

Performance et optimisation de la lumière naturelle en milieu urbain dense

M^{elle} Ouahiba Tizouiar ¹, M^r Rafik Bensalem²

EPAU : Ecole Polytechnique d'Architecture et d'Urbanisme d'Alger,
LAE : Laboratoire Architecture et Environnement
Route de Beaulieu, BP117, 16200 , El Harrach, Alger
¹otizouiar@yahoo.com / ²rbensalem@yahoo.com

RESUME. Afin de contribuer à résoudre la difficulté de capter la lumière du jour face aux contraintes du tissu urbain dense et de sa topographie, l'investigation porte sur un dispositif architectural d'éclairage naturel zénithal qui est «le puits de lumière naturelle», il trouve son intérêt dans les espaces où les ouvertures latérales sont minimales ou parfois inexistantes, dans le cas d'un bloc monolithique, dans les grandes surfaces où le besoin visuel est prépondérant, ainsi que dans l'amélioration de l'habitat contre l'insalubrité des espaces enclavés.

Il a été procédé alors à l'étude de l'impact de certains paramètres sur les performances de l'éclairage naturel, ceci à travers une configuration urbaine représentative jugée très défavorable qui a servi de support à cette recherche menée en utilisant la simulation numérique à l'aide de trois logiciels, elle a permis d'évaluer les différentes possibilités d'intégration de différentes typologies de puits de lumière et d'identifier celles qui sont les plus favorables. Après analyse des résultats, l'éclairage dans les pièces donnant sur les typologies jugées les plus adaptées à la configuration est vérifié et optimisé.

MOTS-CLÉS : Contraintes urbaines, évaluation des performances, optimisation de la lumière zénithale.

ABSTRACT. Lightwells are natural lighting devices which are commonly used to solve the problem of daylighting availability, notably in densely built areas with prejudicial topographies. Yet, their efficiency depends on many parameters that need to be controlled. It finds its interest in areas where the openings are minimal and sometimes inexistent, in the case of monolithic buildings, in large areas and to improve against the insalubrity.

The study compares impact of several design parameters on daylighting availability within the lightwells and the efficiency of redistributing it to the living spaces. Well established computer softwares were used for this study. After analyzing the results, lighting in the rooms overlooking the most suitable configurations is checked and optimized.

KEYWORDS: urban constraints, performance evaluation, optimization of zenithal light.

1. CONTEXTE ET INTÉRÊT DE LA RECHERCHE:

Les contraintes qui influencent l'éclairage naturel des bâtiments en milieu dense et compacte se classifient en trois catégories, contraintes topographiques, urbaines et autres architecturales:

Pour ce qui est des contraintes architecturales, il s'agit de blocs monolithiques, bâtiments groupés en grande masse et espaces intérieurs enclavés.

Les contraintes topographique et urbaines sont les terrains accidentés, caves et espaces sombres sans possibilité d'ouvertures extérieures, densité urbaine forte, parcelles de terrain profondes, niveaux inférieurs des bâtiments ombrés, grandes surfaces, vides entre bâtiments, bâtiment avec une seule façade, bâtiment profond.



Figure 1. Constructions en milieu urbain dense sur terrain accidenté -photos prise par l'auteur-

Afin de contribuer à résoudre la difficulté de capter la lumière du jour face aux contraintes de la ville et de sa topographie, nous nous sommes intéressés à un seul dispositif architectural d'éclairage naturel, il s'agit de « puits de lumière naturelle » qui offre un éclairage zénithal, sachant que la prise de jour d'en haut est le système le plus performant d'environ 3 à 5 fois plus de lumière à surface équivalente qu'un vitrage vertical. Les puits de lumière se classifient selon leurs formes et dimensions en quatre groupes:

- Les puits de grandes dimensions : cour, patio, atrium, vide entre bâtiments, cage d'escalier.
- Les Puits sous forme de cheminées: sont le Puits vertical seul, Puits intégré dans un lumiduc horizontal, Puits intégré dans un système anidolique, Colonne lumineuse et le Puits en spirale.
- Pour les Puits de moyennes dimensions: Il s'agit de lanterneau simple plat, Lanterneau simple à dôme, Lanterneau combiné à des parois, capteurs et déflecteurs solaires, Skydomes , Canons.
- Et enfin des Puits de petites dimensions: ce sont les Puits de lumière tubulaire.



