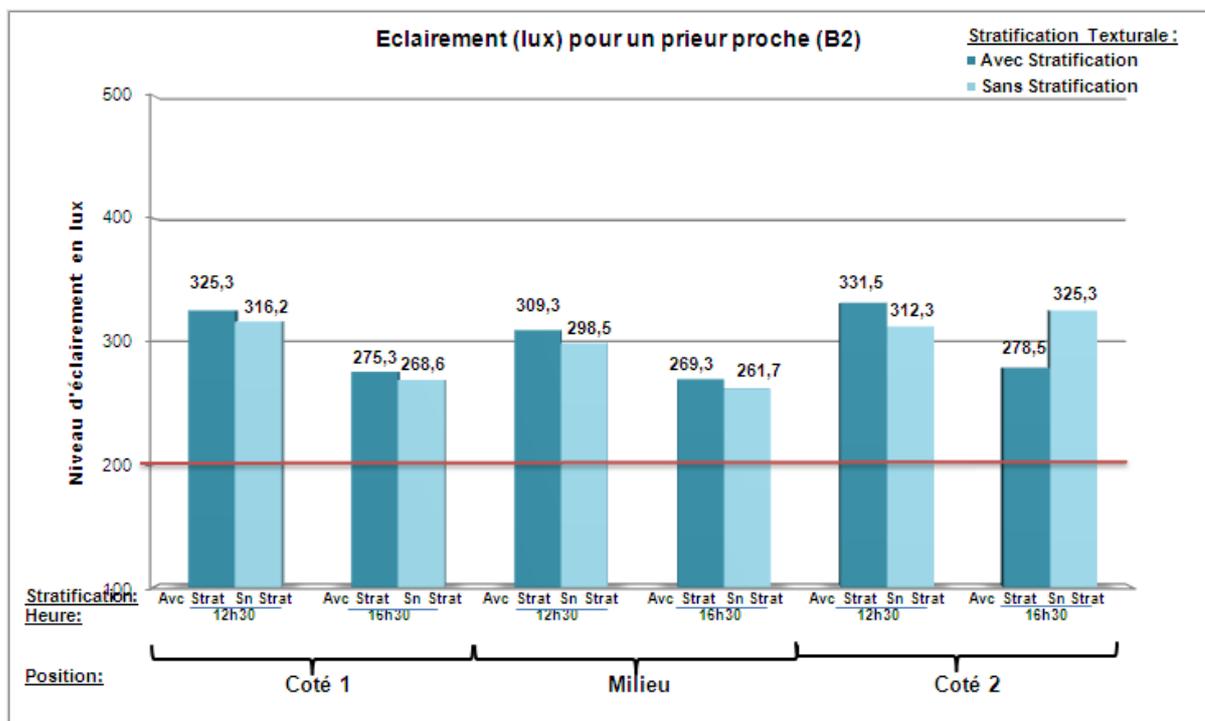


Figure 380: Eclairage pour les deux cas du modèle B2, les deux moments de la prière pour un prieur proche.

Source : Auteur

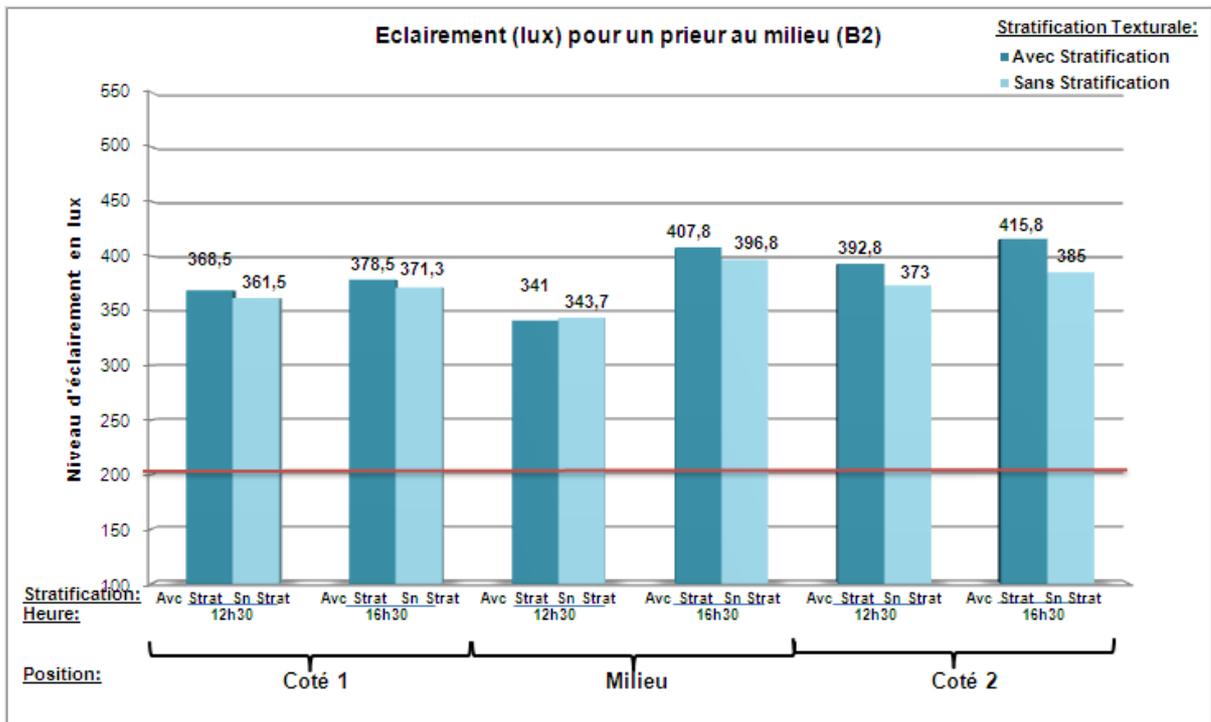


Figure 381 : Eclairage pour les deux cas du modèle B2, les deux moments de la prière pour un prieur au milieu.

Source : Auteur

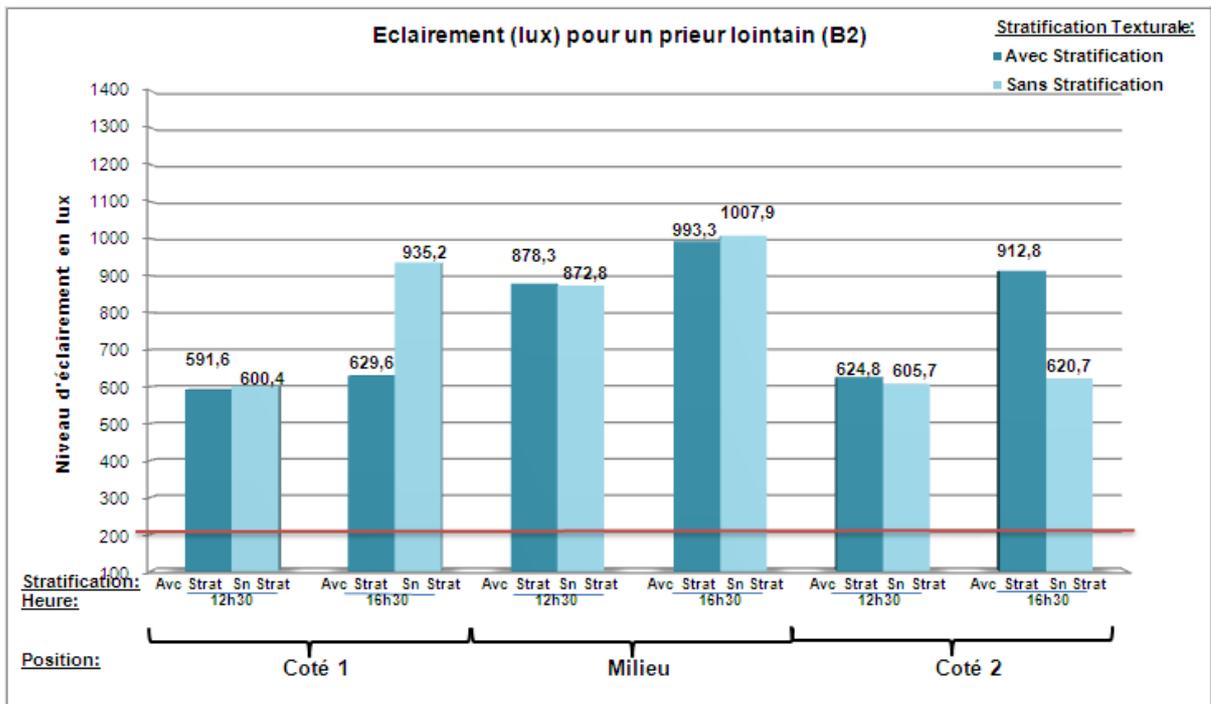


Figure 382 : Eclairage pour les deux cas du modèle B2, les deux moments de la prière pour un prieur lointain.

Source : Auteur

La lecture des graphes (Figure380, Figure381, Figure382) nous fournit les éclaircissements suivants :

- . Considération faite à un prieur proche, les niveaux d'éclairément les plus élevés correspondent aux cas avec stratification texturale, comme on remarque que les mesures au moment de la prière d'El-Dhohr dépassent celles d'El-Aasr, avec plus de précision la plus grande valeur enregistrée coïncide avec le cas (12H30)D.As, rangée double parois latérales avec stratification texturale (325,3 lux) cependant, les valeurs les plus basses coïncident avec le cas sans stratification (12H30)D.Ss rangée basse sans stratification au moment de la prière d'El-Dhohr, (261,7 lux), l'écart entre les mesures relatives à la présence ou non de la stratification est modéré, 10 lux environ,
- . Mêmes remarques pour un prieur au milieu, sous l'influence de la lumière provenant de la cour, cette fois, la plus grande valeur (415 lux) est enregistrée au moment de la prière d'El-Aser, pour une valeur minimale de 341 lux, un écart de 2 à 10 lux est enregistré entre les mesures relatives à la stratification texturale,
- . Cependant pour un prieur lointain (lumière provenant directement de la cour) les niveaux d'éclairément enregistrés obéissent au même ordre que précédemment avec de très grandes valeurs enregistrées.

### 3.4.2 Etude de la luminance :

#### 3.4.2.1 Etude cas par cas :

##### 3.4.2.1.1 Au moment de la prière d'El-Dhohr :

(12H30)D.As	Luminance (cd/m <sup>2</sup> )					
	Debout			Assis		
Prieur proche	Minimum	Maximum	Min / Max	Minimum	Maximum	Min / Max
	18,995	1781,83	<b>0,0106604</b>	20,09	2856,164	<b>0,0070339</b>
Prieur milieu	Minimum	Maximum	Min / Max	Minimum	Maximum	Min / Max
	23,633	3228,091	<b>0,007321</b>	20,465	5909,295	<b>0,0034632</b>
Prieur lointain	Minimum	Maximum	Min / Max	Minimum	Maximum	Min / Max
	17,639	4841,613	<b>0,0036432</b>	21,789	4698,213	<b>0,0046377</b>

Tableau 43 : Luminance pour les trois positions d'un prieur debout et assis, le cas avec stratification verticale.

Source : Auteur

		Luminance (cd/m <sup>2</sup> )				
(12H30)D.Ss	Debout			Assis		
Prieur proche	Minimum	Maximum	Min / Max	Minimum	Maximum	Min / Max
	16,331	1047,251	<b>0,0155942</b>	16,155	2064,618	<b>0,0078247</b>
Prieur milieu	Minimum	Maximum	Min / Max	Minimum	Maximum	Min / Max
	23,161	2660,932	<b>0,0087041</b>	17,85	5026,872	<b>0,0035509</b>
Prieur lointain	Minimum	Maximum	Min / Max	Minimum	Maximum	Min / Max
	14,893	4893,088	<b>0,0030437</b>	17,937	4862,271	<b>0,003689</b>

Tableau 44 : Luminance pour les trois positions d'un prieur debout et assis, le cas sans stratification verticale.

Source : Auteur

#### 3.4.2.1.2 Au moment de la prière d'El-Aser :

		Luminance (cd/m <sup>2</sup> )				
(16H30)D.As	Debout			Assis		
Prieur proche	Minimum	Maximum	Min / Max	Minimum	Maximum	Min / Max
	21,694	1722,861	<b>0,0125918</b>	22,498	2872,71	<b>0,0078316</b>
Prieur milieu	Minimum	Maximum	Min / Max	Minimum	Maximum	Min / Max
	24,408	4764,976	<b>0,0051224</b>	23,033	4389,568	<b>0,0052472</b>
Prieur lointain	Minimum	Maximum	Min / Max	Minimum	Maximum	Min / Max
	15,597	4144,554	<b>0,0037633</b>	17,363	3621,98	<b>0,0047938</b>

Tableau 45 : Luminance pour les trois positions d'un prieur debout et assis, le cas avec stratification verticale.

Source : Auteur

		Luminance (cd/m <sup>2</sup> )				
(16H30)D.Ss	Debout			Assis		
Prieur proche	Minimum	Maximum	Min / Max	Minimum	Maximum	Min / Max
	19,564	1438,123	<b>0,0136038</b>	21,457	2224,413	<b>0,0096461</b>
Prieur milieu	Minimum	Maximum	Min / Max	Minimum	Maximum	Min / Max
	20,176	4760,265	<b>0,0042384</b>	18,885	4238,023	<b>0,0044561</b>
Prieur lointain	Minimum	Maximum	Min / Max	Minimum	Maximum	Min / Max
	13,158	4118,755	<b>0,0031947</b>	13,149	3465,516	<b>0,0037942</b>

Tableau 46 : Luminance pour les trois positions d'un prieur debout et assis, le cas sans stratification verticale.

Source : Auteur

La lecture des tableaux précédents nous fait remarquer que :

- . Un très grand écart est enregistré entre les valeurs maximales et minimales de la luminance, position debout comme assis, en tous les points de mesure,
- . De ce fait, le calcul du rapport (luminance min / luminance max) fournit des valeurs constamment supérieures à la valeur recommandée, même pour un prieur proche néanmoins, une légère amélioration est observée,
- . Une baisse remarquable est enregistrée concernant les valeurs relatives au moment de la prière d' d'El-Dhohr, notamment la position debout pour un prieur proche ou lointain,
- . La stratification texturale appliquées aux parois latérales (soubassement en céramique claire) engendre une majoration importante des valeurs maximales enregistrées.

### 3.4.2.2 Etude récapitulative selon la position du prieur vis-à-vis du mur de la qibla:

#### 3.4.2.2.1 Valeur maximale pour les deux moments de la prière :

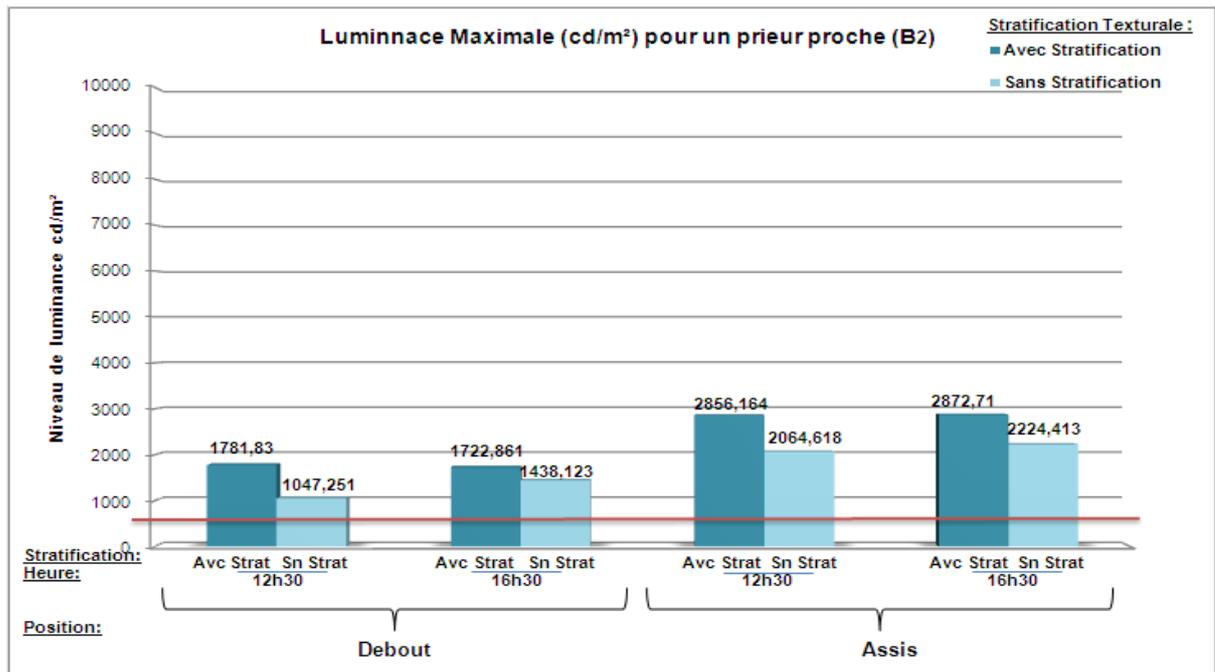


Figure 383 : Luminance maximale pour un prieur proche, debout et assis aux moments de la prière (avec et sans stratification verticale).

Source : Auteur

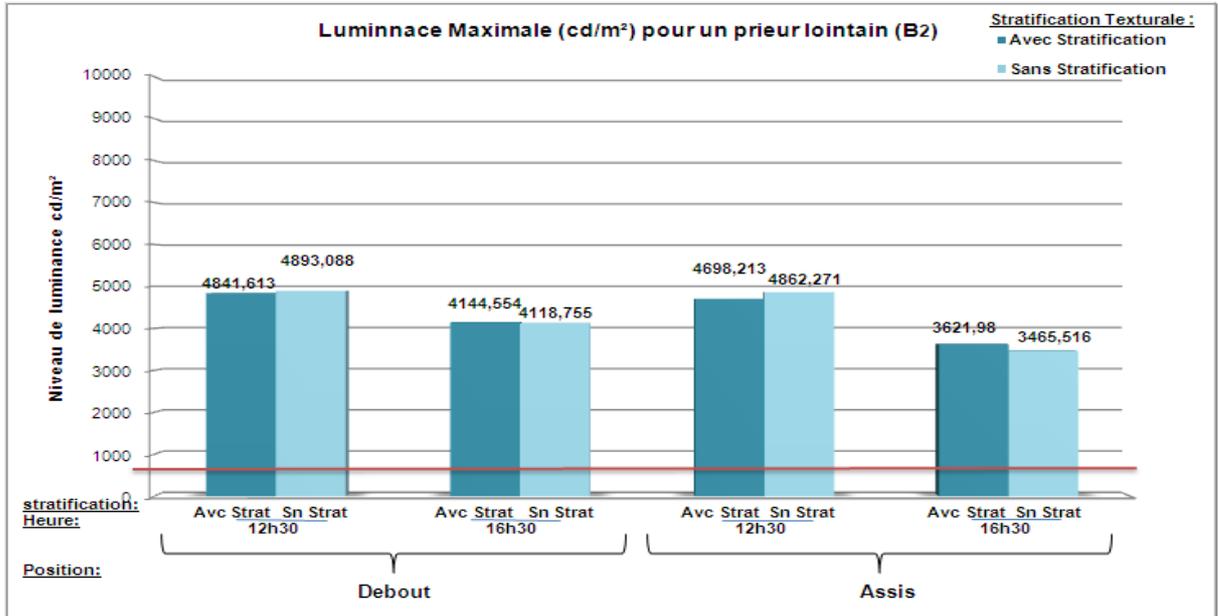


Figure 384 : Luminance maximale pour un prieur au milieu, debout et assis aux moments de la prière (avec et sans stratification verticale).

Source : Auteur

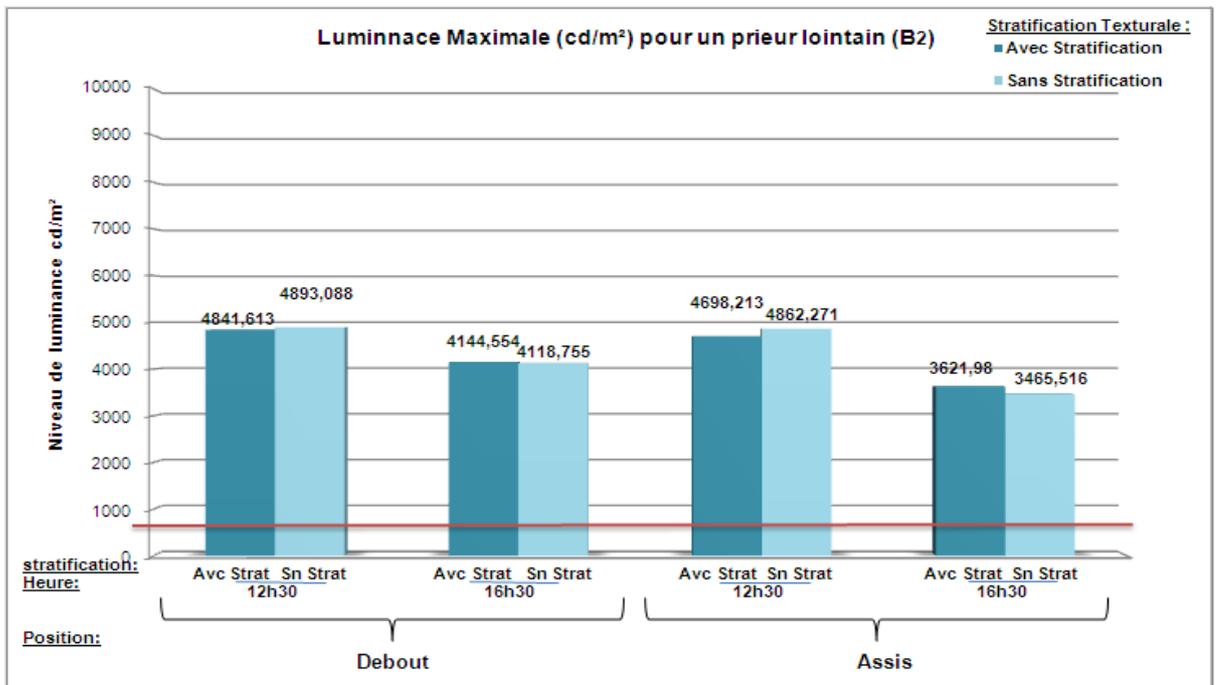


Figure 385 : Luminance maximale pour un prieur lointain, debout et assis aux moments de la prière (avec et sans stratification verticale).

