

## **Chapitre V**

### **La simulation du système light shelf**

#### **Introduction**

Le confort visuel est assuré lorsque la quantité d'éclairement qui présente dans un espace est suffisante pour accomplir une tâche déterminée sans avoir de gêne pour l'œil humain. Cette gêne peut être le résultat d'un niveau d'éclairement qui n'est pas adapté à la tâche, de l'éblouissement ou d'une composition d'une lumière qui n'est pas compatible avec le niveau d'éclairement et l'activité. Afin de répondre aux exigences du confort visuel, l'architecte au cours de sa conception, essaye de capter le maximum de lumière à travers le choix de l'orientation de la fenêtre, sa configuration, sa dimension, sa hauteur, la nature du vitrage...etc. Cette stratégie est apparue efficace, mais elle permet simplement d'augmenter le niveau d'éclairement à quelques lux près de la fenêtre, tout en laissant le fond de l'espace obscur et par conséquent, contribue à l'inconfort visuel.

Après l'apparition des outils informatiques qui sont spécialisés en éclairage, l'étude de la lumière naturelle et même artificielle en architecture est devenue un phénomène facile à étudier. Le domaine de l'éclairage naturel des bâtiments a connu la création de plusieurs logiciels; citons " DIALUX ", " VILUX ", " ECOTECT ", " ENERGIE+ ", " RADIANCE " ...etc. Ces outils permettent d'étudier le comportement de la lumière dans l'espace architectural, de faire une étude quantitative, qui permet de connaître le niveau d'éclairement et de luminance dans chaque point du local comme ils permettent aussi de faire une étude qualitative. Ces logiciels sont faciles à manipuler et donnent des résultats qui sont proches de la réalité. Plusieurs projets dans le monde ont vu leur conception être faite par des logiciels.

Au cours de cette simulation, on va essayer de répondre à deux objectifs, le premier est de faire une investigation exhaustive sur les différents types du système light shelf afin de choisir les configurations les plus adaptées au climat de la ville de Biskra. Le deuxième objectif est d'étudier le rendement du système light shelf dans l'espace architectural.

## **I. Les outils de simulation et de modélisation**

### **I.1. Mesures sur site**

Les mesures sur site sont un outil facile et simple à exécuter et permet d'étudier qualitativement et quantitativement la lumière dans un espace. Elles permettent de caractériser l'ambiance intérieure et d'obtenir les vraies valeurs d'éclairement, de luminance, etc... Pour effectuer des mesures sur site, il faut qu'on soit équipés du matériel adéquat. Cet outil offre la possibilité de combiner des études d'éclairage naturel et des études d'éclairage artificiel. Le choix de cet outil peut être compris entre deux limites. La première, c'est que ces mesures ne peuvent être réalisées qu'après la construction du bâtiment, la deuxième, qu'elles dépendent des conditions climatiques.

### **I.2. Les méthodes de calcul simplifiées**

Les méthodes de calcul simplifiées sont des outils qui permettent la prédétermination de la lumière naturelle. Ces outils se présentent sous forme d'algorithmes simplifiés, de tables, de nomogrammes, de diagrammes, ... et sous forme informatique ou sous format papier. Ces méthodes sont utilisées pour le calcul de l'éclairement, de facteur de lumière de jour, etc... La commission internationale de l'éclairage a développé à l'aide des formules et des abaques une méthode pour pouvoir estimer le FLJ à l'intérieur d'un local sous des conditions de ciel couvert. Ces méthodes sont généralement utilisées par les concepteurs dans la première phase d'esquisse d'un projet d'éclairage car elles donnent des valeurs approximatives d'éclairement dans un local, ce qui permet d'avoir une première idée sur l'éclairage de cet espace. Elles trouvent leurs limites dès que se présentent des besoins de visualisation de l'ambiance intérieure et d'analyse du confort visuel ainsi que dans des situations d'éclairage complexes. Ceci qui nous oblige de recourir à d'autres outils de prédétermination. Différentes méthodes simplifiées permettent de calculer l'éclairage intérieur en fonction de l'installation d'éclairage et de la lumière naturelle. Citons entre autres :

-La méthode des diagrammes de Waldram. Cette méthode est basée sur un système de projection du ciel sur une grille dont chaque élément représente une contribution (équivalente) du ciel pour l'éclairement du point considéré.

Il existe plusieurs diagrammes pour divers types de ciels, permettant des calculs pour différentes conditions extérieures.