Figure 2. Puits de lumière naturelle sous forme de cheminée -photos prise par l'auteur-

2. PROBLÉMATIQUE :

Quels sont les différents paramètres de performances des puits de lumière en termes d'éclairage, qui nous permettent de maîtriser le captage, la pénétration et la réflexion de la lumière naturelle à n'importe quel moment de la journée sur tous les niveaux même les plus profonds? Quelles sont les performances sur le plan conceptuel nous permettons d'utiliser les puits de lumière sans compromettre le confort visuel des occupants et sans influencer négativement sur la conception architecturale ? Comment peut-on optimiser la performance du dispositif ?

3. DÉMARCHE MÉTHODOLOGIQUE :

La méthode d'évaluation de l'éclairage utilisé est celle de la simulation numérique, en considérant le cas de figure le plus représentatif et en proposant les différentes possibilités d'éclairer les étages inférieurs. Ce choix est opté car du fait de notre objectif, cette méthode d'évaluation se prête le mieux à une étude paramétrique.

Après analyse des résultats, nous avons vérifié et optimisé l'éclairage dans les pièces donnant sur les typologies les plus favorables et les plus adaptées à la configuration urbaine choisie.

4. Outils DE SIMULATION:

Le choix de trois outils " radiance, skyvision, dialux » est fait par rapport à la disponibilité, la fiabilité et à la maîtrise de ces derniers. Notre travail consiste à évaluer la performance des puits de lumière et non pas la performance de ces logiciels, l'objectif est donc de compléter les limites d'un de ces logiciels par les apports de l'autre :

En utilisant "Dialux", malgré qu'il est demandé d'entrer peu de paramètres les résultats et les sorties sont nombreuses et détaillés. "Dialux" présente aussi des valeurs ponctuelles avec détail, le 21 juin à 12h00 est le seul moment que nous avons introduit dans la simulation.

"Skyvision" ne donne pas des photos réalistes, Ce logiciel calcul les propriétés optiques et les propriétés solaires, la quantité d'éclairage, l'économie d'énergie et traite différentes géométries. Aussi, il permet de savoir quelle est la configuration qui améliore les conditions d'éclairage dans l'année au niveau des fenêtres des appartements, ainsi d'estimer l'économie d'énergie annuelle.

"Radiance" donne des valeurs d'éclairages et de luminances ponctuelles pour un moment qu'on doit fixer au préalable. Nous avons choisi à cet effet la journée du 21 juin et 21 Décembre, à 06h00, 12h00 et 18h00. Pour ce logiciel, il est demandé d'entrer beaucoup de paramètres pour que la simulation aboutisse et nécessite donc une certaine expertise et la maîtrise de logiciel Auto CAD.

5. PARAMÈTRES DE SIMULATION:

Les paramètres d'influences invariables fixés dans notre étude paramétrique sont les suivants:

- Le site d'Alger avec une latitude de 37°, une longitude de 30° et un climat méditerranéen.
- L'état du ciel introduit par le logiciel « radiance » et le logiciel « skyvision » est « CIE clair ».
- L'état du ciel introduit par le logiciel « dialux » est un ciel couvert.
- La journée de simulation est le 21 juin et le 21 Décembre et cela à 08h :00, 12h :00 et 18 h:00.
- La forme de l'enveloppe est un Immeuble en R+5 inscrits dans une parcelle carrée de 21X21 m2
- La surface et profondeur à éclairer : recherche d'abord de l'éclairage au fond des puits de lumière, puis l'éclairage pour une pièce de 3m de large, 6m de profondeur et 3m de hauteur.
- Les fenêtres sont multipliées avec même surface sur les parois du puits, chaque pièce à une ouverture centrée de (1.5x 1.5) m2 sur un soubassement de 1m.
- Aussi, nous avons opté pour les parois, des matériaux et couleurs qu'on utilise fréquemment : Les parois des puits sont en beige ($\rho=52\%$), le sol est en gris ($\rho=31,2\%$), le talus de couleur marron à une réflectance égale à 7% et la verrière de couleur claire présentant un réflectance de 5.3% et une transmittance de 85%.