Source : Auteur

### 3.4.2.2 Valeur minimale pour les deux moments de la prière :

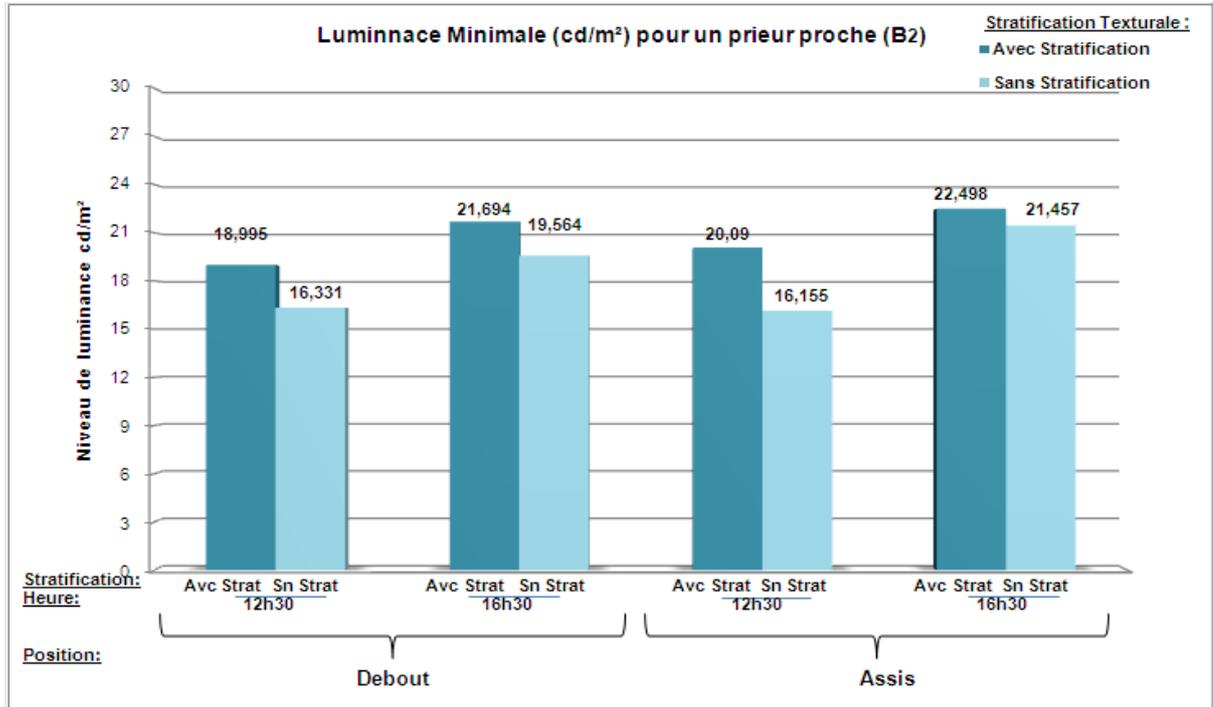


Figure 386 : Luminance minimale pour un prieur proche, debout et assis aux moments de la prière (avec et sans stratification verticale).

Source : Auteur

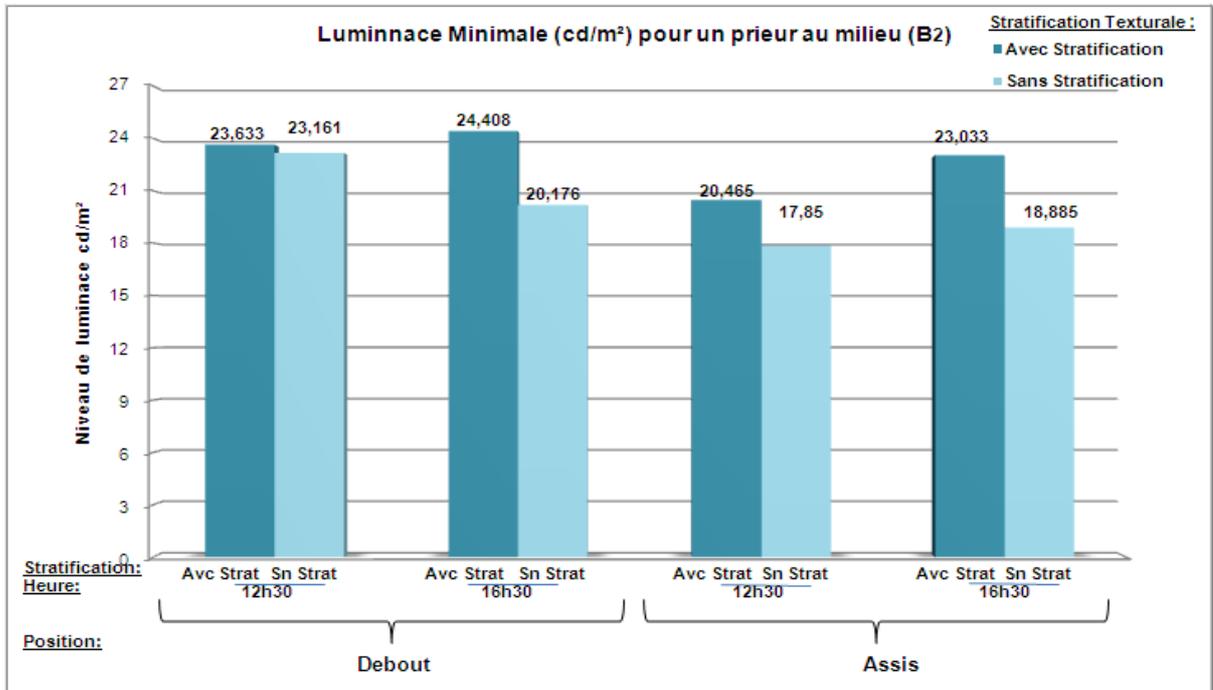
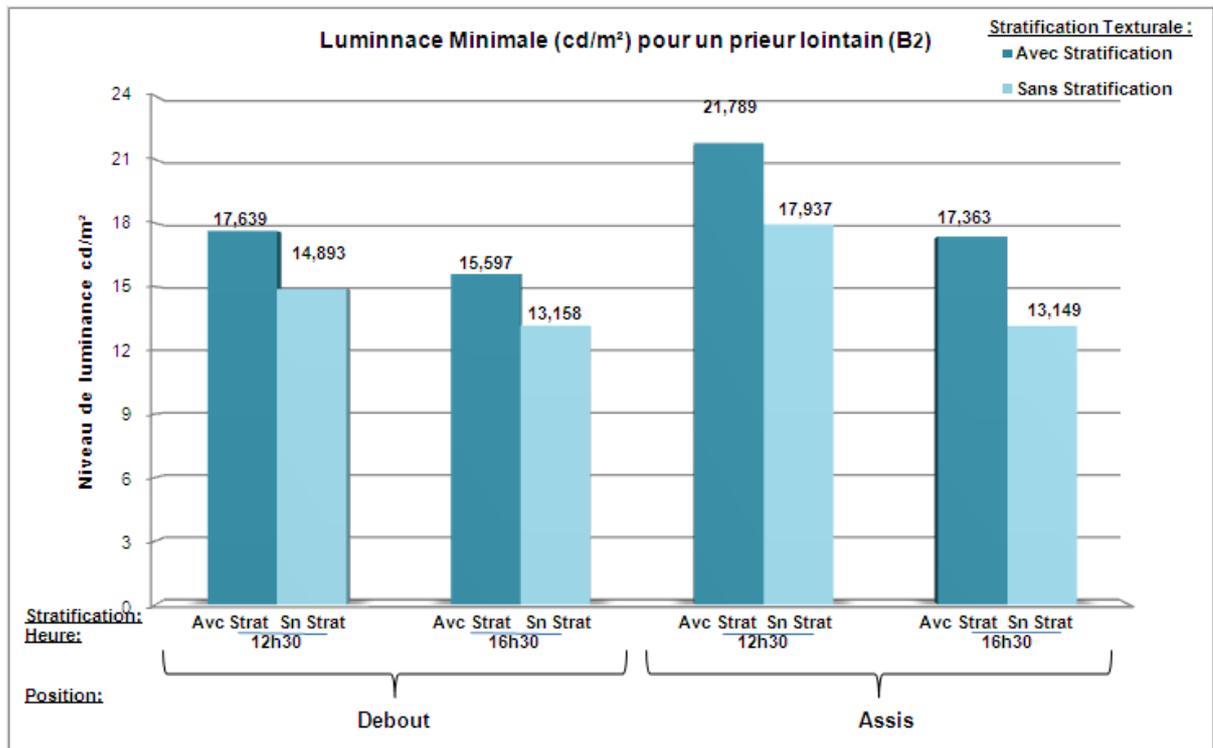


Figure 387 : Luminance minimale pour un prieur au milieu, debout et assis aux moments de la prière (avec et sans stratification verticale).

Source : Auteur



**Figure 388** : Luminance minimale pour un prieur lointain, debout et assis aux moments de la prière (avec et sans stratification verticale).

Source : Auteur

Les résultats de l'étude de la luminance nous permettent de dire que :

- Relativement aux cas étudiés, tous les points de mesure enregistrent des valeurs maximales très supérieures à 500 cd/m<sup>2</sup> procurant ainsi un espace bordé de surfaces éblouissantes générant un environnement lumineux inconfortable,
- Toutefois, on note que les plus faibles valeurs enregistrées sont celles relatives à un prieur proche en position debout (entre 1047 et 2872 cd/m<sup>2</sup>).
- Les valeurs culminantes de la luminance sont enregistrées au moment de la prière El-Aasr, pour la position Assis.

#### 4. Etude comparative des modèle B1 et B2 :

##### 4.1 Etude de l'éclairage :

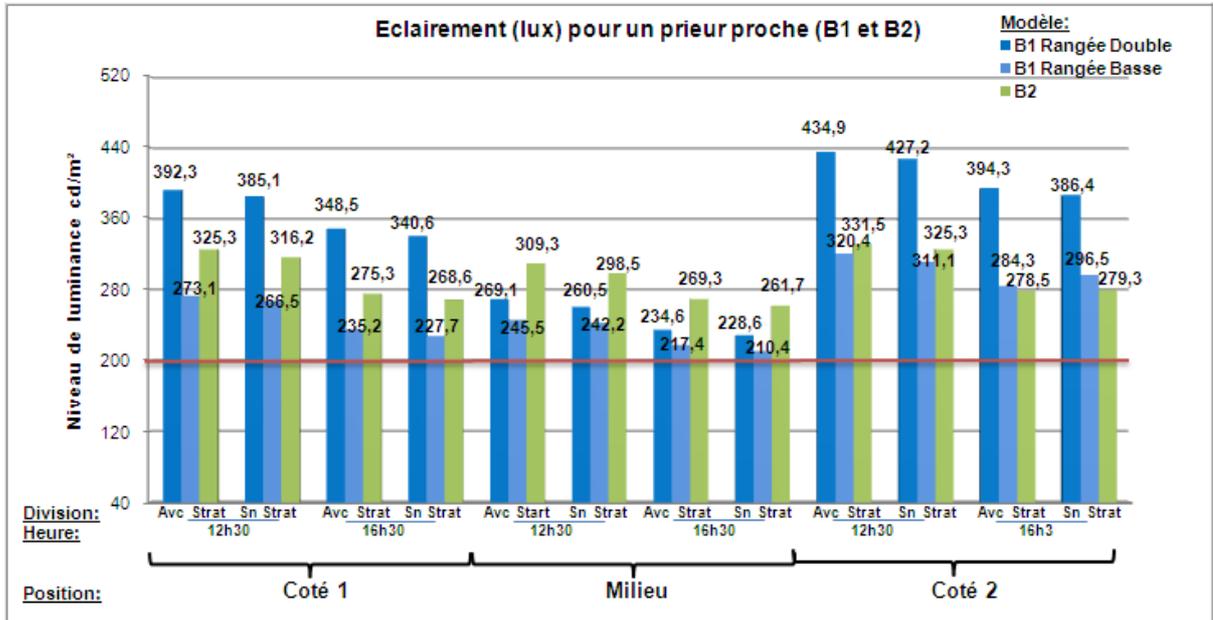


Figure 389 : Eclairage pour les deux modèles de la mosquée ottomane B1 et B2 et leurs variables, aux deux moments de la prière pour un prieur proche.

Source : Auteur

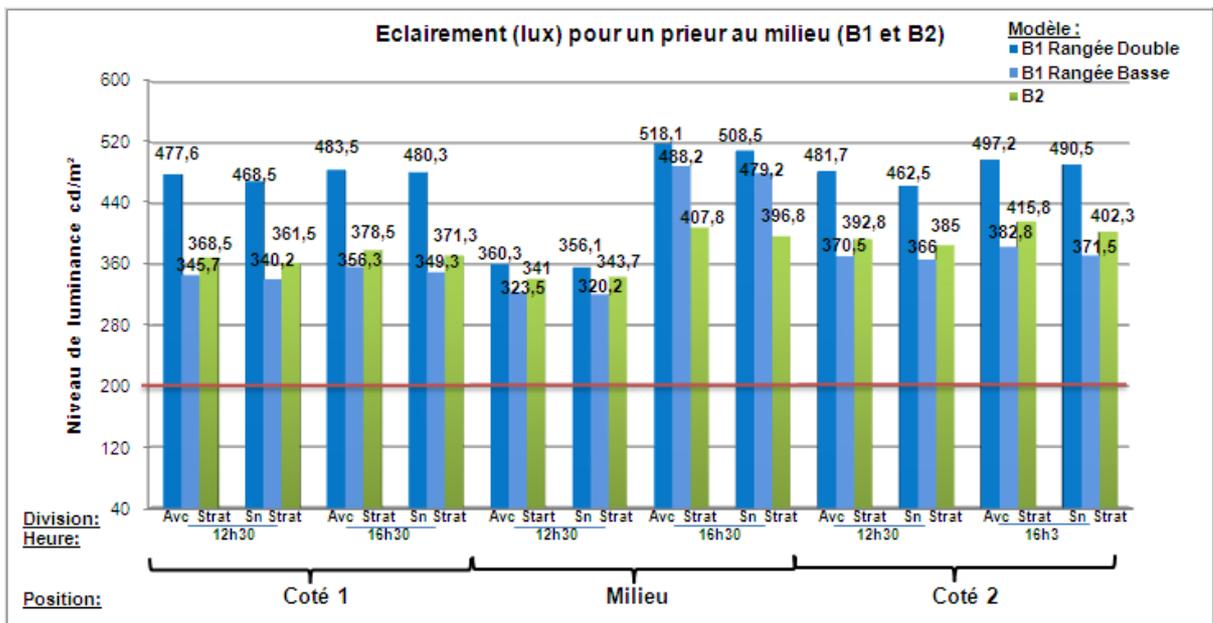


Figure 390 : Eclairage pour les deux modèles de la mosquée ottomane B1 et B2 et leurs variables, aux deux moments de la prière pour un prieur milieu.

Source : Auteur

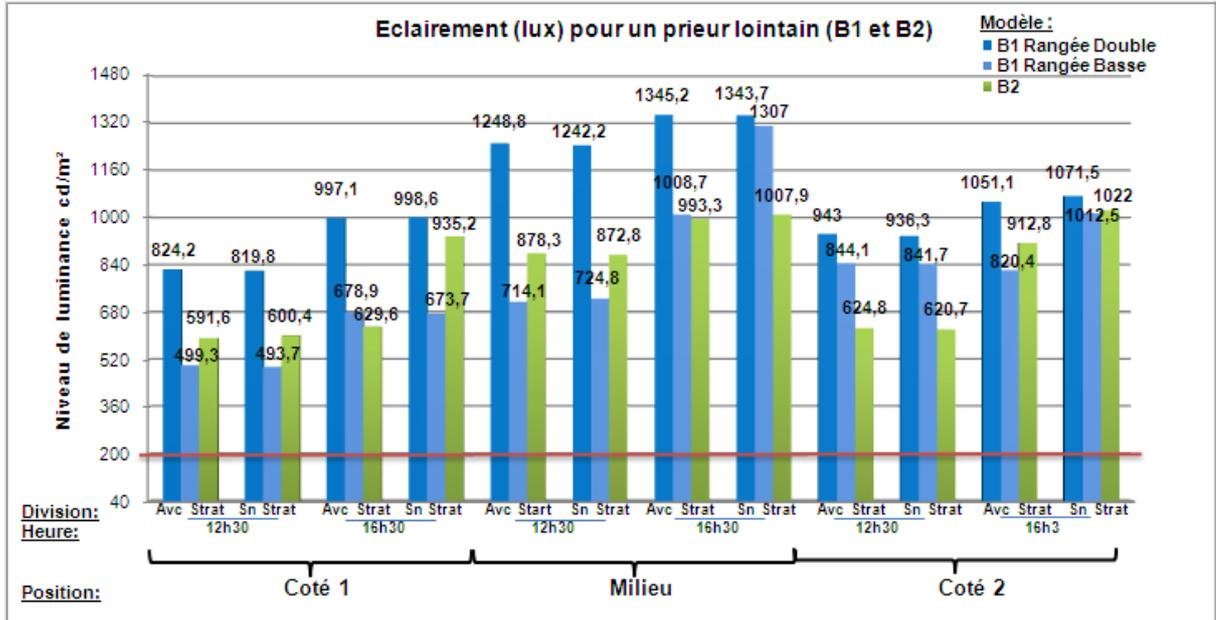


Figure 391 : Eclairage pour les deux modèles de la mosquée ottomane B1 et B2 et leurs variables, aux deux moments de la prière pour un prieur lointain.

Source : Auteur

## 4.2 Etude de la luminance :

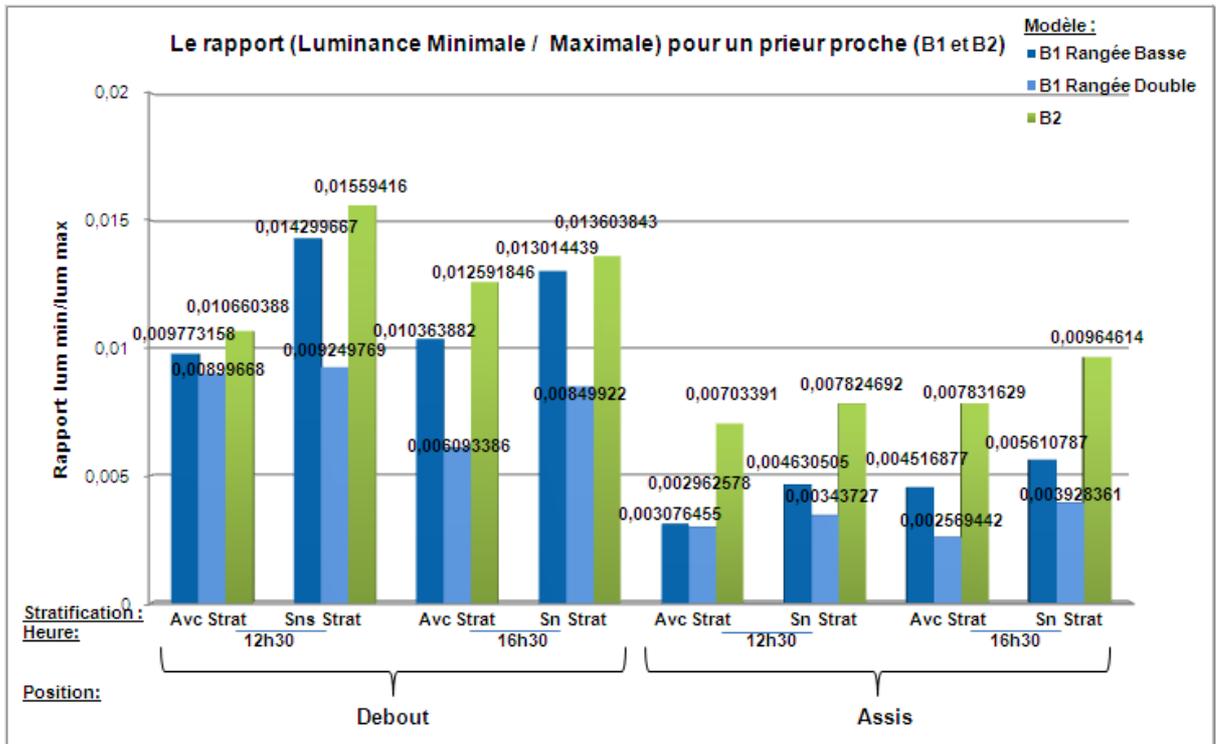


Figure 392 : Luminance pour les deux modèles de la mosquée ottomane B1 et B2 et leurs variables, aux deux moments de la prière pour un prieur proche.

Source : Auteur

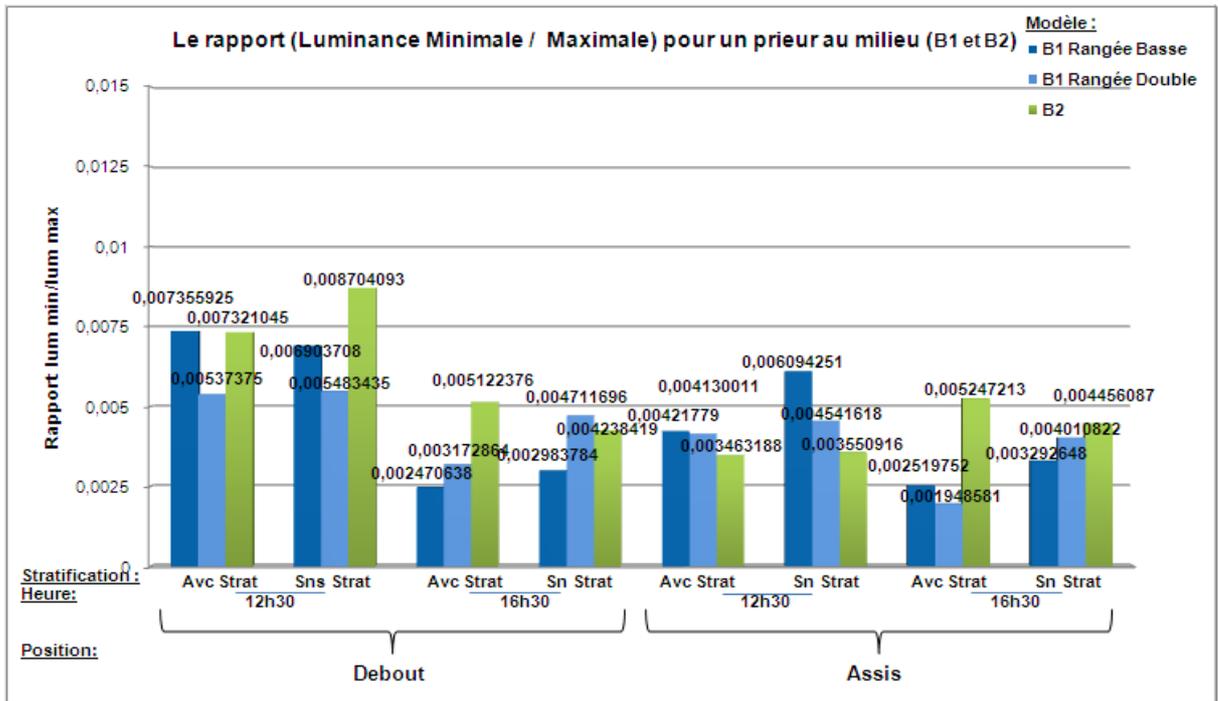


Figure 393 : Luminance pour les deux modèles de la mosquée ottomane B1 et B2 et leurs variables, aux deux moments de la prière pour un prieur au milieu.