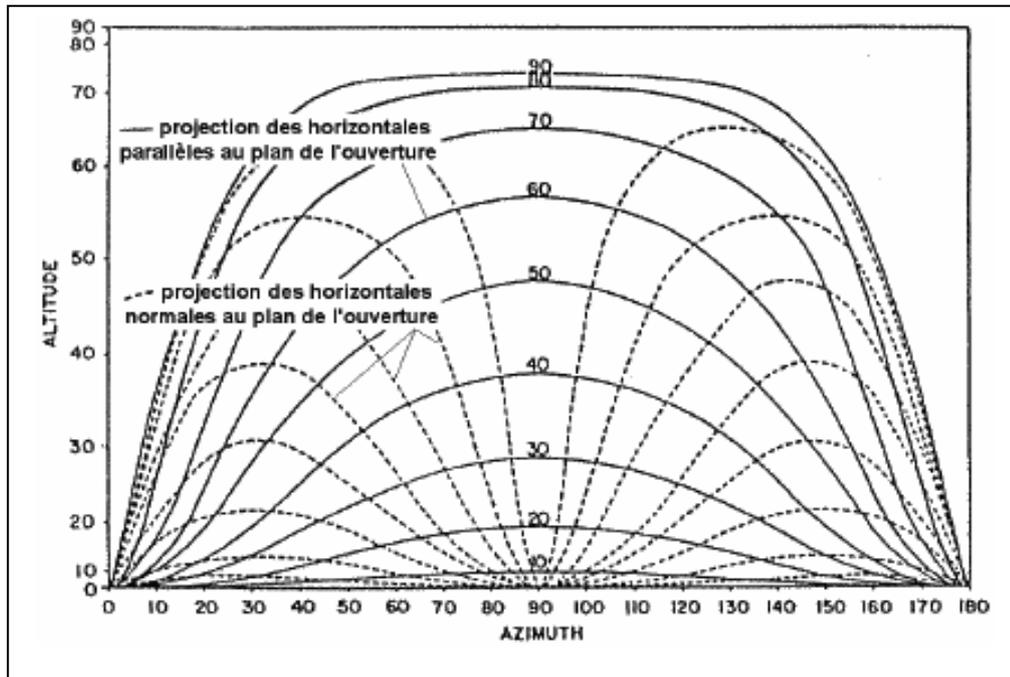


Figure 146: Diagramme de Waldram (Source : Francis Miguet)

-La méthode BRS. Elle est mise au point par le BRE (Building Research establishment- United Kingdom). C'est une méthode qui permet de calculer les valeurs de FLJ pour un ciel couvert en un point d'un local sur base de ses plans et du type du ciel. Ces méthodes relativement simples à appliquées prend en compte les obstructions extérieurs. Elle se repose sur l'emploi de disques qui, appliqués à la bonne échelle sur les vues en coupe des bâtiments, permettent de déterminer la composante directe de l'éclairage naturel. Différents disques offrent la possibilité de calculer les éclairagements naturels sous divers types de ciels.

-La norme NBN L 13-002 pour les calculs liés à la présence de la lumière naturelle. Elle est utilisée pour calculer la composante de l'éclairage due à l'éclairage naturel dans les bâtiments en fonction de la contribution directe du ciel et des réflexions lumineuses (composante directe, composante externe réfléchie et composante interne réfléchie) dans des conditions de ciel couvert.

-La norme NBN L 14-002/A1 pour les calculs sous éclairage artificiel. Elle permet, quant à elle, le calcul point par point des éclairagements sous éclairage artificiel.