La partie des paramètres d'influence variables concerne la typologie de puits de lumière :

- Il s'agit soit d'une cour en arrière du bâtiment, d'une cour centrale ou d'une cour centrale avec puits intégré dans les niveaux intermédiaires,
- la lumière est acheminée soit en traversant la verrière couvrant le puits ou directement vers le fond.

6. CAS DE SIMULATION :

D'abord, des bases communes de comparaison sont définies, il s'agit de la même surface et forme de la parcelle, mêmes contraintes et même surface planchers totale, donc coefficients d'occupation au sol (COS) relativement égaux:

1. Bâtiment en R+5 avec cour en arrière. COS=3,43%.
2. Bâtiment en R+3 avec cour centrale. COS=3,26%.
3. Bâtiment en R+4 avec cour centrale et puits intégré aux étages intermédiaires. COS=3,71%.

Puis, dont l'objectif d'avoir une possibilité de comparaison en matière de forme et dimensions des puits, nous avons rajouté aux cas précédents:

4. Bâtiment en R+5 avec cour centrale. COS=4,89%.
5. Bâtiment en R+5 avec cour centrale et puits intégré aux étages intermédiaires. COS=5,37%.

Aussi, l'effet d'un talus avec la réflectance qu'il présente au lieu d'un voisinage en bâtiment, donne le dernier cas étudié :

6. Bâtiment en R+5 avec cour en arrière, dont la paroi se trouvant face à la façade sud du bâtiment est matérialisée par un talus. COS=3,43%.

Pour les six typologies choisies avec ou sans verrière, nous nous sommes basées que sur les orientations SUD-NORD, ce qui a donné 12 cas pour chaque typologie répartis sur les trois moments choisis pendant une journée type d'hiver et une journée type d'été

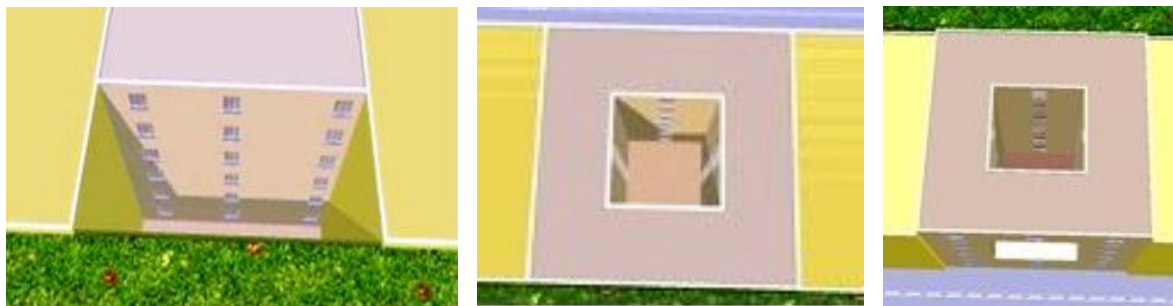


Figure 3. Différents types de puits de lumière pour la même configuration urbaine.

7. PREMIÈRES CONCLUSIONS :

L'évaluation des niveaux d'éclairément à travers les puits de lumière choisis sur des bases de comparaison communes ont permis d'avoir les valeurs d'éclairément minimales et maximales dans les niveaux inférieurs donnant sur ces puits. Ceci nous a permis d'atteindre ces résultats :

Premièrement : nous avons découvert que pour les typologies avec mêmes coefficients d'occupation au sol COS, les puits de lumière qui permettent un meilleur éclairément au niveau de la

partie la plus profonde sont la cour derrière un bâtiment en R+5 et la cour centrale avec puits intégré dans les étages intermédiaires d'un bâtiment en R+4.