Source : Auteur

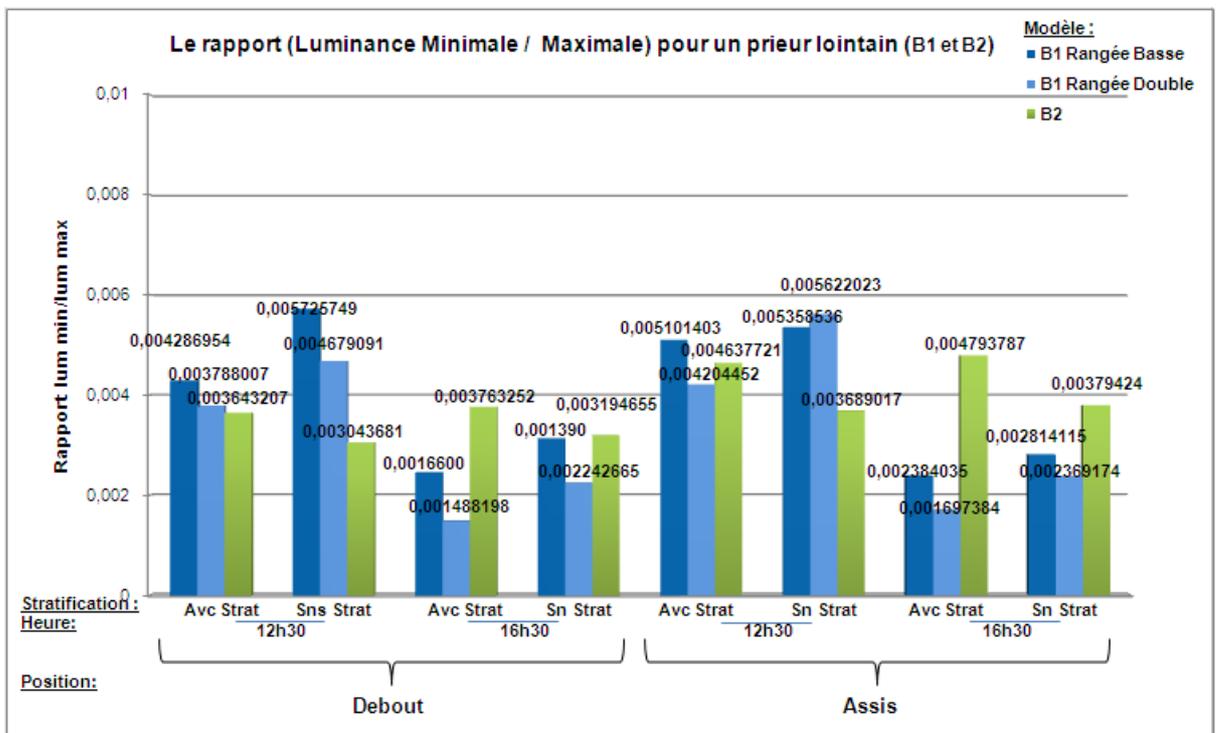


Figure 394 : Luminance pour les deux modèles de la mosquée hypostyle B1 et B2 et leurs variables, aux deux moments de la prière pour un prieur lointain.

Source : Auteur

## 5. Synthèse :

La variation de la texture des parois latérales exerce une influence modeste sur les niveaux d'éclairément (différence maximale d'environ 10 lux pour un 'prieur milieu'), contrairement à l'effet appréciable qu'elle exerce sur le rapport des luminances qui atteint ses plus grandes valeurs en cas de stratification texturale (soubassement en céramique claire) de plus, ces rapport sont très peu nuancés les uns vis-à-vis des autres, générant ainsi l'environnement lumineux le plus confortable par rapport aux cas étudiés, dans ce chapitre,

Contrairement à la variation des rangées des baies opérées sur les parois latérales qui exercent une importante influence sur les niveaux d'éclairément dont les valeurs culminent en cas de rangées doubles, et notamment les rapports de luminance calculés (luminance minimale/luminance maximale). Cependant cette influence n'est pas bénéfique vu qu'elle engendre les surfaces les plus éblouissantes, compte tenu de tous les cas étudiés,

La variation du moment de la simulation exerce plus d'influence sur les niveaux d'éclairément que de ceux de luminance enregistrés, particulièrement pour un prieur au milieu ou lointain pour lesquels on constate une majoration importante des niveaux au moment de la prière d'El-Aasr,

La variation due à l'existence ou non des coupolettes exerce une influence non négligeable tant sur les niveaux d'éclairément que de ceux de luminance enregistrés. De ce fait, on obtient des valeurs d'éclairément suffisamment élevées et plus homogènes d'un point de mesure à un autre, des niveaux de luminance peu contrastés, de valeurs moyennes se situant entre celles de la variante B1 avec rangées double et B1 avec rangée basse seulement,

Il semble que les meilleurs résultats enregistrés relativement à l'éclairément, sont ceux relatifs au cas B1 avec rangée double suivis du cas B2 et enfin du cas B1 avec rangée basse, tandis que les meilleurs résultats enregistrés relativement à la luminance correspondent aux cas B2 suivis du cas B1 avec rangée basse et enfin celui du cas B1 avec rangée double,

Cependant, compte tenu des valeurs d'éclairément et de luminance confondues, le cas le plus favorable est celui du modèle B2 sans stratification texturale appliquée sur les parois latérales.

## Conclusion :

Caractérisée par l'uniformité des niveaux d'éclairage et par l'environnement lumineux confortable à l'intérieur de ses salles de prière, l'architecture culturelle ottomane, a suffisamment contribué à l'enrichissement du répertoire architectural algérien en matière de dispositifs architecturaux voués à l'éclairage naturel :

- . Les baies opérées au bas de la coupole centrale apportent une amélioration de la qualité et de la quantité de lumière intérieure, en particulier au centre de la salle de prière. Cette manière de capter, d'acheminer et de diffuser la lumière naturelle à l'espace intérieur génère des niveaux d'éclairage plus élevés et des luminances moins prononcées.
- . La double rangée des baies effectuées sur les parois latérales apporte plus de lumière à l'espace intérieur. Ainsi, on remarque une concentration de la lumière naturelle dans la zone immédiate des baies procurant des niveaux d'éclairage élevés mais plus de contraste quant à la luminance, par conséquent les effets perturbants de l'éblouissement sont plus marqués.
- . Les coupolettes, percées dans leurs bases, constituent un dispositif d'harmonisation de l'environnement lumineux intérieur, un flot de lumière du jour fournissant un éclairage naturel de qualité plus performant aussi bien sur le niveau de l'éclairage et de celui de la luminance.

## **Introduction :**

La présente recherche s'inscrit dans le cadre d'une thématique fondamentale relative à l'ambiance lumineuse dans l'espace intérieure, où on a tenté d'approcher cette notion d'un point de vue de deux concepts élémentaires à savoir, la baie et la composante réfléchie interne. L'investigation a été vouée aux aspects quantitatifs de la lumière naturelle, particulièrement les différents dispositifs architecturaux de l'éclairage naturel à l'intérieur des conformations architecturales, très rares, voire exceptionnelles ou même inexistantes sont les études qui se sont fixées comme objectif l'approfondissement de la connaissance relative à la notion de l'éclairage naturel à travers à la fois le concept de la baie et surtout de la composante réfléchie interne qui demeure omise malgré sa part importante dans l'éclairage naturel et significative vis-à-vis du rôle de l'architecte concepteur.

Cette étude a été effectuée au moyen d'un modèle conceptuel élaboré pour cette investigation. Ce modèle est conçu sur la base du modèle général de la lumière naturel qui a été travaillé et amélioré pour intégrer les différentes composantes de la présente recherche relativement aux concepts clés de l'hypothèse.

Dans ce qui suit, on procède à une synthétisation des différentes conclusions de ce travail, suivie des recommandations et des principaux axes de recherche à développer. Toutefois il est nécessaire, au préalable, de préciser les limites de la présente recherche.

### **1. Limites de l'étude :**

Toute recherche est restreinte dans son étendue et limitée dans son objet. Les limites de la présente étude de magistère s'énumèrent comme suit :

1. L'étude s'intéresse uniquement au cas des espaces architecturaux prédéfinis comme ceux résultant d'une architecture traditionnelle, autrement dit, architecture léguée par nos précédents.
2. Le contexte général de l'étude est géographiquement restreint au cas d'étude (Batna), milieux semi-arides. Ce sont donc les conditions sous ciel clair et ensoleillé qui sont visées par cette recherche.
3. Un seul genre d'espace architectural a fait l'objet de cette étude : les mosquées, cela revient au degré d'importance qui leur a été accordé.

4. Evaluations en fonction de neuf points de vue comparativement à la séquence des vues en milieu réel.
5. A cause des limites du logiciel de simulation, la prise en compte de certains paramètres n'était pas possible (ameublement).
6. On s'est restreint aux mesures les plus représentatives et surtout possiblement simulées (niveaux d'éclairage et de luminance).

## **2. Conclusions générales :**

Cette recherche a permis l'obtention de résultats récapitulés dans ce qui suit selon l'ordre dans lequel ils sont présentés dans le mémoire.

### **2.1 La lumière naturelle symbole de la magnificence divine :**

La lumière naturelle du soleil est vivante, vibrante, fugace, intense, changeante, vitale, universelle et omniprésente. Sa dimension immatérielle et ses variations imprévisibles, sa venue du ciel, lui confèrent une charge symbolique de la manifestation divine et source de vie sur terre. L'association spirituelle de la lumière naturelle est due à sa relation directe avec la vie par le rythme du jour et de la nuit, sa croissance puis décroissance entre solstice d'hiver et solstice d'été, elle participe dans la représentation du divin qui par sa lumière mystique permet à l'homme de rester dans le droit chemin.

### **2.2 L'espace cultuel une démonstration d'approche conceptuelle de la lumière en architecture :**

Ce lieu, qui vise à exhiber la puissance de la religion pour permettre sa transmission, à été traité depuis les temples immémoriaux avec un soin particulier. A l'intérieur de ces bâtiments, l'ambiance lumineuse varie de la pénombre des cathédrales et églises anciennes, au caractère humain des mosquées traditionnelles à l'irradiation des mosquées ottomanes et quelques exemples de l'architecture sacrée contemporaine, cependant, il est essentiel pour un architecte de comprendre les diverses techniques de la construction avec la lumière initiées dans le processus de la conception de la conformation architecturale à caractère cultuel.

### **2.3 Le modèle de la baie et de la composante réfléchie interne une base à la conception d'un éclairage naturel :**

Vu l'absence d'études traitant le sujet de la présente recherche, la mise au point d'un modèle conceptuel de l'éclairage naturelle à été nécessaire :

La lumière du jour provenant de sources variant principalement entre le soleil, le ciel et l'environnement extérieur est transmise filtrée et admise, à travers les baies, sous forme de différentes ouvertures avec ou sans compléments, à l'espace intérieur où elle sera absorbée réfléchie, diffusée ... par les différents constituants de la composante réfléchie interne : sols, murs, plancher, ameublements et autres. Ainsi les constituants du modèle de la lumière naturelle se définissent comme suit : i) Sources, ii) Baies, iii) Composante Réfléchie Interne 'CRI'.

### **2.4 La baie comme composante de passage inhérente à la conception d'un éclairage par la lumière naturelle :**

Seule la création de baies, dans l'enveloppe du bâtiment, permettra l'entrée de la lumière naturelle. Cependant, l'amenée de la lumière naturelle à l'intérieur de la conformation architecturale est essentiellement influencée par les propriétés de la baie qui influencent la composante directe et la composante indirecte de la lumière. C'est pourquoi il est nécessaire d'acquérir une compréhension profonde des composantes de cette prise de lumière, en particulier ses modalités de variation énumérées comme suit : type, dimension, forme, position, orientation et contrôle.

### **2.5 La composante réfléchie interne une source secondaire de la lumière naturelle :**

La matière initialement inerte reçoit de la lumière, l'absorbe la diffuse ou la transmet, cependant, la nature de la matière influence la répartition du flux lumineux à l'intérieur de la conformation architecturale, en général une matière opaque réfléchit la lumière au moment où une matière transparente la transmet.

La prise de conscience des modalités de variation de la CRI (englobe les variations des surfaces internes) est impérative pour tout architecte prétendant être intéressé par la conception d'un éclairage naturel. Nous avons estimé essentiel la subdivision de ces modalités en : i) caractéristiques formelles relatives d'une part, à la géométrie de la surface elle-même et d'autre part à celle de tout l'espace intérieur, ii) caractéristiques surfaciques en particulier la texture et la couleur.

## **2.6 Classification architecturale des mosquées algériennes :**

De l'examen des plans et des écrits antérieurs, nous avons pu conclure que deux types de mosquées prédominent en Algérie : la mosquée Arabe hypostyle (la plus répandue) et la mosquée Ottomane à coupole centrale. Portant principalement sur la salle de prière, une étude des styles ayant succédé en Algérie nous a permis de déceler deux catégories principales de Mosquées Algériennes à savoir : i) pré-Ottomane à salle de prière hypostyle. ii) Ottomane à salle de prière à coupole centrale et à galeries limitrophes.

## **2.7 L'inventoriage des dispositifs de l'éclairage naturel dans les mosquées algériennes :**

L'inventoriage des dispositifs architecturaux d'éclairage naturel accompli en respect du modèle d'analyse de l'éclairage naturel basé sur la baie et de la composante réfléchie interne, nous renseigne sur l'ingéniosité ancestrale quant à une conception architecturale soucieuse de la qualité de l'ambiance lumineuse notamment pour le cas des mosquées ottomanes.

On dénote le dispositif cour comme source principale de la lumière du jour, des baies latérales (fenêtres) hautes ou surélevées de petites dimension parfois équipées de claustras en cas de mosquées pré-ottomane et basse ou en double rangées de taille moyennes à moyennement grandes en cas de mosquée ottomane, les textures intermédiaires d'une clarté prononcée des couleurs priment, elles diffusent et répandent la lumière à l'intérieur des salles de prière particulièrement en cas de l'utilisation du matériau céramique lisse et luisant (mosquée ottomane). En plus des fenêtres un autre type de baies apparaît dans l'architecture des mosquées ottomane ; les percements effectués dans la paroi horizontale haute au niveau de la base des coupoles centrales comme les coupolettes limitrophes apportent une douce lumière venant du ciel.

## **2.8 La simulation informatique pour une lecture de la qualité lumineuse de la mosquée de Nédroma :**

Des niveaux d'éclairément très élevés sont enregistrés à proximité des baies particulièrement celles reliant la salle de prière à la cour, plus on va vers le fond de la salle de prière plus les niveaux d'éclairément baissent. De ce fait, un rapport proportionnellement inverse est remarqué entre d'une part les niveaux d'éclairément enregistré et d'autre part l'éloignement aux baies. Aussi la lumière naturelle, dans sa propagation, à l'intérieur de la salle de prière, se trouve heurtée aux travées cependant les niveaux d'éclairément enregistrés, au centre de l'espace intérieur, s'avèrent très faibles.

## **2.9 Les caractéristiques surfaciques des parois intérieures influent sur l'environnement lumineux créé :**

A l'intérieur d'une conformation architecturale où les parois horizontales basses acquièrent une texture rugueuse à couleur foncée, la variation de la texture et la couleur des parois latérales exerce une infime influence sur les niveaux d'éclairément et de luminance (des environnements lumineux très semblables)

Cependant, la variation de la texture et de la couleur de la paroi horizontale haute exerce plus d'influence sur les niveaux d'éclairément et de luminance (niveaux plus élevés), comparée à la variation relative à la paroi horizontale basse.

Il en découle que les meilleurs environnements lumineux sont ceux relatifs au cas où les deux parois horizontales sont claires, ensuite le cas où seule la couleur de la paroi horizontale haute est claire, et ultérieurement les environnements correspondant aux cas relatifs à la coloration foncée des deux parois horizontales, pour lesquels les résultats s'avèrent presque identiques.

## **2.10 La Baie par la manipulation de ses modalités exerce une influence considérable sur la qualité de l'environnement lumineux intérieur :**

La variation de la taille de l'ouverture et l'existence ou non du complément claustra exercent une influence plus importante sur la qualité de l'environnement lumineux créé comparée à

celle relative aux caractéristiques surfaciques des parois intérieures. Néanmoins, il semble impossible de déterminer une relation bien claire et constante entre la variation de la taille de l'ouverture et du complément claustra, compte tenu des niveaux d'éclairement et de luminance. Le complément claustra exerce beaucoup plus d'influence sur les niveaux d'éclairement que sur ceux de luminance comparée à la taille de l'ouverture. Cependant on obtient des résultats beaucoup moins contrastés concernant les niveaux d'éclairéments relatifs aux claustras, qui fournissent une répartition homogène de la lumière.

### **2.11 La division de l'espace conditionne l'environnement lumineux intérieur :**

La division horizontale (parallèle au mur de la qibla) et croisée (dans les deux sens), de l'espace intérieur donnent des résultats presque similaires s'agissant des niveaux d'éclairement ou de ceux de luminance enregistrés.

Cependant, la division verticale (perpendiculaire au mur de la qibla) donne des résultats nuancés par rapport aux premières. La division horizontale comme celle croisée constitue un obstacle à la propagation de lumière à l'intérieur.

La variation de la géométrie de la section des colonnes entre ronde ou carrée exerce une influence insignifiante sur les niveaux d'éclairement et de luminance, toute fois une préférence est faite pour la section ronde vis-à-vis de l'écart entre les luminances maximales et les luminances minimales (moins de contraste).

Toutefois, les meilleurs environnements lumineux sont ceux relatifs à l'espace intérieur sans aucune division, plus homogènes et plus équilibrés particulièrement entre la zone immédiate aux baies et la zone lointaine.

### **2.12 Les enseignements relatifs à l'étude de l'éclairage naturel dans les mosquées algériennes pré-ottomanes à salle de prière hypostyle :**

S'agissant d'une division discontinue horizontale ou verticale de l'espace intérieur une modeste variation, sur les niveaux d'éclairement et particulièrement sur les niveaux de luminance, est enregistrée.

Contrairement à l'application du complément claustra qui exerce une importante influence quant aux niveaux d'éclairage et notamment les rapports de luminance calculés (luminance minimale/luminance maximale) qui témoignent de valeurs très proches du niveau recommandé en cas de baies avec claustra alors que des surfaces très éblouissantes sont engendrées dans le cas contraire.

La variation du moment de la simulation influence beaucoup plus les niveaux d'éclairage comparé à ceux de luminance enregistrés, pour un prieur au milieu de la salle ou lointain (report fait au mur de la qibla) on constate une majoration importante des niveaux d'éclairage au moment de la prière d'El-Aasr,

La variation de la forme et de la texture de la paroi horizontale haute exerce une influence non négligeable sur les niveaux d'éclairage enregistrés.

Il en découle que les meilleurs résultats enregistrés relativement à l'éclairage, sont ceux correspondant au cas de baies sans claustra suivis des cas de baies avec claustra. À l'intérieur de ces deux groupes une autre classification relative à la division discontinue de l'espace s'impose, en cas de prieur proche, l'ordre croissant des niveaux d'éclairage va du cas de la division horizontale à la division verticale. Cet ordre se voit inversé pour un prieur au milieu de la salle de prière ou lointain du mur de la qibla, tandis que les meilleurs résultats enregistrés, relativement à la luminance, correspondent aux cas avec claustra suivis de ceux sans claustra.

### **2.13 Les enseignements relatifs à l'étude de l'éclairage naturel dans les mosquées algériennes ottomanes à salle de prière à coupole centrale et galeries limitrophes :**

La variation de la stratification de la texture des parois latérales génère une modeste modification des niveaux d'éclairage, contrairement à l'effet appréciable qu'elle exerce sur le rapport des luminances qui atteignent leurs plus grandes valeurs en cas de soubassement en céramique claire. En outre, ces rapports sont très peu nuancés les uns vis-à-vis des autres, générant ainsi l'environnement lumineux le plus confortable par rapport aux cas étudiés relativement à la mosquée ottomane.

Contrairement à la variation des rangées des baies opérées sur les parois latérales qui exercent une importante influence sur les niveaux d'éclairage dont les valeurs culminent

en cas de rangées doubles (basse et haute), et notamment les rapports de luminance calculés (luminance minimale/luminance maximale). Cependant cette influence n'est pas bénéfique vu qu'elle engendre les surfaces les plus éblouissantes et un environnement lumineux inconfortable, compte tenu de tous les cas étudiés.

La variation du moment de la simulation influence beaucoup plus les niveaux d'éclairage que ceux de luminance enregistrés, particulièrement pour un prieur au milieu ou lointain pour lesquels on constate une majoration importante des niveaux, au moment de la prière d'El-Aasr.

L'existence des coupolettes crée un environnement lumineux plus confortable en exerçant une influence non négligeable tant sur les niveaux d'éclairage que sur ceux de luminance enregistrés. De ce fait, on obtient des valeurs d'éclairage suffisamment élevées et plus homogènes d'un point de mesure à un autre, des niveaux de luminance peu contrastés et des surfaces intérieures moins éblouissantes.

Cependant, compte tenu des valeurs d'éclairage et de luminance confondues, le cas le plus favorable est celui du modèle correspondant à l'existence des coupolettes et l'absence du soubassement en céramique (sans stratification texturale appliquée sur les parois latérales).

## **2.14 Le savoir faire ancestral des dispositifs traditionnels d'éclairage**

### **naturel :**

Des salles de prière à division intérieure discontinue pour des raisons structurelles bénéficiant d'un éclairage uniquement latéral (lumière périphérique) régulé et adouci par le biais des claustra aux salles de prières jouissant des flots de lumière centrale venant du haut (zénithale) et participant à une focalisation centrée de l'environnement lumineux (coupole centrale) parfois concurrencée par l'éclairage latéral des doubles rangées de baies de dimensions plus grandes, en plus la lumière périphérique luisante réfléchiée par les soubassements en céramique de texture lisse à couleur claire, l'absence de la rangée haute des baies latérales se trouve compensée par un éclairage zénithale partiel des coupolettes. Voilà donc une manière exemplaire de capter, d'acheminer et de diffuser la lumière naturelle à l'intérieur des salles de prière uniformément éclairées.