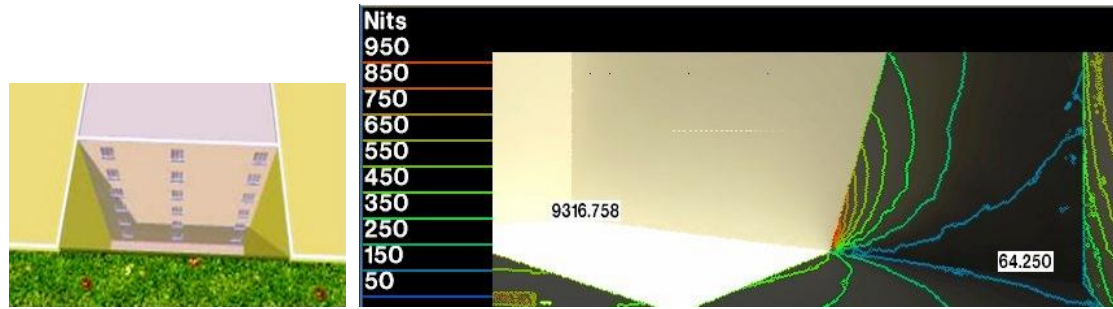


Figure 4. Résultats de simulation pour le cas de la cour derrière le bâtiment –vue en perspective sur le fond du puits-

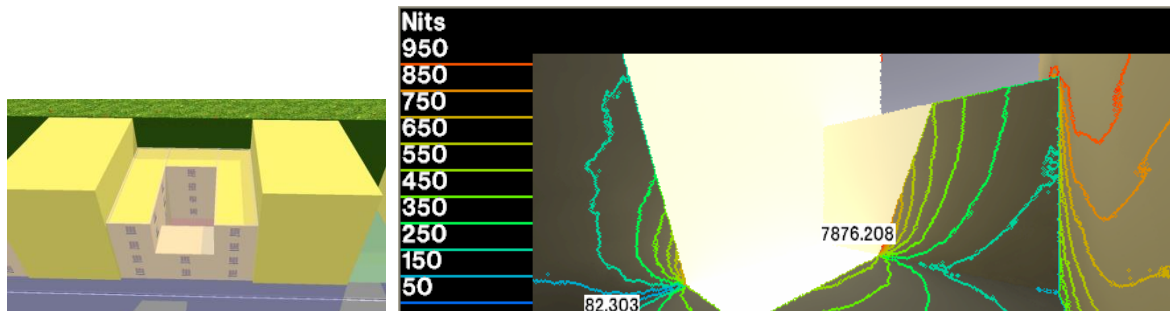


Figure 5. Résultats de simulation pour la cour centrale avec puits intégré dans les étages intermédiaires –vue en perspective sur le fond du puits-

Cette deuxième typologie reçoit la valeur maximale de lumière, pouvant provoquer un éblouissement, nous avons expliqué cela par la réflexion des rayons directs que reçoit la façade ouest avec une profondeur importante de 15m en les reflétant sur les autres parois entre autres la paroi nord. La performance de la cour derrière le bâtiment par rapport à la cour centrale malgré la hauteur en moins est due à sa longueur qui est plus importante.

Deuxièmement : La comparaison entre les puits de lumière de même typologie, avec des hauteurs différentes, à donner pour le cas de la cour centrale en R+3 des valeurs d'éclairéments supérieures à celles de la cour centrale en R+5. De même, pour le cas de la cour centrale avec puits intégré aux étages intermédiaires, cette typologie en R+4 présente des luminances supérieures à celles de la même typologie en R+5. Ce qui explique l'influence de la hauteur et son rapport inverse sur la pénétration des rayons lumineux en profondeurs des puits.