L'analyse de la lumière naturelle dans les mosquées algériennes traditionnelles nous renseigne sur le savoir faire, en matière d'éclairage naturel, légué par nos ancêtres et ouvre des perspectives nouvelles pour l'architecture contemporaine.

### **3. Conclusions ponctuelles :**

#### **3.1 La lumière naturelle dans les édifices culturels :**

L'histoire de l'architecture confirme l'importance accrue de la lumière naturelle comme élément déterminant de la forme architecturale, étant une représentative du divin, elle est célébrée par les religions en particulier celles monothéistes, les bâtiments culturels tels que les mosquées, les cathédrales, ... expriment à travers la lumière naturelle les rapports entre le Créateur et sa création.

C'est grâce à l'évaluation critique des procédés de l'éclairage naturel dans l'architecture de nos ancêtres, que l'art de construire avec la lumière naturelle peut être introduit dès le processus de conception. Une enquête du rôle de la lumière à travers l'histoire révèle à la fois la puissance et la beauté de la lumière dans l'architecture. La manipulation de la lumière du jour grâce à la conception des bâtiments du patrimoine architectural montre l'ingéniosité de l'intégration et la résolution de la lutte perçues entre le but esthétique et la compréhension technique de la lumière.

#### **3.2 Une approche conceptuelle pour l'ambiance lumineuse fondée sur la baie et la composante réfléchie interne :**

Cette recherche a permis de déterminer un modèle d'étude de l'ambiance lumineuse intérieur basé sur la baie et la composante réfléchie interne (CRI) ; permettant la mise en œuvre de l'ambiance lumineuse dès les premières phases du processus conceptuel.

Ce modèle va être mis au profit de la compréhension des interactions entre les concepts étudiés, en vue de fournir les concepteurs d'une palette qui conditionnera les choix de leur conformation architecturale quand à une ambiance lumineuse confortable, et surtout quantitativement suffisante pour l'exercice des tâches appropriées.

### **3.3 Les dispositifs architecturaux de l'éclairage naturel dans les mosquées algériennes traditionnelles :**

Afin d'assurer l'acheminement hiérarchique de la lumière naturelle à la salle de prière, plusieurs dispositifs architecturaux sont investis en commençant par la cour comme source principale de l'éclairage naturel souvent adjacente au côté le plus long de la salle de prière ou parfois intérieure pour profiter d'avantage de la lumière du jour. La lumière est ensuite acheminée à l'intérieur de la conformation architecturale en franchissant le seuil des grandes baies donnant sur la cour pour passer à travers les travées ou frappant sur leurs arcs et colonnes en plâtre blanc ou à soubassement en céramique lisse et brillante pour être rediriger ou rediffuser tantôt vers les murs aux mêmes revêtements ou vers le sol tapissé en couleur claire dans un volume à hauteur importante surplombé d'un plafond reflétant et dirigeant les rayons lumineux selon qu'il soit en plâtre clair simple ou travaillé, en bois de cèdre très foncé délimité par deux versants ou en forme de pyramide à base rectangulaire, ajoutée aux faisceaux lumineux venant des parois latérales percées de baies de petites ou moyennes tailles, en plus de la lumière zénithale uniforme provenant du bas de la coupole centrale ou des coupolettes, dans le cas des mosquées ottomanes. Voilà en détail les traits constituant nos modèles d'étude.

### **3.4 La simulation informatique comme base de l'expérimentation :**

Certaines études de l'éclairage naturel ne peuvent être accomplies et présentées autrement que par le biais des technologies virtuelles qui ont l'avantage d'être précis, mais le temps de modélisation et de simulation en situation complexe comme la notre est généralement très long. Les résultats donnent un aperçu général de la réalité. Bien qu'ils n'exhibent pas tout le côté sensible et tactile de la matière.

Notre méthode d'expérimentation utilise la simulation informatique comme technique de recherche. Cette simulation nous a permis de tester les concepts clés et vérifier la pertinence des dispositifs architecturaux de l'éclairage naturel étudiés.

### **3.5 Des tests pilotes pour limiter l'éventail des variables de l'étude expérimentale :**

Après avoir étudié séparément les deux concepts de l'hypothèse, le passage à l'exploitation de l'interférence des deux est essentiel. Nous avons donc testé, dans un premier temps, l'effet des variations clés de l'expérimentation en vue de déceler l'ampleur de leur impact sur l'environnement lumineux intérieur, tout en se basant sur deux indicateurs à savoir : l'éclairage et la luminance. L'expérimentation cible des manipulations clés afin d'éviter de simuler, par la suite, les variables n'ayant presque pas d'impact sur l'environnement lumineux étudié.

Après simplification et élimination, les variables clés fixées pour l'étude expérimentale sont :

- i) La couleur et la texture de la paroi horizontale haute participent activement à l'éclairage de l'espace compte non tenu des variations de la paroi horizontale basse restreinte au cas de la texture rugueuse à couleur foncée.
- ii) La variation de la taille de l'ouverture et le complément claustra qui exercent une influence importante sur les niveaux d'éclairage.
- iii) La variation de la division de l'espace intérieur entre horizontale et verticale, omission faite de la division croisée, étant donné quelle génère des résultats très semblables à ceux relatifs à la division horizontale.
- iiii) La variation de la section des colonnes de la division discontinue de l'espace intérieur est limitée à la forme ronde étant donné que la section carrée génère des résultats semblables à ceux de la ronde avec une préférence faite pour cette dernière compte tenu de sa performance en matière de luminance.

### **3.6 Les enseignements tirés de l'étude de l'éclairage naturel dans la mosquée à salle hypostyle :**

Deux dispositifs de l'éclairage naturel, dans les mosquées traditionnelles à salle hypostyles, méritent d'être compris et investis dans le processus de conception des mosquées contemporaines à savoir : les effets de la division discontinue de l'espace intérieur et ceux relatifs au complément claustra ;

La division discontinue de l'espace intérieur, quand elle est horizontale au mur de la qibla, constitue un obstacle partiel à la propagation intérieure de la lumière naturelle et crée une concentration de cette dernière dans la zone immédiate des baies en particulier pour un prieur proche et lointain en instaurant une barrière discontinue dans sa partie basse à la propagation de la lumière pénétrante. Cependant la division perpendiculaire configure l'acheminement du flux lumineux et y est plus perméable à la lumière.

Le complément claustra constitue un dispositif de contrôle de la l'éclairage naturel dont le rôle est d'adoucir la lumière, la taille des interstices le constituant est de nature à réduire au maximum la pénétration directe des rayons solaires, et de transmettre la lumière diffuse réflétée perpendiculairement au claustra, afin de limiter l'éblouissement et permettre une pénétration plus profonde, à la lumière du jour.

### **3.7 Les enseignements tirés de l'éclairage de l'éclairage naturel dans la mosquée à salle à coupole centrale et galeries limitrophes :**

Deux autres dispositifs de l'éclairage naturel dans les mosquées traditionnelles ottomanes à salle de prière à coupole centrale méritent d'être compris pour les investir dans le processus de conception des mosquées contemporaines à savoir : l'éclairage zénithal provenant de la coupole centrale et/ou des coupolettes et la double rangée des baies ;

Les baies opérées, au bas de la coupole centrale, apportent une amélioration de la qualité et de la quantité de lumière intérieure en particulier au centre de la salle de prière. Cette manière de capter, d'acheminer et de diffuser la lumière naturelle à l'espace intérieur génère des niveaux d'éclairage plus élevés et des luminances moins prononcées.

La double rangée des baies effectuées sur les parois latérales apporte plus de lumière à la partie profonde de l'espace intérieur. Toutefois, on remarque une concentration de la lumière naturelle dans la zone immédiate des baies procurant des niveaux d'éclairage élevés avec plus de contraste quant à la luminance. En conséquence les effets perturbants de l'éblouissement sont plus marqués.

Les coupolettes, percées dans leurs bases, constituent un dispositif d'harmonisation de l'environnement lumineux intérieur. Elles procurent un flot de lumière du jour fournissant un éclairage naturel de qualité plus performant sur le niveau de l'éclairage comme sur celui de la luminance.

## **4. Recommandations :**

Il est important de parvenir à une distribution contrôlée de la lumière à l'intérieur d'une conformation architecturale. Les niveaux d'éclairage adéquats devraient être fournis, tout en éliminant les surfaces éblouissantes.

#### 4.1 La baie :

- La lumière diffuse ne pénètre significativement qu'à environ une distance double de la hauteur de la partie inférieure d'une baie latérale par rapport à la paroi horizontale basse. Dès lors, au delà d'une certaine profondeur, les niveaux d'éclairement chutent, sauf en cas des mosquées à coupole centrale dont les baies effectuées à son niveau assurent un éclairage central et un environnement lumineux plus uniforme.
- En ce qui concerne l'uniformité de la luminance, c'est beaucoup plus compliqué. En effet, la distribution de la lumière dans l'espace intérieur de la salle de prière dépend de la répartition des baies et de la réflexion des parois. Elle est d'autant meilleure que les réflexions de chaque paroi sont élevées et uniformément réparties (couleurs uniformes).
- De plus, il faut une certaine uniformité de luminance d'une part entre le champ visuel en position assise et en position debout dans la salle de prière où l'activité vouée n'est autre que la prière et la lecture (le sol et les murs), et d'autre part entre les différentes surfaces de référence (luminance de la paroi horizontale basse surtout et les parois latérales avec les baies qui lui sont appliquées).
- Au niveau de l'apport de lumière naturelle, une baie zénithale s'ouvre sur la totalité de la voûte céleste, ce qui induit une meilleure pénétration de lumière. La distribution lumineuse obtenue par une baie zénithale est beaucoup plus homogène que celle produite par une baie latérale. De plus, la lumière entre dans la salle de prière, par la coupole centrale et/ou les coupolettes se trouvant au niveau de la paroi horizontale haute, ce qui limite à priori les phénomènes d'éblouissement
- Il est certain que : plus la surface de la baie est importante, plus l'éclairage naturel est élevé, mais les apports solaires augmenteront eux aussi ainsi que le risque de surchauffe du local. Il nous faut donc optimiser l'efficacité lumineuse de la baie en assurant la surface minimale d'ouverture pour l'éclairage requis.
- Plus la baie latérale est élevée, mieux le fond du local est éclairé et plus la zone éclairée naturellement est profonde. Une baie latérale au dessus de la ligne de vision réduit les risques d'éblouissement direct.

- En revanche, lorsque le claustra (dispositif de contrôle fixe) est appliqué sur les baies latérales les surfaces horizontales de ses perforations redirigent la lumière naturelle vers la paroi horizontale haute, ce qui permet de faire pénétrer la lumière profondément dans la conformation architecturale. Dès lors, une répartition homogène de la lumière naturelle est constatée en plus de la protection des fidèles des effets de l'éblouissement dû à la pénétration directe de la lumière naturelle.

#### **4.2 La composante réfléchie interne :**

- La nature et la couleur des surfaces intérieures influencent directement l'éclairage naturel dû aux réflexions intérieures. Une bonne distribution de la lumière nécessite des parois de couleurs claires, des facteurs de réflexion élevés permettent à la lumière d'être réfléchie davantage. De plus, sous les mêmes conditions d'éclairage naturel, une surface claire est subjectivement perçue comme mieux éclairée qu'une surface foncée, c'est l'analyse que donne l'œil humain aux niveaux de luminance dérivant des deux surfaces.
- En conséquence, pour favoriser la pénétration de la lumière dans la salle de prière, un revêtement de la paroi horizontale basse relativement claire possédant donc un facteur de réflexion élevé et induisant une diminution des efforts d'accommodation que l'œil doit effectuer à chacun de ses mouvements, est recommandé.
- Puisque la paroi horizontale haute ne reçoit la lumière naturelle que de manière indirecte, son influence sur la distribution de la lumière est relativement faible, exception faite en cas de claustras qui redirigent les rayons lumineux vers cette dernière de couleur claire de préférence et à texture lisse pour plus de réflexion.
- Lorsque les textures appliquées aux parois latérales sont lisses elles génèrent une réflexion presque spéculaire de la lumière naturelle. La lumière arrive plus facilement en profondeur de la conformation architecturale. En contrepartie, les parois en question présentent une certaine brillance, acquièrent une luminance élevée et peuvent donc devenir des sources de nuisance et d'éblouissement à l'intérieur de la salle de prière.
- De manière précise, les textures lisses générant une certaine brillance des surfaces sont à conseiller comme moyen de transmission de la lumière naturelle au niveau de

la paroi horizontale haute particulièrement sur la surface intérieure de la coupole centrale ainsi que celle des coupolettes.

- De plus, les baies doivent commencer à la base de la courbe de la coupole ou de la coupolette, avec des parois profondes au niveau des baies, la plupart de la lumière est alors réfléchi par le fond de la baie vers la surface d'en face incurvée. Par la suite, la lumière se reflète au niveau du plan de référence dans la salle de prière. Cela donne de bonnes qualité et quantité de la lumière, puisque la plupart de la lumière est diffusée et réfléchi, ce qui réduit également le gain d'énergie solaire et exclue les effets d'éblouissement.

#### **4.3 La synergie entre la baie et la composante réfléchi interne :**

- Un éclairage naturel direct provoque une répartition très irrégulière des luminances à l'intérieur de la conformation architecturale et génère des risques importants d'éblouissement. Cependant, l'éclairage naturel indirect investie les réflexions des rayons lumineux sur les parois intérieures pour fournir une distribution lumineuse plus homogène.
- L'architecte est tributaire des caractéristiques photométriques de la lumière naturelle : il dote les conformations architecturales de l'ambiance lumineuse désirée par une disposition étudiée des baies et un choix judicieux des textures et couleurs appliquées. L'architecte concepteur peut toutefois combiner les deux modes d'éclairage naturel pour parvenir à un éclairage direct/indirect, alliant des baies amenant directement la lumière naturelle à un système d'éclairage indirect basé sur les qualités formelles et surfaciques des parois intérieures. Ce mode d'éclairage possède, à la fois les avantages de l'éclairage direct et indirect. Toujours est-il que la partie directe permet la maintenance des niveaux d'éclairage adéquats au moment où la partie indirecte comble les déficits du premier en matière d'éclairage et assure des rapports de luminance plus confortables quant aux effets de l'éblouissement.

#### **5. Futurs axes de recherches :**

Le traitement de ce sujet d'étude nous a ouvert amplement l'horizon vers d'innombrables directions de la recherche scientifique. Puisque il est admis que plus on apprend et plus on découvre notre ignorance vis-à-vis des nombreux sujets qui restent à décrypter :

1. Le modèle conceptuel développé dans le cadre de cette recherche peut être appliqué dans d'autres contextes climatiques.
2. D'autres cas d'espaces architecturaux méritent d'être investis en vue d'une meilleure compréhension de l'ambiance lumineuse.

### **Conclusion :**

En somme, cette recherche présente une simple initiative visant l'étude de l'impact de la baie et de la composante réfléchie interne, sur l'environnement lumineux intérieur, dans des mosquées algériennes traditionnelles, sous des conditions de ciel clair ensoleillé.

L'approche choisie s'adapte aux besoins des architectes concepteurs soucieux de la composition architecturale consciente de l'importance de la lumière naturelle.

Bien que limitée dans son application à un contexte particulier et à un seul cas d'étude, le modèle conceptuel élaboré dans cette recherche peut être investi pour d'autres contextes et à une large variété de bâtiments.

Le travail qui a été mené consiste, dans sa globalité, en l'investigation de l'impact de deux concepts importants dans la conception d'une ambiance lumineuse naturelle. Les résultats issus de cette étude répondent aux besoins des constats desquels émane la problématique de cette recherche. Cependant, il nous est possible de confirmer la relation prédite entre les concepts de l'hypothèse : l'interaction forme-lumière naturelle se tiendrait à une synergie entre les caractéristiques de la baie et les propriétés formelles et surfaciques des parois intérieures.

Enfin, l'une des vertus de cette étude réside dans le fait qu'elle a pu amorcer une ébauche de modèle général pour l'étude quantitative de l'environnement lumineux intérieur. Il est espéré que ces aboutissements auront le mérite d'intéresser aussi bien les architectes chercheurs que les praticiens afin de les appliquer.

**Bibliographie :**

- (1864). Revue de Paris: littérature, histoire, philosophie, sciences, beaux-arts, Revue de Paris.
- AA (1991). L'Architecture d'aujourd'hui: 90.
- Ahrens, C. D. (2007). Meteorology today: an introduction to weather, climate, and the environment, Thomson/Brooks/Cole.
- Al-Shaaref, B. M. "Photos of selected mosques in the muslim world " Retrieved 26 10 2010, from [http://islaam\\_introduction.tripod.com](http://islaam_introduction.tripod.com).
- Alain Liébard et A. D. Herde (2005). Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques: concevoir, édifier et aménager avec le développement durable, Observ'ER.
- Ander, G. (2003). Daylighting performance and design, John Wiley.
- Arnheim, R. (1986). Dynamique de la forme architecturale. Bruxelles.
- Arnheim, R. (2004). Art and visual perception: a psychology of the creative eye, University of California Press.
- Bachelard, G. (1998). La poétique de l'espace. Paris.
- Badeau, J. et J. Hayes (1983). The Genius of Arab civilization: source of Renaissance, MIT Press.
- Baker, N., A. Fanchiotti, et al. (1993). Daylighting in architecture: a European reference book, James & James.
- Baker, N. and K. Steemers (2002). Daylight Design of Buildings. London, James & James (science Publishers) Ltd.
- Bardou, P. et V. Arzoumanian (1978). Archi de soleil, Éditions Parenthèses.
- Bastien, R. (2010). Islam art et géométrie, BASTIEN.
- Behrens-Abouseif, D. (1998). Islamic Architecture In Cairo: An Introduction, American University in Cairo Press
- Belakehal, A. (2009). "L'éclairage naturel dans les mosquées marocaines, tunisiennes et algériennes de la période précoloniale." American Institute for Maghrib Studies (AIMS).
- Belakehal, A., A. Bennadji, et al. (PLEA 2009). Towards an Occupant Based Conceptual Model for the Natural Luminous Ambience Conference on Passive and Low Energy Architecture, Quebec City, Canada, Presses de l'Université Laval.

- Belakehal, A., F. Bensalem, et al. (2007).** "L'éclairage naturel dans l'architecture de la période ottomane en Algérie." 20.
- Belakehal, A., K. Tabet Aoul, et al. (2004).** "Sunlighting and daylighting strategies in the traditional urban spaces and buildings of the hot arid regions." Renewable Energy 29(5): 687-702.
- Belakehal, A., K. Tabet Aoul, et al. (2000).** Sunlight and Daylight in the Traditional Built Environment: Case of the Hot Arid Regions. World Renewable Energy Congress VI. Oxford, Pergamon: 624-627.
- Benyoucef, B. (2005).** Introduction à l'histoire de l'architecture islamique, Office des publications universitaires.
- Bernard-Gély, A. (2004).** Construction moderne, Cimbéton: 10.
- Beyaert, A. (2003).** "Texture, couleur, lumière et autres arrangements de la perception." Protée: 81-90.
- Bolak, O.** Une recherche sur l'éclairage des mosquées. İ. t. Ü. M.-M. F. n. 123. Istanbul Université Technique d'Istanbul. Faculté de Génie Civil et Architecture
- Bonechi, C. E., G. Magi, et al. (1996).** Art et histoire de la Turquie, Bonechi.
- Borie, A., P. Micheloni, et al. (2006).** Forme et déformation des objets architecturaux et urbains. Marseille.
- Boubekri, M. (2012).** Daylighting, Architecture and Health, Taylor & Francis.
- Bourouiba, R. (1972).** L'art musulman en Algérie, S.N.E.D.
- Bourouiba, R. (1983).** L'art religieux musulman en Algérie, S.N.E.D.
- Bourouiba, R. (1984).** Les inscriptions commémoratives des mosquées d'Algérie, Office des publications universitaires.
- Bourouiba, R. (1986).** Apports de l'Algérie à l'architecture religieuse arabo-islamique, Entreprise nationale du livre.
- Boussora-Chikh, K. (2004).** Histoire de l'Architecture en pays islamiques, Office des publications universitaires.
- Burckhardt, T. (2009).** Art of Islam, Language and Meaning: Commemorative Edition World Wisdom, Inc.
- Byfield, T. (2004).** Darkness Descends : A.D. 350 to 565, the Fall of the Western Roman Empire, Christian History Project.
- Chain, C. (2004).** Caractérisation spectrale et directionnelle de la lumière naturelle: application à l'éclairage des bâtiments. Ecole doctorale: Mécanique, Energétique, Génie civil, Acoustique (MEGA), Institut National des Sciences Appliquées de Lyon. Docteur: 274.

- Ching, F. (2007).** Architecture: Form, Space, & Order, John Wiley & Sons.
- CIE (2002).** "Spatial distribution of daylight - CIE standard general sky." Vienne: Commission Internationale de l'Eclairage: 7.
- Corp, I. (2003-2010).** "yfrog your image and video on twitter", from <http://yfrog.com>.
- Cousin, J. (1980 ).** L'espace vivant. Paris.
- Dachelet, M. (2008).** Aménagement du territoire, urbanisme, architecture...plus durables ?, Mardaga.
- Dalus, J., S. Eleanor, et al. (1995).** Architecture of the Islamic World: Its History and Social Meaning. London, W W Norton & Co Inc.
- Daniel Bernstein, Jean-Pierre Champetier, et al. (2007).** Traité de construction durable: principes, détails de construction, Le Moniteur.
- Devoulx, A. (2007).** مساجد مدينة الجزائر وزواياها واضرحتها, دار الامه.
- Dokali, R. (1974).** Les mosquées de la période turque à Alger, SNED.
- Donald, W. L. M. et J. Pinto (2002).** The Pantheon: design, meaning, and progeny, Harvard University Press.
- Dumortier, D. et P. Vetro (2001).** "Luminance calibration of the Nikon 950 digital cameras." Lux Europa(Reykjavik).
- Edeline, F., J. M. Klinkenberg, et al. (1992).** Traité du signe visuel: pour une rhétorique de l'image, Seuil.
- Eduardo, Z. (2010).** "flickr." Consultée 28 octobre 2010, from <http://www.flickr.com>.
- Encarta, M. (2009).** Encarta. M. Corporation.
- Engineers, C. I. o. B. S. (1996).** International Journal of Lighting Research and Technology, Chartered Institution of Building Services Engineers.
- Engineers, S. o. L. L. C. I. o. B. S. (2002).** Code for Lighting, Butterworth-Heinemann.
- Fontoyont, M. (1999).** Daylight performance of buildings. London, James & James (science Publishers) Ltd.
- Frishman, M., H. Khan, et al. (1994).** The mosque: history, architectural development & regional diversity. London, Thames and Hudson.
- Frontiers, M. W. N. (2007).** Discover Islamic art in the Mediterranean, Museum With No Frontiers.

- Golvin, L. (1960).** La mosquée: ses origines, sa morphologie, ses diverses fonctions, son rôle dans la vie musulmane, plus spécialement en Afrique du Nord, Institut d'Etudes Supérieures Islamiques d'Alger.
- Golvin, L. (1985).** "Le legs des Ottomans dans le domaine artistique en Afrique du Nord." Revue de l'Occident musulman et de la Méditerranée: 201-226.
- Grandet, D. (1992).** Architecture et urbanisme islamiques, Office des publications universitaires.
- Griffith, J. (1957).** Principles of daylighting for buildings. Windows and glass in the exterior of buildings: a research correlation conference conducted by the Building Research Institute, November 14 and 15, 1956, at the Chamber of Commerce of the United States in Washington N. R. C. B. R. Institute, Building Research Institute. 3: 3, 4, 5, 6, 7.
- Groupe, L. (2010).** Mosquée Algérienne, General Books LLC.
- Guenther, R. and G. Vittori (2007).** Sustainable Healthcare Architecture, Wiley.
- Guillo, M. (1957).** Variété des couleurs obtenues en peinture avec un seul pigment. Problèmes de la couleur: exposés et discussions du Colloque du Centre de recherches de psychologie comparative tenu à Paris les 18, 19, 20 mai 1954, S.E.V.P.E.N.
- Günay, R. (2007).** Sinan: the architect and his works, YEM Yanin.
- Guzowski, M. (2000).** Daylighting for sustainable design, McGraw-Hill.
- Hogendijk, J. et A. Sabra (2003).** The enterprise of science in Islam: new perspectives, MIT Press.
- Honour, H. et J. Fleming (2005).** A world history of art, Laurence King Publishing.
- Inc, E. B. (2004).** Universalis E. U. S.A. 10.
- Insoll, T. (1999).** The archaeology of Islam, Blackwell Publishers.
- Jayyusi, S. K. and M. Marín (1992).** Handbuch der Orientalistik: Der Nahe und Mittlere Osten. The legacy of Muslim Spain, Brill.
- Jodidio, P. (2004).** Architecture now!, Taschen.
- Jungmann, J. P. (1995).** Ombres et lumières: un manuel de tracé et de rendu qui considère l'architecture comme une machine optique, Editions de la Villette.
- Kahera, A. I. (2002).** Deconstructing the American mosque: space, gender, and aesthetics, University of Texas Press.
- Kahn, L. I. (2006).** Silence et lumière: choix de conférences et d'entretiens 1955 -1974, ed. du Linteau.

- Karayel, M., M. Navvab, et al. (1984).** "Zenith Luminance and sky luminance distribution for daylighting calculations." Energy build 6: 283-291.
- Kittler, R. (1965).** Standardisation of outdoor conditions for the calculation of daylight factor with clear skies. Sunlight in buildings: CIE Intercessional conference, Newcastle-Upon-Tyne.
- Kittler, R., M. Kocifaj, et al. (2011).** Daylight Science and Daylighting Technology, Springer.
- Kleiner, F. et C. Mamiya (2009).** Gardner's Art Through the Ages: Non-Western Perspectives, Thomson Wadsworth.
- Köster, H. (2004).** Dynamic daylighting architecture: basics, systems, projects, Birkhäuser-Publishers for Architecture.
- Leduc, P. (1998).** Turquie, Editions Marcus.
- Lefebvre, H. (2000).** La production de l'espace. Paris.
- LOSCOS, C. (1999).** RE-ECLAIRAGE ET REMODELISATION INTERACTIFS DES SCENES REELLES POUR LA REALITE AUGMENTEE.
- Loveday, H. et F. Garouste (2006).** Iran. Suisse, Editions Olizan.
- Lynes, J. (1968).** Principles of natural lighting, Elsevier.
- Maamri, F. (2004).** La simulation numérique de l'éclairage limites et potentialités. Ecole doctorale: Mécanique, Energétique, Génie civil, Acoustique (MEGA), Institut National des Sciences Appliquées de Lyon. Docteur: 288.
- Marçais, G. (1954).** L'Architecture musulmane d'Occident, Arts et métiers graphiques.
- Marçais, G. (1962).** L'art musulman, Presses universitaires de France.
- Marshall, C. (2006).** World and Its Peoples, Marshall Cavendish Corporation.
- Martin, H. (1976).** L'art musulman, Flammarion.
- Meiss, P. et K. Frampton (1993).** De la forme au lieu: une introduction à l'étude de l'architecture, Presses polytechniques et universitaires romandes.
- Meri, J. et J. Bacharach (2006).** Medieval Islamic Civilization 2V: An Encyclopedia, Routledge.
- Michael Bauer, Peter Möhle, et al. (2009).** Green Building: Guidebook for Sustainable Architecture, Springer.
- Mignon, O., F. Siard, et al. (2007).** Découvrir une église: guide du visiteur, les Éd. de l'atelier.
- Moffett, M., M. W. Fazio, et al. (2003).** A world history of architecture London, Laurence King Publishing LTD.

- Moon, P. et D. E. Spencer (1942).** "Illumination from a nonuniform sky. ." Illuminating engineering 37: 707-726.
- Moore, F. (1991).** Concepts and practice of architectural daylighting, Van Nostrand Reinhold.
- Mouzhik. (2011).** "flickr." Retrieved 28 octobre 2010, from <http://www.flickr.com>.
- Muneer, T., C. Gueymard, et al. (2004).** Solar radiation & daylight models, Elsevier Butterworth Heinemann.
- Nakamura, H., M. Oki, et al. (1989).** "Luminance distribution of intermediate sky." Light Visual Environ 9: 6-13.
- Necipoğlu, G. et J. Bailey (2005 ).** Muqarnas: An Annual on the Visual Culture of the Islamic World, BRILL.
- Necipoğlu, G. et J. Bailey (2008).** Muqarnas: Frontiers of Islamic Art and Architecture: Essays in Celebration of Oleg Grabar's Eightieth Birthday, BRILL.
- Neils, J. (2005).** The Parthenon: from antiquity to the present
- Ninio, J. (1989).** L'empreinte des sens: la raison perceptive, O. Jacob.
- Norberg-Schulz, C. (1988).** Système logique de l'architecture, P. Mardaga.
- Norberg-Schulz, C. (1997).** Genius loci: paysage, ambiance, architecture, P. Mardaga.
- Oteiza, P. et P. I (2000).** Daylight reflectance and skylights Experimental study with models and real sky. Architecture, city, environment: proceedings of PLEA 2000 : July 2000, Cambridge, United Kingdom, James & James.
- Papadopoulo, A. (1988).** Le mihrāb dans l'architecture et la religion musulmanes: actes du colloque international tenu à Paris en mai 1980, E.J. Brill.
- Perez, R. et J. Michalsky (1993).** "All-Weather model for sky luminance distribution, Preliminary configuration and validation." Solar Energy 50: 235-245.
- Petersen, A. (2002).** Dictionary of Islamic Architecture, Taylor and Francis.
- Petruccioli, A., A. P. K. K. Pirani, et al. (2002).** Understanding Islamic Architecture, RoutledgeCurzon.
- Phillips, D. (1997).** Lighting historic buildings, McGraw-Hill.
- Phillips, D. (2004).** Daylighting: natural light in architecture, Architectural Press.
- Pictures, R. F., R. F. Photos, et al. "N-MAGINE Imagine the Difference."** Retrieved 15 août 2010 01:11:17 GMT, from <http://www.inmagine.com>.
- Pile, J. F. ( 2005 ).** A history of interior design. London, Laurence King Publishing Ltd.

- Rammant-Peeters, A. (1983).** Les pyramidions égyptiens du Nouvel empire. Leuven, Peeters
- Rasmussen, S. E. (1964 ).** Experiencing architecture, Cambridge: MIT Press.
- Reiter, S. et A. De Herde (2004).** L'éclairage naturel des bâtiments, Presses universitaires de Louvain.
- Richardson, P. (2004).** New Sacred Architecture, Laurence King.
- Robinson, F. (1999).** The Cambridge illustrated history of the Islamic world. London, Cambridge University Press.
- Roy, G., S. Hayman, et al. (1998).** "Sky Modeling from Digital Imagery." ARC Project NO. A89530177(Sidney: The University of Sidney & Murdoch university).
- Saint-Martin, F. (1987).** Sémiologie du langage visuel, Presses de l'Université du Québec.
- Scartezzini, J. (1994).** Laboratoire de lumière naturelle: Programme interdisciplinaire LUMEN : "Lumière naturelle et énergétique du bâtiment"; Project OFEN, LESO-PB.
- Seringe, P.-M. (2003).** Les symboles dans l'art, dans les religions et dans la vie de tous les jours, Sum.
- Serra, R. (1998).** Daylighting. Architecture: comfort and energy, Elsevier: 234.
- Shyqeriu, B. (2009).** Synergic Spaces – Mosque. Berlin, Anhalt University of applied Sciences DIA. Master.
- Smith, D. L. (2011).** Environmental Issues for Architecture, Wiley.
- Spiro. (2011).** "flickr." consultée 31 octobre , 2011, from <http://www.flickr.com>.
- Stegers, R. et D. Baumann (2008).** Sacred buildings: a design manual, Birkhauser.
- Stierlin, H. (1979).** Architecture de l'Islam: de l'Atlantique au Gange, Office du Livre.
- Szokolay, S. (2008).** Introduction to architectural science: the basis of sustainable design, Elsevier/Architectural Press.
- Tamesguida. (2011).** "flickr." consultée 01 Octobre 2011, from <http://www.flickr.com>.
- Thanachareonkit, A. (2008).** Comparing Physical and Virtual Methods for Daylight Performance Modelling Including Complex Fenestration Systems Suisse, École Polytechnique Fédérale De Lausanne. DOCTEUR ÈS SCIENCES.
- Viollet-le-Duc, E. (1861).** Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XIe au XVIe siècle, B. Bance.
- Von Meiss, P., K. Frampton, et al. (1993).** De la forme au lieu: une introduction à l'étude de l'architecture, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes.

- Watkin, D. (2005).** A history of Western architecture. London, Lurence King Publishing.
- Wijdan, A. (1999 ).** The Arab Contribution to Islamic Art: From the Seventh to the Fifteenth Centuries Egypt, The American University in Cairo Press.
- Wilson, C. S. J. et S. Anderson (2009 ).** The Oxford companion to architecture Oxford University Press.
- Winter, M. et A. Levanoni (2004).** The Mamluks in Egyptian and Syrian politics and society, Brill.
- Yeomans, R. (2006).** The art and architecture of Islamic Cairo. Lebanon, Garnet Publishing Limited.
- Yusheng, L. (2010).** "Figure/Ground:Architecture+Travel Photography." Retrieved 31 octobre , 2010, from <http://figure-ground.com>.
- Zebar, Z. (2011).** "flickr." consultée 01 Octobre 2011, from <http://www.flickr.com>.
- Zunde, J. M. et H. Bougdah (2006).** Integrated Strategies in Architecture, Taylor & Francis Group.
- Zuppiroli, L., M.-N. Bussac, et al. (2009).** Traité de la lumière. Genève, PPUR presses polytechniques.

**Table des Figures :**

<b>Chapitre 1 : Lumière et espaces culturels</b> .....	6
<b>Figure 1</b> : Les claires-voies du grand temple d'Amon à Karnak, Egypte (1530-323 avant JC).....	8
<b>Figure 2</b> : Directeurs de lumière dans le temple d'Horus à Edfou, Egypte (237-57 avant JC).....	8
<b>Figure 3</b> : Grand Temple d'Amon, à Karnak, en Egypte (1530-323 avant JC). Plan, coupe et détail de la salle hypostyle indiquant comment la lumière intense du soleil.....	9
<b>Figure 4</b> : façade Est du Parthénon, sous construction, 2002. Photo: K. Schwab. ....	10
<b>Figure 5</b> : La façade Est du Parthénon, Le Parthénon, Athènes. Les colonnes fortement cannelées et le bas relief de la frise exploitent la lumière du soleil directe et oblique pour animer l'architecture. ....	10
<b>Figure 6</b> : La coupole qui mesure 43m de diamètre est percée d'une ouverture centrale circulaire (oculus), qui constitue le seul éclairage naturel du temple. La rotonde mesure 58m de diamètre extérieur, elle est entièrement aveugle. L'intérieur est orné de colonnades, niches et petites constructions qui donnent, sous la lumière de l'oculus, du rythme à la construction circulaire.....	11
<b>Figure 7</b> : L'édifice gothique dont l'un des exemples les plus lumineux la Sainte Chapelle à Paris est fait pour capter cette lumière divine,.....	12
<b>Figure 8</b> : La lumière divine dans un temple thaïlandais, des faisceaux lumineux pénètrent à l'intérieur du temple et illuminent les statuts des divinités.....	12
<b>Figure 9</b> : La coupole centrale, haute de 56m, repose sur quatre larges piliers ; elle est contrebutée par deux demi-coupoles. ....	13
<b>Figure 10</b> : Vue intérieure vers l'abside de la basilique Sainte-Sophie. On remarque les voûtes en cul-de-four et deux des quatre pendentifs sur lesquels repose la coupole.....	13
<b>Figure 11</b> : La coupole de Sainte-Sophie a un diamètre de 32 mètres et culmine à 65 mètres de hauteur. On voit ici l'amorce des deux demi-coupoles. ....	13
<b>Figure 12</b> : Le sanctuaire musulman doit toute sa beauté à l'articulation contrastée de ces mêmes éléments, à savoir l'hémisphère de la coupole sur son tambour circulaire et l'octogone cristallin qui l'entoure. ....	14
<b>Figure 13</b> : Vue du rocher sacré, prise du côté est de la galerie à la base du dôme. La lumière tombe .....	14
<b>Figure 14</b> : Le dôme du Rocher, vue intérieur depuis le Nord, Les murs de l'octogone, désormais ornée de carreaux Turques de céramique, étaient autrefois recouverts de mosaïques. Quatre.....	14
<b>Figure 15</b> : L'effet des faisceaux lumineux guidés dans toutes les directions, à travers les colonnes, inondant l'espace intérieur.....	15
<b>Figure 16</b> : Le développement et la multiplication des cellules muqarnas accentuent le jeu de la lumière du jour par leur fonction dans la réflexion et la réfraction.....	15
<b>Figure 17</b> : Vue intérieur de la Mezquita ou Mosquée de Cordoue, à l'origine un bâtiment islamique, qui contient maintenant une cathédrale chrétienne, site du patrimoine mondial de l'UNESCO, Cordoue, Andalousie (Andalousie), Espagne, Europe. ....	15
<b>Figure 18</b> : Les portiques forment une succession d'arcs à peine outrepassés dont les intervalles sont percés d'une fenêtre reproduisant le même dessin. ....	16
<b>Figure 19</b> : Fenêtre grillagée avec des arabesques en stuc à la mosquée d'Ibn Touloun adoucissant et laissant s'infiltrer, à travers, la lumière du jour.....	16
<b>Figure 20</b> : Mosquée Ibn Touloun, plafond intérieur du sabil (Fontaine d'ablution), au centre de la cour se trouve un dôme.....	16
<b>Figure 21</b> : Intérieur du sanctuaire de la mosquée du Shah, Ispahan, l'art de cette période étant surtout connu par ses manuscrits à peintures et un raffinement, très exceptionnel dans les coloris.....	17
<b>Figure 22</b> : La salle de prière d'hiver de la mosquée du Shah, dominée par une coupole. Les différentes parties.....	17

<b>Figure 23</b> : Coupole intérieure du sanctuaire de la mosquée du Shah, Ispahan. Tapissée de faïence coupée à la main. ....	17
<b>Figure 24</b> : L'intérieur de la mosquée Taj Mahal, en grès avec une porte de marbre le matériau est ici d'une très belle qualité. ....	18
<b>Figure 25</b> : La mosquée au sein du complexe du Taj Mahal. Il ya deux mosquées miroir sur les côtés du mausolée. ....	18
<b>Figure 26</b> : Plafond de la mosquée Taj Mahal, en grès décorée de marbre et d'incrustations florales, Typiques de Shah Jahan, les colonnettes d'angles ....	18
<b>Figure 27</b> : Le plafond complexe de Mosquée du Sultan Ahmed. ....	19
<b>Figure 28</b> : Les 21043 carreaux de faïence bleue -vert, des XVI et XVII siècles, revêtent murs et piliers jusqu'à un tiers de la hauteur, où tulipes, roses, œillets, lilas et autres ornements composent des nuances de tons d'une variété infinie. ....	19
<b>Figure 29</b> : Cet ensemble d'une beauté rare et d'une harmonie parfaite est particulièrement bien mis en valeur par l'ornementation intérieure à dominance bleue. ....	19
<b>Figure 30</b> : La cour adjacente à la salle de prière constitue une amené de la lumière naturelle. ....	20
<b>Figure 31</b> : Les fenêtres jumelées au fond de la travée, éclaire l'espace intérieur. ....	20
<b>Figure 32</b> : Les fenêtres à vitres colorées en haut du mihrab, embellissent et illuminent la zone du mihrab. ....	20
<b>Figure 33</b> : La rangée des fenêtres sur le mur du pignon apportent un éclairage haut à la salle de prière. ....	20
<b>Figure 34</b> : L'église de Le Corbusier à Ronchamp. La lumière change de couleur à travers les fenêtres colorées dans l'épaisseur des murs. ....	21
<b>Figure 35</b> : vingt sept fenêtres animent l'impressionnant mur sud, photographiés lors de conditions de ciel clair. Le mur sud est percé d'une série de pyramides tronquées qui apportent avec une grande subtilité la lumière colorée par les vitraux. ....	21
<b>Figure 36</b> : Un espace interstitiel entre les murs et la voûte de béton permet à la lumière de passer ce qui allège visuellement la masse du couvrement. ....	21
<b>Figure 37</b> : Les modèles de grille en fonte asymétrique traverse le long de la paroi intérieure, ce qui rend l'espace blanc un spectacle de lumière et d'ombre. ....	22
<b>Figure 38</b> : L'église de Meier montre une grande considération à la puissance de la lumière dans l'espace sacré, bien que la structure est lourde, en réalité, l'abondance de la lumière allège l'espace et permet son élévation. ....	22
<b>Figure 39</b> : Faite de béton, marbre et verre, l'église de Richard Meier célèbre la lumière naturelle dans le bâtiment. La lumière pénètre par le haut et par les découpes dans les murs latéraux. ....	22
<b>Chapitre 2 : Développement d'un modèle de l'éclairage naturel</b> .....	25
<b>Figure 40</b> : Le modèle en intégrant les différentes réflexions. ....	26
<b>Figure 41</b> : Modèle conceptuel : source-trajet-cible. ....	26
<b>Figure 43</b> : Les sources de la lumière naturelles. ....	27
<b>Figure 42</b> : Le modèle de la baie et de la Composante Réfléchie Interne. ....	27
<b>Figure 44</b> : les deux angles solaires ; L'azimut et l'altitude. ....	28
<b>Figure 45</b> : Masse atmosphérique traversée en fonction de latitude. ....	29
<b>Figure 46</b> : Altération et bilan du rayonnement solaire. ....	30
<b>Figure 47</b> : photos de ciel illustrant la distribution de luminosité pour (a) ciel clair, (b) ciel partiellement couvert, et (c) ciel entièrement couvert. ....	30
<b>Figure 48</b> : Quatre types de ciels standards ont été établis pour les études d'éclairage. ....	32
<b>Figure 50</b> : Résumé des différentes provenances de la lumière naturelle dans le bâtiment. ....	33
<b>Figure 49</b> : Bâtiment en vis-à-vis constituant un à la lumière directe pour les étages inférieurs. ....	33
<b>Figure 51</b> : Modèle récapitulatif concernant les sources de la lumière naturelle. ....	34
<b>Figure 52</b> : Les composantes de l'éclairage naturel ; les composantes de passage et les composantes de conduction. ....	35
<b>Figure 53</b> : Les trois types de base de la composante de passage. ....	36

<b>Figure 54</b> : Les caractéristiques géométriques des composantes de passage, le cas de la composante zénithale. ....	36
<b>Figure 55</b> : Les cinq éléments de contrôle relatifs à la composante de passage latérale. ....	37
<b>Figure 56</b> : Le modèle basique de la baie. ....	40
<b>Figure 57</b> : Les différentes réflexions par les surfaces intérieures telles que le plafond, les murs, le plancher et les meubles. ....	41
<b>Figure 58</b> : Les processus d'absorption, de réflexion et de transmission, qui se produisent lorsque la lumière frappe une surface ou une couche de matériau. ....	42
<b>Figure 59</b> : Les qualités de la lumière en fonction des caractéristiques des surfaces. ....	43
<b>Figure 60</b> : Les quatre modes de réflexion de la lumière. ....	44
<b>Figure 61</b> : Les quatre modes de réflexion de la lumière. ....	45
<b>Figure 62</b> : L'effet de la courbure. ....	46
<b>Figure 63</b> : L'effet de la linéarité. ....	46
<b>Figure 64</b> : L'effet de la verticalité. ....	46
<b>Figure 65</b> : L'effet de l'inclinaison. ....	46
<b>Figure 66</b> : La luminance (L). ....	47
<b>Figure 67</b> : L'influence de la texture sur la direction de la lumière réfléchie. ....	48
<b>Figure 68</b> : La décomposition de la lumière blanche. ....	49
<b>Figure 69</b> : Zone de confort B (en blanc) en fonction de la température de couleur et du niveau d'éclairage. ....	50
<b>Figure 70</b> : Diagramme des teintes, saturation et valeur. ....	51
<b>Figure 71</b> : Le modèle basique de la composante réfléchie interne. ....	52
<b>Figure 72</b> : L'angle de réflexion diffère avec la forme de la surface sur laquelle tombe la lumière : a) plane, b) convexe (comportement divergeant), c) concave (comportement convergeant). ....	52
<b>Figure 73</b> : Les trois états de la texture : a) rugueuse, b) intermédiaire, c) lisse. ....	53
<b>Figure 74</b> : Les deux variations extrêmes de la couleur : a) foncée, b) claire. ....	53
<b>Figure 75</b> : Les deux formes principales des éléments de division : a) continue, b) discontinue. ....	53
<b>Figure 76</b> : Le modèle de l'éclairage naturel basé sur la baie et la composante réfléchie interne. ....	54
<b>Chapitre 3 : L'éclairage naturel dans les mosquées</b> .....	55
<b>Figure 77</b> : Les principaux éléments de la mosquée. ....	57
<b>Figure 78</b> : Aperçu schématique des quatre types de mosquées: La mosquée Arabe hypostyle (1), la mosquée Persane .....	63
<b>Figure 79</b> : Djama'a al-Kebir d'Alger, plan et vue sur la salle de prière de forme rectangulaire divisée par des piliers et des arcs outrepassés. ....	67
<b>Figure 80</b> : Djama'a Ali Bitchine d'Alger, plan et vue sur la salle de prière, carrée, est couverte d'une coupole et entourée de galeries simples sur les côtés. ....	68
<b>Figure 81</b> : Le plan de la Grande Mosquée de Constantine. ....	70
<b>Figure 82</b> : La salle de prière de la Grande Mosquée de Constantine. ....	70
<b>Figure 83</b> : Mihrab décoré de claustra dont le vitrail et d'un décor géométrique varié. ....	71
<b>Figure 84</b> : Détail du claustra du mihrab. ....	71
<b>Figure 85</b> : Claustrum du mur sud, à droite du mihrab. ....	71
<b>Figure 86</b> : Claustrum du mur correspondant à la première travée. ....	71
<b>Figure 87</b> : Claustrum du mur est correspondant à la dernière travée. ....	71
<b>Figure 88</b> : Claustrum du mur nord. ....	71
<b>Figure 89</b> : Arcature décorée du mur sud. ....	71
<b>Figure 90</b> : Arcature décorée du mur ouest. ....	71
<b>Figure 91</b> : Fenêtre correspondante à la cinquième travée. ....	72
<b>Figure 92</b> : Plan de la Grande Mosquée de Nédroma. ....	73
<b>Figure 93</b> : vue aérienne montrant la cour intérieure de la Grande Mosquée de Nédroma. ....	74