Troisièmement : pour le cas de la paroi matérialisée par un talus, d'une faible reflectance égal à 7%, les valeurs d'éclairéments n'ont pas été largement influencées, par rapport au cas où toute les parois sont matérialisées par des bâtiments avoisinants avec reflectance égale à 52%. Ceci est dû à sa position face à la façade à éclairer et à son orientation vers le nord. Par contre les parois latérales en changeant leurs reflectances, elles pourront influencer largement cet éclairément, du fait, qu'elles reçoivent l'ensemble des rayons venant de l'est et de l'ouest.

8. VÉRIFICATION DES RÉSULTATS :

Nous avons simulé l'éclairément au niveau des pièces donnant sur les deux typologies du puits de lumière jugés les plus performants et cela à travers les différents emplacements et orientations.

La disposition des pièces la plus favorable pour l'éclairage concernant la première typologie est "l'ouest", précisément le 21 juin à 12h00, présentant une illuminance maximale égale à 416.067lux. Alors que l'éclairage au niveau des plafonds et des parois latérales à travers la deuxième typologie correspond à la disposition se trouvant "à droite et au centre de la paroi sud", précisément le 21 juin à 12h00, présentant une illuminance maximale égale 487.895lux pour la position droite et 437.912 lux pour la position "centre".

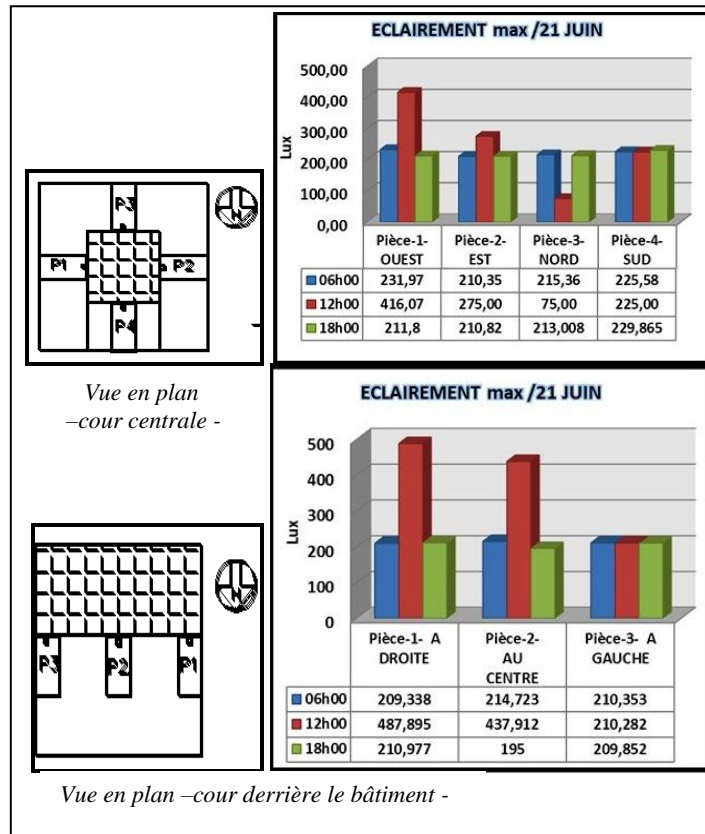


Figure 6. L'éclairage dans les pièces donnant sur les puits de lumière les plus favorables.

La comparaison de ces résultats aux niveaux d'éclairage recommandés nous a permis de dire que ces pièces peuvent être occupées confortablement par un escalier, Salle à manger, Chambre à coucher, Bureau, Cuisine, Grenier et cave, qui nécessitent une illumination moyenne comprise entre 60 lux et 250 lux. Cependant, La luminance qui arrive au fond des pièces aménagées sur toute la profondeur du bâti (6 m) donne des valeurs de luminances très faibles, comprises entre 22 et 48 cd/m².

9. OPTIMISATION DE L'ÉCLAIREMENT:

Afin d'optimiser la lumière au fond de la pièce éclairée par la première typologie de puits:

- Nous avons augmenté la réflectance des parois de 68% à 99.48%, la simulation a donné des valeurs légèrement augmentées.
- En ajoutant un élément réflecteur sur la paroi qui reçoit plus d'éclairage, selon les courbes isolux, cet élément a permis d'homogénéiser la lumière sur les différentes surfaces. Cependant, les valeurs restent pratiquement les mêmes.

- En rajoutant un élément réflecteur et spéculaire ($\rho=88.6\%$, spécularité=80%) sur la paroi qui reçoit plus d'éclairage, les résultats montrent une augmentation de la luminance au centre du fond de la pièce.
- En diminuant la profondeur de la pièce à 3m, les valeurs sont considérablement supérieures au cas d'une pièce plus profonde.

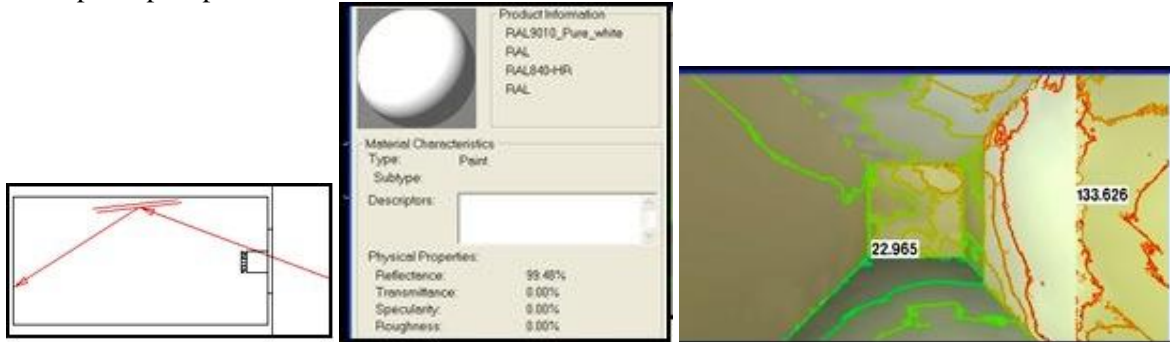


Figure 7. Résultats de simulation en rajoutant un élément réflecteur

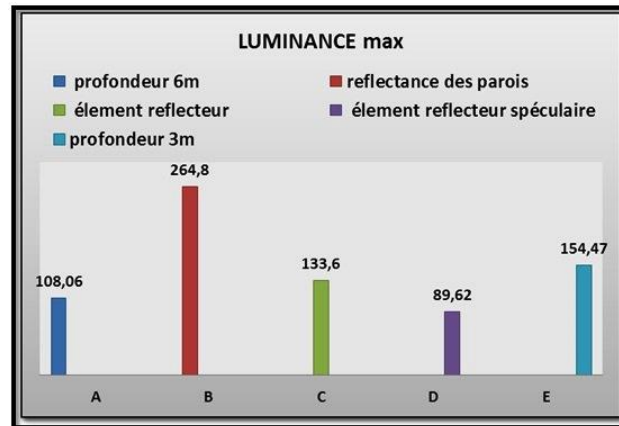


Figure 8. Optimisation de la lumière (cas de la cour centrale avec puits intégré dans les étages intermédiaires).

Pour le cas d'une pièce éclairée par une Cour en arrière, hauteur 18m, sans Verrière: et dans le même objectif d'une optimisation et d'une homogénéisation de la lumière, nous avons testé uniquement le cas de diminution en profondeur pour les trois positions de la pièce. Les résultats entre les deux profondeurs donnent les mêmes valeurs pour la position "gauche", contrairement aux autres positions "droite et centre"; les luminances sont plus importantes en diminuant la profondeur.