<b>Figure 94</b> : Vue sur la cour de la Grande Mosquée de Nédroma. ....	74
<b>Figure 95</b> : Vue sur la cour depuis une porte à moitié condamnée, de la Grande Mosquée de Nédroma. ....	74
<b>Figure 96</b> : Vue sur une porte de la cour, à l'intérieur de la salle de prière de la Grande Mosquée de Nédroma. ....	74
<b>Figure 97</b> : Vue sur une galerie latérale, à l'intérieur de la salle de prière de la Grande Mosquée de Nédroma. ....	74
<b>Figure 98</b> : La fenêtre à profil variable, la 1ère à gauche du mihrab, la Grande Mosquée de Nédroma. ....	75
<b>Figure 99</b> : Les fenêtres de la galerie précédant la cour, la Grande Mosquée de Nédroma. ....	75
<b>Figure 100</b> : La fenêtre à profil variable, correspondante à la travée intermédiaire (entre la cour et le mihrab). ....	75
<b>Figure 101</b> : La fenêtre à profil variable, la travée correspondante au mur du mihrab, la Grande Mosquée de Nédroma. ....	75
<b>Figure 102</b> : Les trois fenêtres aveugles en haut du mihrab, la Grande Mosquée de Nédroma. ....	76
<b>Figure 103</b> : Détail d'un claustrum, en haut du mihrab, la Grande Mosquée de Nédroma. ....	76
<b>Figure 104</b> : La coupole précédant le mihrab, la Grande Mosquée de Nédroma. ....	76
<b>Figure 105</b> : Plan de la Grande Mosquée de Tlemcen. ....	78
<b>Figure 106</b> : L'enceinte de la Grande Mosquée de Tlemcen, vue de ciel. ....	78
<b>Figure 107</b> : Vue sur le sahn de la Grande Mosquée de Tlemcen. ....	79
<b>Figure 108</b> : La coupole devant le mihrab de la Grande Mosquée de Tlemcen, décorée de stalactites (muqarnas). ....	79
<b>Figure 109</b> : La salle de prière de la Grande Mosquée de Tlemcen, décorée de stalactites (muqarnas). ....	79
<b>Figure 110</b> : Ouverture à profil variable au niveau du mur de pignon, la salle de prière de la Grande Mosquée de Tlemcen. ....	80
<b>Figure 111</b> : La face extérieure de l'ouverture à profil variable au niveau du mur de pignon, la salle de prière de la Grande Mosquée de Tlemcen. ....	80
<b>Figure 112</b> : Ouvertures intérieures de la salle de prière de la Grande Mosquée de Tlemcen. ....	80
<b>Figure 113</b> : Ouvertures à l'intérieures de la salle de prière de la Grande Mosquée de Tlemcen. ....	80
<b>Figure 114</b> : La face extérieure des ouvertures de la coupole devant le mihrab de la Grande Mosquée de Tlemcen. ....	81
<b>Figure 115</b> : Les claustras du mihrab de la Grande Mosquée de Tlemcen. ....	81
<b>Figure 116</b> : détail du claustra qui orne le cadre du mihrab de la Grande Mosquée de Tlemcen. ....	81
<b>Figure 117</b> : Mosquée hypostyle à salle de prière hypostyle et toiture plate. ....	86
<b>Figure 118</b> : Mosquée hypostyle à salle de prière hypostyle et toiture pyramidale. ....	86
<b>Figure 119</b> : Plan de la Mosquée Ayn El-Beida de Mascara. ....	88
<b>Figure 120</b> : La face extérieure des ouvertures, la salle de prière de la Mosquée Ayn El-Beida de Mascara. ....	88
<b>Figure 121</b> : Vue sur la salle de prière de la Mosquée Ayn El-Beida de Mascara. ....	88
<b>Figure 122</b> : Vue sur le mur du mihrab et la coupole, la salle de prière de la Mosquée Ayn El-Beida de Mascara. ....	88
<b>Figure 123</b> : Plan de la Mosquée Salâh Bey d'Annaba. ....	90
<b>Figure 124</b> : Vue sur la Mosquée Salâh Bey d'Annaba. ....	90
<b>Figure 125</b> : Vue intérieur sur la salle de prière de la Mosquée Salâh Bey d'Annaba. ....	90
<b>Figure 126</b> : Vue intérieur sur la salle de prière de la Mosquée Salâh Bey d'Annaba. ....	90
<b>Figure 127</b> : Vue sur le mur du mihrab et la coupole, la salle de prière de la Mosquée Ayn El-Beida de Mascara. ....	91
<b>Figure 128</b> : Vue sur le mur du mihrab et la coupole, la salle de prière de la Mosquée Ayn El-Beida de Mascara. ....	91
<b>Figure 129</b> : Vue sur le mur du mihrab et la coupole, la salle de prière de la Mosquée Ayn El-Beida de Mascara. ....	91
<b>Figure 130</b> : Vue sur le mur du mihrab et la coupole, la salle de prière de la Mosquée Ayn El-Beida de Mascara. ....	91
<b>Figure 131</b> : Plan de la Mosquée Safir d'Alger. ....	93
<b>Figure 132</b> : Vue extérieure du côté du mur du mihrab de la Mosquée Safir d'Alger. ....	93

<b>Figure 133</b> : Coupe sur la salle de prière de la Mosquée Safir d'Alger.....	93
<b>Figure 134</b> : Vue sur la salle de prière de la Mosquée Safir d'Alger.....	94
<b>Figure 135</b> : Vue sur la salle de prière de la Mosquée Safir d'Alger.....	94
<b>Figure 136</b> : Vue sur la salle de prière de la Mosquée Safir d'Alger.....	94
<b>Figure 137</b> : Vue sur la salle de prière de la Mosquée Safir d'Alger.....	94
<b>Figure 138</b> : Mosquée ottomane à salle de prière à coupole centrale et galeries limitrophes.....	99
<b>Figure 139</b> : Mosquée ottomane à salle de prière à coupole centrale, galeries limitrophes et coupolettes.....	99
<b>Chapitre 4 : Radiance outil de la simulation de l'éclairage naturel.....</b>	<b>101</b>
<b>Figure 140</b> : Interface d'Ecotect montrant la 3d de la Grande Mosquée de Nédroma.....	104
<b>Figure 141</b> : les zones correspondantes aux matériaux de la simulation.....	104
<b>Figure 142</b> : Les caractéristiques du matériau tapis.....	104
<b>Figure 143</b> : Les caractéristiques du matériau plâtre blanc.....	105
<b>Figure 144</b> : Les caractéristiques du matériau toiture.....	105
<b>Figure 145</b> : Les caractéristiques du matériau Boiserie.....	105
<b>Figure 146</b> : Les caractéristiques du matériau vitrage.....	106
<b>Figure 147</b> : Vue en plan de la 3d de la Grande Mosquée de Nédroma.....	106
<b>Figure 148</b> : l'interface du calcul d'Ecotect, exportation vers Radiance.....	107
<b>Figure 149</b> : Sélection du calcul des éclairagements.....	107
<b>Figure 151</b> : Spécification de la date et l'heur.....	108
<b>Figure 152</b> : Choix de la zone à simulée et des dimensions de l'image de sortie.....	108
<b>Figure 150</b> : La sélection du type de ciel.....	108
<b>Figure 153</b> : Les paramètres sélectionnés pour la qualité du rendu final.....	109
<b>Figure 154</b> : Spécification du dossier de sortie.....	109
<b>Figure 155</b> : Fenêtre de synthèse des paramètres de la simulation.....	110
<b>Figure 156</b> : Les données de la localisation et l'orientation du modèle de l'étude.....	110
<b>Figure 157</b> : La fenêtre de contrôle de l'ensemble des paramètres du rendu.....	111
<b>Figure 158</b> : La fenêtre indiquant le lancement du rendu.....	111
<b>Figure 159</b> : L'image brute sur image viewer.....	112
<b>Figure 160</b> : Niveaux d'éclairage affichés en cliquant au hasard sur l'image.....	112
<b>Figure 161</b> : Image montrant le courbes iso-lux.....	113
<b>Figure 162</b> : Image des bandes de contour.....	113
<b>Figure 163</b> : Image en fausses couleurs.....	113
<b>Figure 164</b> : Image des niveaux du FLJ.....	114
<b>Figure 165</b> : Image révélant la perception humaine des luminances.....	114
<b>Figure 166</b> : Rendu en caméra Fshe Eye.....	114
<b>Chapitre 5 : Les tests pilotes .....</b>	<b>121</b>
<b>Figure 167</b> : Réglage date, heurs, localisation.....	123
<b>Figure 168</b> : Réglage caméra conformément au champ visuel humain.....	123
<b>Figure 169</b> : Les valeurs utilisées pour la texture lisse, couleur claire.....	124
<b>Figure 170</b> : Les valeurs utilisées pour la texture intermédiaire, couleur claire.....	124
<b>Figure 171</b> : Les valeurs utilisées pour la texture rugueuse, couleur claire.....	124
<b>Figure 172</b> : Le modèle en trois dimensions.....	128
<b>Figure 173</b> : L'espace occupé par un prieur.....	129
<b>Figure 174</b> : Les sondes choisies pour les mesures de l'éclairage.....	129
<b>Figure 175</b> : Eclairage pour un prieur proche au moment de la prière d'El-Dhohr (couleur claire).....	130
<b>Figure 176</b> : Eclairage pour un prieur proche au moment de la prière d'El-Dhohr (couleur foncée).....	130
<b>Figure 177</b> : Eclairage pour un prieur proche au moment de la prière d'El-Dhohr (couleur claire et foncée).....	130

<b>Figure 178</b> : Eclairage pour un prieur lointain au moment de la prière d'El-Dhohr (couleur claire). .....	131
<b>Figure 179</b> : Eclairage pour un prieur lointain au moment de la prière d'El-Dhohr (couleur foncée). .....	131
<b>Figure 180</b> : Eclairage pour un prieur lointain au moment de la prière d'El-Dhohr (couleur claire et foncée). .....	132
<b>Figure 181</b> : Eclairage pour un prieur proche au moment de la prière d'El-Aasr (couleur claire). .....	133
<b>Figure 182</b> : Eclairage pour un prieur proche au moment de la prière d'El-Aasr (couleur foncée). .....	133
<b>Figure 183</b> : Eclairage pour un prieur proche au moment de la prière d'El-Aasr (couleur claire et foncée). .....	133
<b>Figure 184</b> : Eclairage pour un prieur lointain au moment de la prière d'El-Aasr (couleur claire). .....	134
<b>Figure 185</b> : Eclairage pour un prieur lointain au moment de la prière d'El-Aasr (couleur foncée). .....	134
<b>Figure 186</b> : Eclairage pour un prieur lointain au moment de la prière d'El-Aasr (couleur claire et foncée). .....	135
<b>Figure 187</b> : Eclairage pour un prieur proche aux deux moments de la prière (couleur claire et foncée)... ..	136
<b>Figure 188</b> : Eclairage pour un prieur lointain aux deux moments de la prière (couleur claire et foncée). ..	136
<b>Figure 189</b> : Luminance maximale pour un prieur debout et assis aux deux moments de la prière (couleur claire et foncée). .....	139
<b>Figure 190</b> : Luminance minimale pour un prieur debout et assis aux deux moments de la prière (couleur claire et foncée). .....	139
<b>Figure 191</b> : Eclairage pour un prieur proche au moment de la prière d'El-Dhohr (couleur claire). .....	141
<b>Figure 192</b> : Eclairage pour un prieur proche au moment de la prière d'El-Dhohr (couleur foncée). .....	141
<b>Figure 193</b> : Eclairage pour un prieur proche au moment de la prière d'El-Dhohr (couleur claire et foncée). .....	141
<b>Figure 194</b> : Eclairage pour un prieur lointain au moment de la prière d'El-Dhohr (couleur claire). .....	142
<b>Figure 195</b> : Eclairage pour un prieur lointain au moment de la prière d'El-Dhohr (couleur foncée). .....	142
<b>Figure 196</b> : Eclairage pour un prieur lointain au moment de la prière d'El-Dhohr (couleur claire et foncée). .....	143
<b>Figure 197</b> : Eclairage pour un prieur proche au moment de la prière d'El-Aasr (couleur claire). .....	144
<b>Figure 198</b> : Eclairage pour un prieur proche au moment de la prière d'El-Aasr (couleur foncée). .....	144
<b>Figure 199</b> : Eclairage pour un prieur proche au moment de la prière d'El-Aasr (couleur claire et foncée). .....	144
<b>Figure 200</b> : Eclairage pour un prieur lointain au moment de la prière d'El-Aasr (couleur claire). .....	145
<b>Figure 201</b> : Eclairage pour un prieur lointain au moment de la prière d'El-Aasr (couleur foncée). .....	145
<b>Figure 202</b> : Eclairage pour un prieur lointain au moment de la prière d'El-Aasr (couleur claire et foncée). .....	146
<b>Figure 203</b> : Eclairage pour un prieur proche aux deux moments de la prière (couleur claire et foncée).. ..	147
<b>Figure 204</b> : Eclairage pour un prieur lointain aux deux moments de la prière (couleur claire et foncée). ..	147
<b>Figure 205</b> : Luminance maximale pour un prieur debout et assis aux deux moments de la prière (couleur claire et foncée). .....	150
<b>Figure 206</b> : Luminance minimale pour un prieur debout et assis aux deux moments de la prière (couleur claire et foncée). .....	150
<b>Figure 207</b> : Eclairage pour un prieur proche au moment de la prière d'El-Dhohr (couleur claire). .....	152
<b>Figure 208</b> : Eclairage pour un prieur proche au moment de la prière d'El-Dhohr (couleur foncée). .....	152
<b>Figure 209</b> : Eclairage pour un prieur proche au moment de la prière d'El-Dhohr (couleur claire et foncée). .....	152
<b>Figure 210</b> : Eclairage pour un prieur lointain au moment de la prière d'El-Dhohr (couleur claire). .....	153
<b>Figure 211</b> : Eclairage pour un prieur lointain au moment de la prière d'El-Dhohr (couleur foncée). .....	153
<b>Figure 212</b> : Eclairage pour un prieur lointain au moment de la prière d'El-Dhohr (couleur claire et foncée). .....	154
<b>Figure 213</b> : Eclairage pour un prieur proche au moment de la prière d'El-Aasr (couleur claire). .....	155
<b>Figure 214</b> : Eclairage pour un prieur proche au moment de la prière d'El-Aasr (couleur foncée). .....	155
<b>Figure 215</b> : Eclairage pour un prieur proche au moment de la prière d'El-Aasr (couleur claire et foncée). .....	155
<b>Figure 216</b> : Eclairage pour un prieur lointain au moment de la prière d'El-Aasr (couleur claire). .....	156
<b>Figure 217</b> : Eclairage pour un prieur lointain au moment de la prière d'El-Aasr (couleur foncée). .....	156

<b>Figure 218</b> : Eclairage pour un prieur lointain au moment de la prière d'El-Aasr (couleur claire et foncée).	157
<b>Figure 219</b> : Eclairage pour un prieur proche aux deux moments de la prière (couleur claire et foncée)...	158
<b>Figure 220</b> : Eclairage pour un prieur lointain aux deux moments de la prière (couleur claire et foncée). ..	158
<b>Figure 221</b> : Luminance maximale pour un prieur debout et assis aux deux moments de la prière (couleur claire et foncée).....	161
<b>Figure 222</b> : Luminance minimale pour un prieur debout et assis aux deux moments de la prière (couleur claire et foncée).....	161
<b>Figure 223</b> : Eclairage pour un prieur proche au moment de la prière d'El-Dhohr (couleur claire). .....	163
<b>Figure 224</b> : Eclairage pour un prieur proche au moment de la prière d'El-Dhohr (couleur foncée).....	163
<b>Figure 225</b> : Eclairage pour un prieur proche au moment de la prière d'El-Dhohr (couleur claire et foncée). .....	163
<b>Figure 226</b> : Eclairage pour un prieur lointain au moment de la prière d'El-Dhohr (couleur claire). .....	164
<b>Figure 227</b> : Eclairage pour un prieur lointain au moment de la prière d'El-Dhohr (couleur foncée). .....	164
<b>Figure 228</b> : Eclairage pour un prieur lointain au moment de la prière d'El-Dhohr (couleur claire et foncée). .....	165
<b>Figure 229</b> : Eclairage pour un prieur proche au moment de la prière d'El-Aasr (couleur claire). .....	166
<b>Figure 230</b> : Eclairage pour un prieur proche au moment de la prière d'El-Aasr (couleur foncée). .....	166
<b>Figure 231</b> : Eclairage pour un prieur proche au moment de la prière d'El-Aasr (couleur claire et foncée). .....	166
<b>Figure 232</b> : Eclairage pour un prieur lointain au moment de la prière d'El-Aasr (couleur claire). .....	167
<b>Figure 233</b> : Eclairage pour un prieur lointain au moment de la prière d'El-Aasr (couleur foncée).....	167
<b>Figure 234</b> : Eclairage pour un prieur lointain au moment de la prière d'El-Aasr (couleur claire et foncée). .....	168
<b>Figure 235</b> : Eclairage pour un prieur proche aux deux moments de la prière (couleur claire et foncée)...	169
<b>Figure 236</b> : Eclairage pour un prieur lointain aux deux moments de la prière (couleur claire et foncée). ..	169
<b>Figure 237</b> : Luminance maximale pour un prieur debout et assis aux deux moments de la prière (couleur claire et foncée).....	172
<b>Figure 238</b> : Luminance minimale pour un prieur debout et assis aux deux moments de la prière (couleur claire et foncée).....	172
<b>Figure 239</b> : Les sondes choisies pour les mesures de l'éclairage. ....	174
<b>Figure 240</b> : Eclairage pour un prieur proche au moment de la prière d'El-Dhohr (couleur claire). .....	175
<b>Figure 241</b> : Eclairage pour un prieur proche au moment de la prière d'El-Dhohr (couleur foncée).....	175
<b>Figure 242</b> : Eclairage pour un prieur proche au moment de la prière d'El-Dhohr (couleur claire et foncée). .....	175
<b>Figure 243</b> : Eclairage pour un prieur lointain au moment de la prière d'El-Dhohr (couleur claire). .....	177
<b>Figure 244</b> : Eclairage pour un prieur lointain au moment de la prière d'El-Dhohr (couleur foncée). .....	177
<b>Figure 245</b> : Eclairage pour un prieur lointain au moment de la prière d'El-Dhohr (couleur claire et foncée). .....	177
<b>Figure 246</b> : Eclairage pour un prieur proche au moment de la prière d'El-Aasr (couleur claire). .....	179
<b>Figure 247</b> : Eclairage pour un prieur proche au moment de la prière d'El-Aasr (couleur foncée). .....	179
<b>Figure 248</b> : Eclairage pour un prieur proche au moment de la prière d'El-Aasr (couleur claire et foncée). .....	179
<b>Figure 249</b> : Eclairage pour un prieur lointain au moment de la prière d'El-Aasr (couleur claire). .....	181
<b>Figure 250</b> : Eclairage pour un prieur lointain au moment de la prière d'El-Aasr (couleur foncée).....	181
<b>Figure 251</b> : Eclairage pour un prieur lointain au moment de la prière d'El-Aasr (couleur claire et foncée). .....	181
<b>Figure 252</b> : Eclairage pour un prieur proche aux deux moments de la prière (couleur claire et foncée)...	183
<b>Figure 253</b> : Eclairage pour un prieur lointain aux deux moments de la prière (couleur claire et foncée). ..	183
<b>Figure 254</b> : Luminance maximale pour un prieur debout et assis aux deux moments de la prière (couleur claire et foncée).....	186
<b>Figure 255</b> : Luminance minimale pour un prieur debout et assis aux deux moments de la prière (couleur claire et foncée).....	186