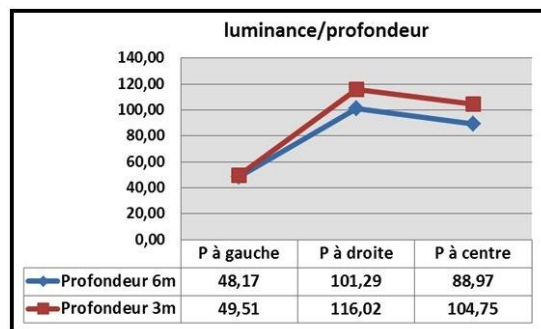


Figure 9. Optimisation de la lumière (cas de la cour centrale).

De même, dans le but d'optimiser l'éclairage au fond de la typologie relative à la cour centrale avec puits intégré dans les niveaux intermédiaires qui perd largement sa performance en couvrant ses puits (central et intégré) par une verrière, nous avons remplacé le vitrage vertical par un autre présentant une réflexion améliorée et une transmission moins importante, nous avons aussi augmenté la transmission du vitrage horizontal. ce qui à augmenter d'après les résultats de simulation les valeurs d'éclairage.

10. CONCLUSION GÉNÉRALE :

Pour une parcelle carrée de trois mitoyennetés, les typologies de puits de lumière qui permettent un meilleur éclairage au niveau de la partie la plus profonde sont : la cour derrière un bâtiment et la cour centrale avec puits intégré dans les étages intermédiaires. La performance de ces typologies peut être améliorée par l'influence de la hauteur dont le rapport avec la pénétration des rayons lumineux est inverse.

Si une des parois de ces puits est matérialisée par un talus (faible réflectance), il peut ne pas y avoir une large influence, par rapport au cas où toutes les parois sont matérialisées par des bâtiments avoisinants. Ceci dans le cas où elle est orientée au nord.

La performance et l'optimisation de l'éclairage naturelle à travers un puits de lumière dépend de sa typologie, c'est-à-dire forme, hauteur, largeur et position par rapport au bâtiment, dépend aussi de l'orientation et la profondeur des pièces ; ainsi que des caractéristiques des matériaux tel que les matériaux innovants avec transmittances, réflectances et sécularités améliorées permettent une optimisation plus poussée.

Pour une optimisation de la lumière, les valeurs d'éclairages peuvent être ainsi améliorées et homogénéisées en augmentant la réflectance des parois, en ajoutant des éléments réflecteurs spéculaires ou en diminuant la profondeur des espaces.

Aussi, le choix adéquat du verre avec une transmission ou réflectance augmentée peut donner un éclairage important et proche au même cas d'un puits de lumière sans verrière.

Enfin, réussir son choix de puits de lumière et maîtriser sa performance aide à assurer un éclairage adéquat des espaces profonds, créer un confort visuel et économiser donc de l'énergie artificielle.

11. BIBLIOGRAPHIE:

- Ben-Hamouche, Mustapha. 2008. «Climate, cities and sustainability in the arabian region: Compactness as a new paradigm in urban design and planning». *Archnet-IJAR, International Journal of Architectural Research* Copyright Archnet-IJAR. Volume 2 - Issue 2 –.
- Broto, Carles, Michel Perraudou, et Pascale Avouac. 2011. *Construire avec la lumière naturelle, concevoir un bâtiment en fonction de la lumière naturelle*. CSTB éditions. Batir le développement durable.
- Fontoyment. Marc. 2003. *L'éclairage naturel des bâtiments*. Edition architecture climatique. Louvain-La-Neuve.
- Reiter, Sigrid, et André De Herde. 2003. *L'éclairage naturel des bâtiments*. Edition architecture climatique. Louvain-La-Neuve.
- Tizouiar, Ouahiba. 2012 . «Disponibilité de l'éclairage naturel en milieu urbain dense, investigation sur la performance de puits de lumière naturelle ». mémoire de magister, Ecole polytechniques d'architecture et d'urbanisme d'Alger, <http://labolae.wordpress.com/axes-de-recherche/ambiances-architecturales-et-urbaine>.