<b>Figure 256</b> : Eclairage pour un prieur proche au moment de la prière d'El-Dohr (couleur claire).....	188
<b>Figure 257</b> : Eclairage pour un prieur proche au moment de la prière d'El-Dohr (couleur foncée).....	188
<b>Figure 258</b> : Eclairage pour un prieur proche au moment de la prière d'El-Dohr (couleur claire et foncée). .....	188
<b>Figure 259</b> : Eclairage pour un prieur lointain au moment de la prière d'El-Dohr (couleur claire). ....	190
<b>Figure 260</b> : Eclairage pour un prieur lointain au moment de la prière d'El-Dohr (couleur foncée). ....	190
<b>Figure 261</b> : Eclairage pour un prieur lointain au moment de la prière d'El-Dohr (couleur claire et foncée). .....	190
<b>Figure 262</b> : Eclairage pour un prieur proche au moment de la prière d'El-Aasr (couleur claire). ....	192
<b>Figure 263</b> : Eclairage pour un prieur proche au moment de la prière d'El-Aasr (couleur foncée). ....	192
<b>Figure 264</b> : Eclairage pour un prieur proche au moment de la prière d'El-Aasr (couleur claire et foncée). ....	192
<b>Figure 265</b> : Eclairage pour un prieur lointain au moment de la prière d'El-Aasr (couleur claire).....	194
<b>Figure 266</b> : Eclairage pour un prieur lointain au moment de la prière d'El-Aasr (couleur foncée).....	194
<b>Figure 267</b> : Eclairage pour un prieur lointain au moment de la prière d'El-Aasr (couleur claire et foncée). .....	194
<b>Figure 268</b> : Eclairage pour un prieur proche aux deux moments de la prière (couleur claire et foncée)...	196
<b>Figure 269</b> : Eclairage pour un prieur lointain aux deux moments de la prière (couleur claire et foncée). ..	196
<b>Figure 270</b> : Luminance maximale pour un prieur debout et assis aux deux moments de la prière (couleur claire et foncée).....	199
<b>Figure 271</b> : Luminance minimale pour un prieur debout et assis aux deux moments de la prière (couleur claire et foncée).....	199
<b>Figure 272</b> : Eclairage pour un prieur proche au moment de la prière d'El-Dohr (section ronde).....	201
<b>Figure 273</b> : Eclairage pour un prieur proche au moment de la prière d'El-Dohr (section carrée).....	201
<b>Figure 274</b> : Eclairage pour un prieur proche au moment de la prière d'El-Dohr (sans division, section ronde, section carrée).....	202
<b>Figure 275</b> : Eclairage pour un prieur lointain au moment de la prière d'El-Dohr (section ronde). ....	203
<b>Figure 276</b> : Eclairage pour un prieur lointain au moment de la prière d'El-Dohr (section carrée). ....	203
<b>Figure 277</b> : Eclairage pour un prieur lointain au moment de la prière d'El-Dohr (sans division, section ronde, section carrée).....	204
<b>Figure 278</b> : Eclairage pour un prieur proche au moment de la prière d'El-Aasr (section ronde).....	205
<b>Figure 279</b> : Eclairage pour un prieur proche au moment de la prière d'El-Aasr (couleur carrée).....	205
<b>Figure 280</b> : Eclairage pour un prieur proche au moment de la prière d'El-Aasr (sans division, section ronde, section carré).....	206
<b>Figure 281</b> : Eclairage pour un prieur lointain au moment de la prière d'El-Aasr (section ronde).....	207
<b>Figure 282</b> : Eclairage pour un prieur lointain au moment de la prière d'El-Aasr (section carrée).....	207
<b>Figure 283</b> : Eclairage pour un prieur lointain au moment de la prière d'El-Aasr (sans division, section ronde, section carrée).....	208
<b>Figure 284</b> : Eclairage pour un prieur proche aux deux moments de la prière (sans division, section ronde, section carrée).....	209
<b>Figure 285</b> : Eclairage pour un prieur lointain aux deux moments de la prière (couleur claire et foncée). ..	209
<b>Figure 286</b> : Luminance maximale pour un prieur debout et assis aux deux moments de la prière (toutes configurations).....	212
<b>Figure 287</b> : Luminance minimale pour un prieur debout et assis aux deux moments de la prière (toutes configurations).....	212
<b>Chapitre 6 : La mosquée à salle de prière hypostyle</b> .....	215
<b>Figure 288</b> : le modèle en trois dimensions. ....	215
<b>Figure 289</b> : Les sondes choisies pour les mesures de l'éclairage. ....	216

<b>Figure 290</b> : Les sondes choisies pour les mesures de luminance.....	217
<b>Figure 291</b> : Mosquée Sidi Okba à Biskra.....	217
<b>Figure 292</b> : Djamaa el Kebir ou la grande mosquée de Tlemcen.....	217
<b>Figure 293</b> : Le plan et deux coupes sur le modèle de la mosquée à salle de prière hypostyle et à toiture plate. .....	218
<b>Figure 294</b> : Eclairage pour les trois positions du prieur, le cas de la division horizontale sans claustra. ....	220
<b>Figure 295</b> : Eclairage pour les trois positions du prieur, le cas de la division verticale sans claustra. ....	220
<b>Figure 296</b> : Eclairage pour les trois positions du prieur, le cas de la division horizontale avec claustra. ....	221
<b>Figure 297</b> : Eclairage pour les trois positions du prieur, le cas de la division verticale avec claustra. ....	221
<b>Figure 298</b> : Eclairage pour les trois positions du prieur, le cas de la division horizontale sans claustra. ....	221
<b>Figure 299</b> : Eclairage pour les trois positions du prieur, le cas de la division verticale sans claustra. ....	222
<b>Figure 300</b> : Eclairage pour les trois positions du prieur, le cas de la division horizontale avec claustra. ....	222
<b>Figure 301</b> : Eclairage pour les trois positions du prieur, le cas de la division verticale avec claustra. ....	222
<b>Figure 302</b> : Eclairage pour les quatre cas du modèle A1 et les trois positions d'un prieur proche.....	223
<b>Figure 303</b> : Eclairage pour les quatre cas du modèle A1 et les trois positions d'un prieur au milieu. ....	224
<b>Figure 304</b> : Eclairage pour les quatre cas du modèle A1 et les trois positions d'un prieur lointain. ....	224
<b>Figure 305</b> : Eclairage pour les quatre cas du modèle A1 et les trois positions d'un prieur proche.....	224
<b>Figure 306</b> : Eclairage pour les quatre cas du modèle A1 et les trois positions d'un prieur au milieu. ....	225
<b>Figure 307</b> : Eclairage pour les quatre cas du modèle A1 et les trois positions d'un prieur lointain. ....	225
<b>Figure 308</b> : Eclairage pour les quatre cas du modèle A1, les deux moments de la prière pour un prieur proche.....	226
<b>Figure 309</b> : Eclairage pour les quatre cas du modèle A1, les deux moments de la prière pour un prieur au milieu. ....	227
<b>Figure 310</b> : Eclairage pour les quatre cas du modèle A1, les deux moments de la prière pour un prieur lointain. ....	227
<b>Figure 311</b> : Luminance maximale pour un prieur proche, debout et assis aux deux moments de la prière (division horizontale et verticale). ....	232
<b>Figure 312</b> : Luminance maximale pour un prieur au milieu, debout et assis aux deux moments de la prière (division horizontale et verticale). ....	232
<b>Figure 313</b> : Luminance maximale pour un prieur lointain, debout et assis aux deux moments de la prière (division horizontale et verticale). ....	233
<b>Figure 314</b> : Luminance minimale pour un prieur proche, debout et assis aux deux moments de la prière (division horizontale et verticale). ....	233
<b>Figure 315</b> : Luminance minimale pour un prieur au milieu, debout et assis aux deux moments de la prière (division horizontale et verticale). ....	234
<b>Figure 316</b> : Luminance minimale pour un prieur lointain, debout et assis aux deux moments de la prière (division horizontale et verticale). ....	234
<b>Figure 317</b> : Le plan et deux coupes sur le modèle de la mosquée à salle de prière hypostyle et à toiture pyramidale. ....	236
<b>Figure 318</b> : Eclairage pour les trois positions du prieur, le cas de la division horizontale. ....	238
<b>Figure 319</b> : Eclairage pour les trois positions du prieur, le cas de la division verticale. ....	238
<b>Figure 320</b> : Eclairage pour les trois positions du prieur, le cas de la division horizontale. ....	238
<b>Figure 321</b> : Eclairage pour les trois positions du prieur, le cas de la division verticale. ....	239
<b>Figure 322</b> : Eclairage pour les deux cas du modèle A2 et les trois positions d'un prieur proche. ....	240
<b>Figure 323</b> : Eclairage pour les deux cas du modèle A2 et les trois positions d'un prieur au milieu.....	240
<b>Figure 324</b> : Eclairage pour les deux cas du modèle A2 et les trois positions d'un prieur lointain.....	240
<b>Figure 325</b> : Eclairage pour les quatre cas du modèle A2 et les trois positions d'un prieur proche. ....	241
<b>Figure 326</b> : Eclairage pour les deux cas du modèle A2 et les trois positions d'un prieur au milieu.....	241
<b>Figure 327</b> : Eclairage pour les deux cas du modèle A2 et les trois positions d'un prieur lointain.....	241
<b>Figure 328</b> : Eclairage pour les deux cas du modèle A2, les deux moments de la prière pour un prieur proche.....	242

<b>Figure 329</b> : Eclairage pour les quatre cas du modèle A2, les deux moments de la prière pour un prieur au milieu. ....	243
<b>Figure 330</b> : Eclairage pour les deux cas du modèle A2, les deux moments de la prière pour un prieur lointain. ....	243
<b>Figure 331</b> : Luminance maximale pour un prieur proche, debout et assis aux deux moments de la prière (division horizontale et verticale). ....	246
<b>Figure 332</b> : Luminance maximale pour un prieur au milieu, debout et assis aux deux moments de la prière (division horizontale et verticale). ....	247
<b>Figure 333</b> : Luminance maximale pour un prieur lointain, debout et assis aux deux moments de la prière (division horizontale et verticale). ....	247
<b>Figure 334</b> : Luminance minimale pour un prieur proche, debout et assis aux deux moments de la prière les deux cas du modèle A2. ....	248
<b>Figure 335</b> : Luminance minimale pour un prieur au milieu, debout et assis aux deux moments de la prière les deux cas du modèle A2. ....	248
<b>Figure 336</b> : Luminance minimale pour un prieur lointain, debout et assis aux deux moments de la prière les deux cas du modèle A2. ....	249
<b>Figure 337</b> : Eclairage pour les deux modèles de la mosquée à salle hypostyle A1 et A2 et leurs variables, aux deux moments de la prière pour un prieur proche. ....	250
<b>Figure 338</b> : Eclairage pour les deux modèles de la mosquée à salle hypostyle A1 et A2 et leurs variables, aux deux moments de la prière pour un prieur au milieu. ....	250
<b>Figure 339</b> : Eclairage pour les deux modèles de la mosquée à salle hypostyle A1 et A2 et leurs variables, aux deux moments de la prière pour un prieur lointain. ....	251
<b>Figure 340</b> : Luminance pour les deux modèles de la mosquée à salle hypostyle A1 et A2 et leurs variables, aux deux moments de la prière pour un prieur proche. ....	251
<b>Figure 341</b> : Luminance pour les deux modèles de la mosquée à salle hypostyle A1 et A2 et leurs variables, aux deux moments de la prière pour un prieur au milieu. ....	252
<b>Figure 342</b> : Luminance pour les deux modèles de la mosquée à salle hypostyle A1 et A2 et leurs variables, aux deux moments de la prière pour un prieur lointain. ....	252
<b>Chapitre 7 : La mosquée à salle de prière à coupole centrale</b> .....	255
<b>Figure 343</b> : Mosquée Safir d'Alger.....	255
<b>Figure 344</b> : Mosquée Ali Betchine d'Alger. ....	255
<b>Figure 345</b> : Le plan et deux coupes sur le modèle de la mosquée à salle à coupole centrale et galeries périphériques. ....	256
<b>Figure 346</b> : Eclairage pour les trois positions du prieur, le cas avec stratification rangée double. ....	258
<b>Figure 347</b> : Eclairage pour les trois positions du prieur, le cas avec stratification rangée basse. ....	259
<b>Figure 348</b> : Eclairage pour les trois positions du prieur, le cas sans stratification rangée double. ....	259
<b>Figure 349</b> : Eclairage pour les trois positions du prieur, le cas sans stratification rangée basse. ....	259
<b>Figure 350</b> : Eclairage pour les trois positions du prieur, le cas avec stratification rangée double. ....	260
<b>Figure 351</b> : Eclairage pour les trois positions du prieur, le cas avec stratification rangée basse. ....	260
<b>Figure 352</b> : Eclairage pour les trois positions du prieur, le cas sans stratification rangée double. ....	260
<b>Figure 353</b> : Eclairage pour les trois positions du prieur, le cas sans stratification rangée basse. ....	261
<b>Figure 354</b> : Eclairage pour les quatre cas du modèle B1 et les trois positions d'un prieur proche.....	262
<b>Figure 355</b> : Eclairage pour les quatre cas du modèle B1 et les trois positions d'un prieur au milieu. ....	262
<b>Figure 356</b> : Eclairage pour les quatre cas du modèle B1 et les trois positions d'un prieur lointain. ....	262
<b>Figure 357</b> : Eclairage pour les quatre cas du modèle B1 et les trois positions d'un prieur proche.....	263
<b>Figure 358</b> : Eclairage pour les quatre cas du modèle B1 et les trois positions d'un prieur au milieu. ....	263
<b>Figure 359</b> : Eclairage pour les quatre cas du modèle B1 et les trois positions d'un prieur lointain. ....	263
<b>Figure 360</b> : Eclairage pour les quatre cas du modèle B1, les deux moments de la prière pour un prieur proche.....	265

<b>Figure 361</b> : Eclairage pour les quatre cas du modèle B1, les deux moments de la prière pour un prieur au milieu. ....	265
<b>Figure 362</b> : Eclairage pour les quatre cas du modèle B1, les deux moments de la prière pour un prieur lointain. ....	266
<b>Figure 363</b> : Luminance maximale pour un prieur proche, debout et assis aux moments de la prière les quatre cas du modèle B1. ....	270
<b>Figure 364</b> : Luminance maximale pour un prieur au milieu, debout et assis aux moments de la prière les quatre cas du modèle B1. ....	271
<b>Figure 365</b> : Luminance maximale pour un prieur lointain, debout et assis aux moments de la prière les quatre cas du modèle B1. ....	271
<b>Figure 366</b> : Luminance minimale pour un prieur proche, debout et assis aux moments de la prière les quatre cas du modèle B1. ....	272
<b>Figure 367</b> : Luminance minimale pour un prieur au milieu, debout et assis aux moments de la prière les quatre cas du modèle B1. ....	272
<b>Figure 368</b> : Luminance minimale pour un prieur lointain, debout et assis aux moments de la prière les quatre cas du modèle B1. ....	273
<b>Figure 369</b> : Le plan et deux coupes sur le modèle de la mosquée à salle à coupole centrale, galeries périphériques et coupolettes. ....	274
<b>Figure 370</b> : Eclairage pour les trois positions du prieur, le cas avec stratification texturale verticale. ....	276
<b>Figure 371</b> : Eclairage pour les trois positions du prieur, le cas sans stratification texturale verticale. ....	276
<b>Figure 372</b> : Eclairage pour les trois positions du prieur, le cas avec stratification texturale verticale. ....	276
<b>Figure 373</b> : Eclairage pour les trois positions du prieur, le cas sans stratification texturale verticale. ....	277
<b>Figure 374</b> : Eclairage pour les deux cas du modèle B2 et les trois positions d'un prieur proche. ....	278
<b>Figure 375</b> : Eclairage pour les deux cas du modèle B2 et les trois positions d'un prieur au milieu. ....	278
<b>Figure 376</b> : Eclairage pour les deux cas du modèle B2 et les trois positions d'un prieur lointain. ....	278
<b>Figure 377</b> : Eclairage pour les deux cas du modèle B2 et les trois positions d'un prieur proche. ....	279
<b>Figure 378</b> : Eclairage pour les deux cas du modèle B2 et les trois positions d'un prieur au milieu. ....	279
<b>Figure 379</b> : Eclairage pour les deux cas du modèle B2 et les trois positions d'un prieur lointain. ....	279
<b>Figure 380</b> : Eclairage pour les deux cas du modèle B2, les deux moments de la prière pour un prieur proche. ....	280
<b>Figure 381</b> : Eclairage pour les deux cas du modèle B2, les deux moments de la prière pour un prieur au milieu. ....	281
<b>Figure 382</b> : Eclairage pour les deux cas du modèle B2, les deux moments de la prière pour un prieur lointain. ....	281
<b>Figure 383</b> : Luminance maximale pour un prieur proche, debout et assis aux moments de la prière (avec et sans stratification verticale). ....	284
<b>Figure 384</b> : Luminance maximale pour un prieur au milieu, debout et assis aux moments de la prière (avec et sans stratification verticale). ....	285
<b>Figure 385</b> : Luminance maximale pour un prieur lointain, debout et assis aux moments de la prière (avec et sans stratification verticale). ....	285
<b>Figure 386</b> : Luminance minimale pour un prieur proche, debout et assis aux moments de la prière (avec et sans stratification verticale). ....	286
<b>Figure 387</b> : Luminance minimale pour un prieur au milieu, debout et assis aux moments de la prière (avec et sans stratification verticale). ....	286
<b>Figure 388</b> : Luminance minimale pour un prieur lointain, debout et assis aux moments de la prière (avec et sans stratification verticale). ....	287
<b>Figure 389</b> : Eclairage pour les deux modèles de la mosquée ottomane B1 et B2 et leurs variables, aux deux moments de la prière pour un prieur proche. ....	288
<b>Figure 390</b> : Eclairage pour les deux modèles de la mosquée ottomane B1 et B2 et leurs variables, aux deux moments de la prière pour un prieur milieu. ....	288

<b>Figure 391</b> : Eclairage pour les deux modèles de la mosquée ottomane B1 et B2 et leurs variables, aux deux moments de la prière pour un prieur lointain. ....	289
<b>Figure 392</b> : Luminance pour les deux modèles de la mosquée ottomane B1 et B2 et leurs variables, aux deux moments de la prière pour un prieur proche. ....	289
<b>Figure 393</b> : Luminance pour les deux modèles de la mosquée ottomane B1 et B2 et leurs variables, aux deux moments de la prière pour un prieur au milieu. ....	290
<b>Figure 394</b> : Luminance pour les deux modèles de la mosquée hypostyle B1 et B2 et leurs variables, aux deux moments de la prière pour un prieur lointain. ....	290

**Tables des Tableaux :**

<b>Chapitre 3 : L'éclairage naturel dans les mosquées</b> .....	55
<b>Tableau 1</b> : Correspondance Type de mosquées / type de la salle de prière. ....	63
<b>Tableau 2</b> : correspondance Type de mosquées / Style de la salle de prière, en Algérie.....	67
<b>Tableau 3</b> : Application du modèle basique de la Baie sur trois mosquées représentative de la catégorie A. ...	82
<b>Tableau 4</b> : Application du modèle basique de la CRI sur trois mosquées représentative de la catégorie A. ...	83
<b>Tableau 5</b> : Synthèse des éléments constants et variables du modèle basique de la Baie et de la CRI, appliqué sur trois mosquées représentative de la catégorie A.....	84
<b>Tableau 6</b> : Application du modèle basique de la CRI sur trois mosquées représentative de la catégorie B. ...	95
<b>Tableau 7</b> : Application du modèle basique de la Baie sur trois mosquées représentative de la catégorie B. ...	96
<b>Tableau 8</b> : Synthèse des éléments constants et variables du modèle basique de la Baie et de la CRI, appliqué sur trois mosquées représentative de la catégorie B.....	97
<b>Chapitre 5 : Les tests pilotes</b> .....	121
<b>Tableau 9</b> : Luminance pour un prieur debout et assis aux deux moments de la prière (couleur claire). ....	138
<b>Tableau 10</b> : Luminance pour un prieur debout et assis aux deux moments de la prière (couleur foncée). ....	138
<b>Tableau 11</b> : Luminance pour un prieur debout et assis aux deux moments de la prière (couleur claire). ....	149
<b>Tableau 12</b> : Luminance pour un prieur debout et assis aux deux moments de la prière (couleur foncée). ....	149
<b>Tableau 13</b> : Luminance pour un prieur debout et assis aux deux moments de la prière (couleur claire). ....	160
<b>Tableau 14</b> : Luminance pour un prieur debout et assis aux deux moments de la prière (couleur foncée). ....	160
<b>Tableau 15</b> : Luminance pour un prieur debout et assis aux deux moments de la prière (couleur claire). ....	171
<b>Tableau 16</b> : Luminance pour un prieur debout et assis aux deux moments de la prière (couleur foncée). ....	171
<b>Tableau 17</b> : Luminance pour un prieur debout et assis aux deux moments de la prière (couleur claire). ....	185
<b>Tableau 18</b> : Luminance pour un prieur debout et assis aux deux moments de la prière (couleur foncée). ....	185
<b>Tableau 19</b> : Luminance pour un prieur debout et assis aux deux moments de la prière (couleur claire). ....	198
<b>Tableau 20</b> : Luminance pour un prieur debout et assis aux deux moments de la prière (couleur foncée). ....	198
<b>Tableau 21</b> : Luminance pour un prieur debout et assis aux deux moments de la prière (section ronde). ....	211
<b>Tableau 22</b> : Luminance pour un prieur debout et assis aux deux moments de la prière (section carrée). ....	211
<b>Chapitre 6 : La mosquée à salle de prière hypostyle</b> .....	215
<b>Tableau 23</b> : Luminance pour les trois positions d'un prieur debout et assis, en cas de division horizontale sans claustra. ....	229
<b>Tableau 24</b> : Luminance pour les trois positions d'un prieur debout et assis, en cas de division verticale sans claustra. ....	229
<b>Tableau 25</b> : Luminance pour les trois positions d'un prieur debout et assis, en cas de division horizontale avec claustra. ....	229
<b>Tableau 26</b> : Luminance pour les trois positions d'un prieur debout et assis, en cas de division verticale avec claustra. ....	230
<b>Tableau 27</b> : Luminance pour les trois positions d'un prieur debout et assis, en cas de division horizontale sans claustra. ....	230
<b>Tableau 28</b> : Luminance pour les trois positions d'un prieur debout et assis, en cas de division verticale sans claustra. ....	230
<b>Tableau 29</b> : Luminance pour les trois positions d'un prieur debout et assis, en cas de division horizontale avec claustra. ....	231

<b>Tableau 30</b> : Luminance pour les trois positions d'un prieur debout et assis, en cas de division verticale avec claustra.....	231
<b>Tableau 31</b> : Luminance pour les trois positions d'un prieur debout et assis, en cas de division horizontale..	244
<b>Tableau 32</b> : Luminance pour les trois positions d'un prieur debout et assis, en cas de division verticale.....	245
<b>Tableau 33</b> : Luminance pour les trois positions d'un prieur debout et assis, en cas de division horizontale..	245
<b>Tableau 34</b> : Luminance pour les trois positions d'un prieur debout et assis, en cas de division verticale.....	245
<b>Chapitre 7 : La mosquée à salle de prière à coupole centrale.....</b>	<b>255</b>
<b>Tableau 35</b> : Luminance pour les trois positions d'un prieur debout et assis, cas avec stratification rangée basse.....	267
<b>Tableau 36</b> : Luminance pour les trois positions d'un prieur debout et assis, cas avec stratification rangée double.....	267
<b>Tableau 37</b> : Luminance pour les trois positions d'un prieur debout et assis, cas sans stratification rangée basse.....	268
<b>Tableau 38</b> : Luminance pour les trois positions d'un prieur debout et assis, cas sans stratification rangée double.....	268
<b>Tableau 39</b> : Luminance pour les trois positions d'un prieur debout et assis, cas avec stratification rangée basse.....	268
<b>Tableau 40</b> : Luminance pour les trois positions d'un prieur debout et assis, cas avec stratification rangée double.....	269
<b>Tableau 41</b> : Luminance pour les trois positions d'un prieur debout et assis, cas sans stratification rangée basse.....	269
<b>Tableau 42</b> : Luminance pour les trois positions d'un prieur debout et assis, cas sans stratification rangée double.....	269
<b>Tableau 43</b> : Luminance pour les trois positions d'un prieur debout et assis, le cas avec stratification verticale.....	282
<b>Tableau 44</b> : Luminance pour les trois positions d'un prieur debout et assis, le cas sans stratification verticale.....	283
<b>Tableau 45</b> : Luminance pour les trois positions d'un prieur debout et assis, le cas avec stratification verticale.....	283
<b>Tableau 46</b> : Luminance pour les trois positions d'un prieur debout et assis, le cas sans stratification verticale.....	283

## **Table des Matières :**

### **PARTIE THEORIQUE :**

#### **Chapitre introductif :**

<b>1. Elements de problematique.....</b>	<b>1</b>
<b>2. Structuration du travail de recherche.....</b>	<b>4</b>

#### **Chapitre un : Lumière et espaces cultuels**

<b>Introduction : .....</b>	<b>6</b>
<b>1. Lumiere et espaces cultuels a travers l'histoire : .....</b>	<b>8</b>
1.1 Egypte antique : .....	8
1.2 Grèce antique : .....	9
1.3 Rome antique : .....	10
1.4 Gothique : .....	11
1.5 bouddhiste : .....	12
1.6 Byzance : .....	13
1.7 Omeyyade : .....	14
1.8 Abbasside : .....	16
1.9 Persane : .....	17
1.10 Inde Islamique : .....	17
1.11 Ottomane : .....	18
1.12 Maghrébine : .....	19
1.13 Moderne : .....	20
1.14 Contemporaine : .....	21
<b>2. Synthese : .....</b>	<b>22</b>
<b>Conclusion : .....</b>	<b>23</b>

#### **Chapitre deux : Développement d'un modèle de l'éclairage naturel**

<b>Introduction : .....</b>	<b>25</b>
<b>1. Le modele de l'eclairage naturel : .....</b>	<b>25</b>
1.1 Vers un modèle développé : .....	26
<b>2. Les sources de la lumiere naturelle : .....</b>	<b>27</b>
2.1 Soleil : .....	28
2.2 Le Ciel : .....	29
2.2.1 Les modèles de Ciels : .....	30
2.3 Le sol extérieur:.....	32
2.4 Les masques extérieurs (éléments de façade et environnement urbain) : .....	33
<b>3. Baies et lumiere naturelle : .....</b>	<b>34</b>

3.1	Modalités de variation de la baie comme composante de passage :	35
3.1.1	Éléments de contrôle :	36
3.2	La baie comme dispositif de base de la composante de passage :	37
3.2.1	Type :	37
3.2.2	Taille :	38
3.2.3	Forme :	38
3.2.4	Position :	39
3.2.5	Orientation :	39
3.2.6	Contrôles :	40
<b>4.</b>	<b>Le modele basique de la baie:</b>	<b>40</b>
<b>5.</b>	<b>La composante reflechie interne (cri) :</b>	<b>40</b>
5.1	CRI entre lumière et matière :	41
5.1.1	La matière opaque (la réflexion) :	43
5.1.2	La matière transparente (la transmission) :	44
5.2	Modalités de variation de la CRI :	45
5.2.1	Caractéristiques formelles :	45
5.2.1.1	Géométrie de l'espace : Linéarité / Courbure, Verticalité/Inclinaison :	46
5.2.2	Caractéristiques surfaciques :	47
	La luminance (L) :	47
5.2.2.1	Texture :	47
5.2.2.2	Couleur :	49
<b>6.</b>	<b>Le modele basique de la composante reflechie interne :</b>	<b>51</b>
6.1	L'espace Intérieur :	52
6.1.1	Forme :	52
6.1.2	Texture :	53
6.1.3	Couleur :	53
6.1.4	Éléments de division :	53
<b>7.</b>	<b>Le modele de l'eclairage naturel base sur la baie et la composante reflechie interne :</b>	<b>53</b>
	<b>Conclusion :</b>	<b>54</b>

### **Chapitre trois : L'éclairage naturel dans les mosquées**

<b>Introduction :</b>	<b>55</b>	
<b>1. Caracteristiques architecturales de la mosquee :</b>	<b>56</b>	
<b>2. Classification architecturale des mosques :</b>	<b>57</b>	
2.1	Classification de Henry Martin (1976) :	57
2.2	Classification de Denis Grandet (1992) :	58
2.3	Classification de Dalus Jones et al (1995) :	58
2.4	Classification de Timothy Insoll (1999) :	59
2.5	Classification de J. P. Hogendijk et A. I. Sabra (2003) :	59
2.6	Classification de Marian Moffett et al (2003) :	59
2.7	Classification de Kenza Boussora-Chikh (2004) :	60
2.8	Classification de Brahim Benyoucef (2005) :	60
2.9	Classification de Titus Burckhardt (2009) :	61
2.10	Classification de Banush Shyqeriu (2009) :	62
2.11	Classification de Negar Hakim (2008) :	62
2.12	Un essai de Caractérisation spatiale des salles de prière par catégories de mosquées :	63
<b>3. Types architecturaux des mosques algeriennes :</b>	<b>64</b>	

3.1 Selon Devoulx :	64
3.2 Selon la revue de Paris (1964) :	64
3.3 Selon Dokali (1974) :	65
3.4 Selon Golvin (1985) :	65
3.5 Selon George Marçais (1954) :	65
3.6 Selon Marshall Cavendish :	66
3.7 Synthèse:	66
<b>4. Categories des mosques algeriennes :</b>	<b>66</b>
<b>5. Baie et composante reflechie interne dans les mosques algeriennes :</b>	<b>68</b>
5.1 Application des éléments composants le modèle basique de la Baie et de la CRI, cas des salles hypostyles « Catégorie A » :	68
5.1.1 Description de La Grande Mosquée de Constantine 1221/1222 :	69
5.1.2 Description de La Grande Mosquée de Nédroma 749 / 1348-1349:	72
5.1.3 Description de La Grande Mosquée de Tlemcen 530/1136 :	76
5.1.4 Application aux trois mosquées représentatives:	82
5.1.5 Synthèse concernant la catégorie A (constances et variables):	84
5.1.6 Les différents dispositifs d'éclairage naturel relevés pour les mosquées à salle de prière hypostyles :	85
5.2 Le modèle hypothétique spécifique à l'éclairage naturel pour la catégorie A :	86
5.3 Application des éléments composants le modèle basique de la Baie et de la CRI, cas des salles à coupole centrale et galeries limitrophes « Catégorie B » :	87
5.3.1 Description de La Mosquée Ayn El-Beida de Mascara :	87
5.3.2 Description de La Mosquée Salâh Bey d'Annaba 1206 H/1791-1792:	89
5.3.3 Description de la Mosquée Safir d'Alger :	92
5.3.4 Application aux trois mosquées représentatives:	95
5.3.5 Synthèse concernant la catégorie B (constances et variables):	97
5.3.6 Les différents dispositifs d'éclairage naturel relevés pour les mosquées à salle de prière à coupole centrale :	98
5.4 Le modèle hypothétique spécifique à l'éclairage naturel pour la catégorie B :	99
<b>Conclusion :</b>	<b>100</b>

## **PARTIE EXPERIMENTALE :**

### **Chapitre quatre : Radiance outil de la simulation de l'éclairage naturel**

<b>Introduction :</b>	<b>101</b>
<b>1. Logiciels de simulation :</b>	<b>101</b>
1.1 Ecotect	102
1.2 Radiance	102
<b>2. Application :</b>	<b>103</b>
2.1 La modélisation :	103
2.2 La simulation :	106
2.3 Les résultats obtenus :	112
2.4 Discussion des résultats :	115
SCENE 1	115
SCENE 2	116
SCENE 3 ET 4	116
SCENES 3 ET 4	116

SCENE 3 ET 4 .....	117
SCENE 5 : .....	118
SCENE 6 ET 7 .....	119
<b>Conclusion : .....</b>	<b>120</b>

## **Chapitre cinq : Les tests pilotes**

<b>Introduction : .....</b>	<b>121</b>
<b>1. Le cadre experimental : .....</b>	<b>122</b>
1.1 Description de l'expérimentation : .....	122
1.1.1 Date, heures et localisation : .....	122
1.1.2 Construction des grilles et des points de mesures calculées pour la simulation : .....	123
1.1.3 Réglage des couleurs et textures : .....	124
1.1.4 Valeurs référentielles utiles pour les interprétations des données : .....	124
1.1.5 Cas à simuler : .....	125
<b>2. Resultats : .....</b>	<b>129</b>
2.1 Enveloppe : .....	129
2.1.1 Cas A : .....	129
2.1.1.1 Éclairément : .....	129
2.1.1.1.1 Au moment de la prière d'El-Dohr : .....	129
2.1.1.1.2 Au moment de la prière d'El-Aasr : .....	133
2.1.1.2 Conclusion concernant l'éclairément: .....	136
2.1.1.3 Luminance: .....	138
2.1.1.3.1 Couleur claire : .....	138
2.1.1.3.2 Couleur foncée : .....	138
2.1.1.4 Conclusion concernant la luminance : .....	139
2.1.2 Cas B : .....	140
2.1.2.1 Eclairément : .....	140
2.1.2.1.1 Au moment de la prière d'El-Dohr : .....	140
2.1.2.1.2 Au moment de la prière d'El-Aasr : .....	144
2.1.2.2 Conclusion concernant l'éclairément : .....	147
2.1.2.3 Luminance: .....	149
2.1.2.3.1 Couleur claire : .....	149
2.1.2.3.2 Couleur foncée : .....	149
2.1.2.4 Conclusion concernant la luminance : .....	150
2.1.3 Cas C : .....	151
2.1.3.1 Éclairément : .....	151
2.1.3.1.1 Au moment de la prière d'El-Dohr: .....	151
2.1.3.1.2 Au moment de la prière d'El-Aasr : .....	155
2.1.3.2 Conclusion concernant l'éclairément: .....	158
2.1.3.3 Luminance: .....	160
2.1.3.3.1 Couleur claire : .....	160
2.1.3.3.2 Couleur foncée : .....	160
2.1.3.4 Conclusion concernant la luminance : .....	161
2.1.4 Cas D : .....	162
2.1.4.1 Eclairément : .....	162
2.1.4.1.1 Au moment de la prière d'El-Dohr: .....	162
2.1.4.1.2 Au moment de la prière d'El-Aasr : .....	166
2.1.4.2 Conclusion concernant l'éclairément: .....	169
2.1.4.3 Luminance: .....	171
2.1.4.3.1 Couleur claire : .....	171
2.1.4.3.2 Couleur foncée : .....	171
2.1.4.4 Conclusion concernant la luminance : .....	172

2.2	Conclusion relative à l'enveloppe :	173
2.3	Baie :	174
2.3.1	Claustras :	174
2.3.1.1	Éclairément :	174
2.3.1.1.1	Au moment de la prière d'El-Dhohr :	174
2.3.1.1.2	Au moment de la prière d'El-Asr :	179
2.3.1.2	Conclusion concernant l'éclairément :	183
2.3.1.3	Luminance:	185
2.3.1.3.1	Couleur claire :	185
2.3.1.3.2	Couleur foncée :	185
2.3.1.4	Conclusion concernant la luminance :	186
2.3.2	Taille :	187
2.3.2.1	Éclairément :	187
2.3.2.1.1	Au moment de la prière d'El-Dhohr :	187
2.3.2.2.1	Au moment de la prière d'El-Aasr :	192
2.3.2.3	Conclusion concernant l'éclairément:	196
2.3.2.4	Luminance:	198
2.3.2.4.1	Couleur claire :	198
2.3.2.4.2	Couleur foncée :	198
2.3.2.5	Conclusion concernant la luminance :	199
2.4	Conclusion relative à la baie :	200
2.5	Espace :	201
2.5.1	Division :	201
2.5.1.1	Éclairément :	201
2.5.1.1.1	Au moment de la prière d'El-Dhohr :	201
2.5.1.1.2	Au moment de la prière d'El-Aasr :	205
2.5.1.2	Conclusion concernant l'éclairément:	209
2.5.1.3	Luminance:	211
2.5.1.3.1	Section Ronde :	211
2.5.1.3.2	Section carrée :	211
2.5.1.4	Conclusion concernant la luminance :	212
2.6	Conclusion relative à la division :	213
	<b>Conclusion :</b>	<b>214</b>

## **Chapitre six : La mosquée à salle de prière hypostyle**

	<b>Introduction :</b>	<b>215</b>
1.	<b>Description de l'expérimentation :</b>	<b>215</b>
2.	<b>Les paramètres de simulation :</b>	<b>215</b>
3.	<b>Construction des grilles et des points de mesures calculées pour la simulation :</b>	<b>216</b>
3.1	L'éclairément :	216
3.2	La luminance :	217
4.	<b>Les modèles de simulation :</b>	<b>217</b>
5.	<b>A1 : Mosquée à salle hypostyle et toiture plate :</b>	<b>218</b>
5.1	Caractéristiques formelles :	218
5.2	Caractéristiques surfaciques :	219
5.3	Cas à simuler :	219
5.4	Résultats :	220
5.4.1	Étude de l'éclairément :	220
5.4.1.1	Étude cas par cas :	220
5.4.1.1.1	Au moment de la prière d'El-Dhohr :	220

5.4.1.1.2	Au moment de la prière d'El-Aser :	221
5.4.1.2	Etude selon la position du prieur vis-à-vis du mur de la qibla :	223
5.4.1.2.1	Au moment de la prière d'El-Dhohr :	223
5.4.1.2.2	Au moment de la prière d'El-Aser :	224
5.4.1.3	Etude récapitulative des quatre cas et les deux moments de la prière:	226
5.4.2	Etude de la luminance :	228
5.4.2.1	Etude cas par cas :	229
5.4.2.1.1	Au moment de la prière d'El-Dhohr :	229
5.4.2.1.2	Au moment de la prière d'El-Aser :	230
5.4.2.1	Etude récapitulative selon la position du prieur vis-à-vis du mur de la qibla:	231
5.4.2.1.1	Valeur maximale pour les deux moments de la prière :	232
5.4.2.1.2	Valeur minimale pour les deux moments de la prière :	233
<b>6.</b>	<b>A2 : Mosquee a salle hypostyle et a toiture pyramidale :</b>	<b>236</b>
6.1	Caractéristiques formelles :	236
6.2	Caractéristiques surfaciques :	237
6.3	Cas à simuler :	237
6.4	Résultats :	237
6.4.1	Etude de l'éclairément :	237
6.4.1.1	Etude cas par cas :	237
6.4.1.1.1	Au moment de la prière d'El-Dhohr :	237
6.4.1.1.2	Au moment de la prière d'El-Aser :	238
6.4.1.2	Etude selon la position du prieur vis-à-vis du mur de la qibla :	239
6.4.1.2.1	Au moment de la prière d'El-Dhohr :	239
6.4.1.2.2	Au moment de la prière d'El-Aser :	241
6.4.1.3	Etude récapitulative des quatre cas étudiés aux deux moments de la prière:	242
6.4.2	Etude de la luminance :	244
6.4.2.1	Etude cas par cas :	244
6.4.2.1.1	Au moment de la prière d'El-Dhohr :	244
6.4.2.1.2	Au moment de la prière d'El-Aser :	245
6.4.2.2	Etude récapitulative selon la position du prieur vis-à-vis du mur de la qibla:	246
6.4.2.2.1	Valeur maximale pour les deux moments de la prière :	246
6.4.2.2.2	Valeur minimale pour les deux moments de la prière :	248
<b>7.</b>	<b>Etude comparative des modeles A1 et A2 :</b>	<b>250</b>
7.1	Etude de l'éclairément :	250
7.2	Etude de la luminance :	251
<b>8.</b>	<b>Synthese :</b>	<b>253</b>
	<b>Conclusion :</b>	<b>254</b>

## **Chapitre sept : La mosquée à salle de prière à coupole centrale**

<b>Introduction :</b>	<b>255</b>	
<b>1. Les modeles de simulation :</b>	<b>255</b>	
<b>2. B1 : Mosquee a salle a coupole centrale et galeries peripheriques :</b>	<b>256</b>	
2.1.1	Caractéristiques formelles :	256
2.1.2	Caractéristiques surfaciques :	257
2.1.3	Mesures d'éclairément :	257
2.1.4	Cas à simuler :	257
2.2	Résultats :	258
2.2.1	Etude de l'éclairément :	258
2.2.1.1	Etude cas par cas :	258
2.2.1.1.1	Au moment de la prière d'El-Dhohr :	258

2.2.1.1.2	Au moment de la prière d'El-Aser :	260
2.2.1.2	Etude selon la position du prier vis-à-vis du mur de la qibla :	261
2.2.1.2.1	Au moment de la prière d'El-Dhohr :	261
2.2.1.2.2	Au moment de la prière d'El-Aser :	263
2.2.1.3	Etude récapitulative des quatre cas et les deux moments de la prière:	265
2.2.2	Etude de la luminance :	267
2.2.2.1	Etude cas par cas :	267
2.2.2.1.1	Au moment de la prière d'El-Dhohr :	267
2.2.2.1.2	Au moment de la prière d'El-Aser :	268
2.2.2.2	Etude récapitulative selon la position du prier vis-à-vis du mur de la qibla:	270
2.2.2.2.1	Valeur maximale pour les deux moments de la prière :	270
2.2.2.2.2	Valeur minimale pour les deux moments de la prière :	272
<b>3.</b>	<b>B2 : Mosquee a salle a coupole centrale, galeries peripheriques et couplettes :</b>	<b>273</b>
3.1	Caractéristiques formelles :	274
3.2	Caractéristiques surfaciques :	275
3.3	Cas à simuler :	275
3.4	Résultats :	275
3.4.1	Etude de l'éclairément :	275
3.4.1.1	Etude cas par cas :	275
3.4.1.1.1	Au moment de la prière d'El-Dhohr :	275
3.4.1.1.2	Au moment de la prière d'El-Aser :	276
3.4.1.2	Etude selon la position du prier vis-à-vis du mur de la qibla :	278
3.4.1.2.1	Au moment de la prière d'El-Dhohr :	278
3.4.1.2.2	Au moment de la prière d'El-Aser :	279
3.4.1.3	Etude récapitulative des quatre cas et les deux moments de la prière:	280
3.4.2	Etude de la luminance :	282
3.4.2.1	Etude cas par cas :	282
3.4.2.1.1	Au moment de la prière d'El-Dhohr :	282
3.4.2.1.2	Au moment de la prière d'El-Aser :	283
3.4.2.2	Etude récapitulative selon la position du prier vis-à-vis du mur de la qibla:	284
3.4.2.2.1	Valeur maximale pour les deux moments de la prière :	284
3.4.2.2.2	Valeur minimale pour les deux moments de la prière :	286
<b>4.</b>	<b>Etude comparative des modeles B1 et B2 :</b>	<b>287</b>
4.1	Etude de l'éclairément :	287
4.2	Etude de la luminance :	289
<b>5.</b>	<b>Synthese :</b>	<b>291</b>
	<b>Conclusion :</b>	<b>292</b>

### **Conclusion générale :**

<b>Introduction :</b>	<b>293</b>	
<b>1. Limites de l'étude :</b>	<b>293</b>	
<b>2. Conclusions generales :</b>	<b>294</b>	
2.1	La lumière naturelle symbole de la magnificence divine :	294
2.2	L'espace cultuel une démonstration d'approche conceptuelle de la lumière en architecture :	294
2.3	Le modèle de la baie et de la composante réfléchie interne une base à la conception d'un éclairage naturel :	295
2.4	La baie comme composante de passage inhérente à la conception d'un éclairage par la lumière naturelle :	295
2.5	La composante réfléchie interne une source secondaire de la lumière naturelle :	295

2.6	Classification architecturale des mosquées algériennes :	296
2.7	L'inventoriage des dispositifs de l'éclairage naturel dans les mosquées algériennes :	296
2.8	La simulation informatique pour une lecture de la qualité lumineuse de la mosquée de Nédroma :	297
2.9	Les caractéristiques surfaciques des parois intérieures influent sur l'environnement lumineux créé :	297
2.10	La Baie par la manipulation de ses modalités exerce une influence considérable sur la qualité de l'environnement lumineux intérieur :	297
2.11	La division de l'espace conditionne l'environnement lumineux intérieur :	298
2.12	Les enseignements relatifs à l'étude de l'éclairage naturel dans les mosquées algériennes pré-ottomanes à salle de prière hypostyle :	298
2.13	Les enseignements relatifs à l'étude de l'éclairage naturel dans les mosquées algériennes ottomanes à salle de prière à coupole centrale et galeries limitrophes :	299
2.14	Le savoir faire ancestral des dispositifs traditionnels d'éclairage naturel :	300
<b>3.</b>	<b>Conclusions ponctuelles :</b>	<b>301</b>
3.1	La lumière naturelle dans les édifices cultuels :	301
3.2	Une approche conceptuelle pour l'ambiance lumineuse fondée sur la baie et la composante réfléchie interne :	301
3.3	Les dispositifs architecturaux de l'éclairage naturel dans les mosquées algériennes traditionnelles :	302
3.4	La simulation informatique comme base de l'expérimentation :	302
3.5	Des tests pilotes pour limiter l'éventail des variables de l'étude expérimentale :	302
3.6	Les enseignements tirés de l'étude de l'éclairage naturel dans la mosquée à salle hypostyle :	303
3.7	Les enseignements tirés de l'éclairage de l'éclairage naturel dans la mosquée à salle à coupole centrale et galeries limitrophes :	304
<b>4.</b>	<b>Recommandations :</b>	<b>304</b>
4.1	La baie :	305
4.2	La composante réfléchie interne :	306
4.3	La synergie entre la baie et la composante réfléchie interne :	307
<b>5.</b>	<b>Futurs axes de recherches :</b>	<b>307</b>
	<b>Conclusion :</b>	<b>308</b>
	<b>Bibliographie :</b>	<b>309</b>
	<b>Table des figures :</b>	<b>317</b>
	<b>Table des Tableaux :</b>	<b>329</b>