### **I.3. Les logiciels informatiques**

Pendant ces dix dernières années, le domaine informatique a connu un progrès important, ce qui a donné naissance à des nouveaux programmes de simulation qui ont touché le domaine du bâtiment, ou les architectes ont commencé à utiliser ces multiples logiciels pour la prédétermination de la lumière naturelle dans leurs projets. Ces outils informatiques sont de deux catégories basés sur deux méthodes de calcul différentes : la technique de la radiosité et la méthode du lancer de rayon inverse. La méthode de la radiosité traite des échanges radiatifs entre surfaces parfaitement diffusantes formant un espace clos. Les logiciels basés sur la méthode de la radiosité traitent des volumes simples, éclairés par des ouvertures rectangulaires ou les calculs ne tiennent pas compte des surfaces spéculaires ni de l'aspect spectral du phénomène lumineux. Ainsi, ils sont généralement couplés à une base de données climatique. Alors que la méthode du lancer de rayon inverse tient compte de tous les phénomènes optiques qui peuvent être exprimé analytiquement par des équations physiques. Elle peut intégrer des matériaux spéculaires, semi-spéculaires, diffus, réfractant ou translucides. Cette méthode peut simuler de manière efficace des textures non-homogènes et des surfaces infiniment petites. Le bon exemple de logiciel utilisant cette méthode de calcul de propagation de la lumière est Radiance. Cependant, ces programmes demandent en général un temps d'apprentissage assez long et une certaine expérience. Ils sont donc réservés aux personnes spécialisées dans le domaine de l'éclairage naturel. Ils demandent également un temps de calcul relativement long. Ces logiciels requièrent également une description détaillée de tous les éléments de l'espace à modéliser et ne sont donc pas applicables au stade de l'esquisse ou de l'avant projet.

### **I.4. L'utilisation de modèles réduits**

En architecture, les concepteurs utilisent souvent les maquettes comme un outil de conception architecturale qui les aident à visualiser la volumétrie de leurs bâtiments ainsi que les espaces intérieurs et leurs organisations. Actuellement, et après le développement des techniques et technologies liées à la lumière et à l'image, l'utilisation de la maquette en architecture a dépassé ce stade. Elle a commencé par être un outil permettant d'étudier le confort visuel et de réaliser même la conception de l'éclairage, ce qui a donné naissance à trois types de maquettes, nous trouvons des maquettes sous ciel artificiel, Héliodon et des prototypes de

taille réelle. Ainsi, selon la phase de la conception, on utilise différents types de modèle : des modèles de masse qui permettent d'étudier le soleil disponible en fonction du site, de la localisation du bâtiment et de son orientation, des modèles permettant d'étudier les performances du bâtiment, comme, par exemple, la pénétration de lumière du jour et sa distribution, les niveaux de luminance, l'éblouissement et les contrastes et enfin, des modèles étudiant les ouvertures, le vitrage, le système d'ombrage, les éléments directionnels, etc....

## **II. Les types de simulateurs**

L'étude de l'éclairage naturel dans un local par l'utilisant des maquettes à échelle réduite ou réel peut se faire sous un ciel réel ou un ciel artificiel. Le ciel réel est caractérisé par l'instabilité de la luminance, il est très variable dans le temps, il dispose d'instrumentation très complexe et ne permet pas de mesures comparables. Alors que le ciel artificiel est un outil validé scientifiquement et utilisé dans plusieurs laboratoires d'études d'éclairage reconnus mondialement, dont le GRAP (Groupe De Recherche En Ambiances Physiques). Il est caractérisé par un environnement lumineux stable dans le temps et qu'il permet de réaliser des mesures sous des conditions lumineuses précises, ce qui permet de comparer entre les projets. Ce type de ciel est particulièrement adapté aux besoins des architectes dans l'intégration de stratégies d'éclairage naturel, assurant un lien étroit entre les différentes étapes de conception du projet architectural ainsi que les besoins particuliers en éclairage. Il existe différents instrumentation nécessaires dans la simulation dont :

### **II.1. Mirror box**

Le Mirror box est appelé aussi ciel à miroir, c'est une boîte de forme cubique de plus de 3 mètres de côté. Il est composé des murs intérieurs revêtus de miroirs très réfléchissants et d'un plafond lumineux constitué de 101 tubes fluorescents masqués par un matériau diffusant. Ce type de ciel offre plusieurs avantages, c'est un outil simple et maniable pour simuler un ciel couvert, comme le définit la Commission internationale de l'éclairage CIE. L'éclairement résultant sur le plan horizontal situé à la base du cube est de 10.000 lux et présente une très bonne uniformité. Les mesures s'effectuent à l'aide de luxmètres placés à l'intérieur et à l'extérieur du modèle réduit. Une caméra équipée d'un objectif à grand angle

est utilisée pour visualiser les ambiances intérieures, et fournit à l'utilisateur la représentation de la distribution lumineuse, comme s'il était à l'intérieur même du bâtiment. Le Mirror box permet aussi de tester différentes configurations de façades et donne des résultats très précis. Il est très didactique et permet d'étudier des modèles relativement grands dans une courte durée et avec moindre coût. Le seul inconvénient d'un Mirror box, qu'il ne permet pas de simuler différents types de ciel et ne tient pas compte de la composante directe du soleil.

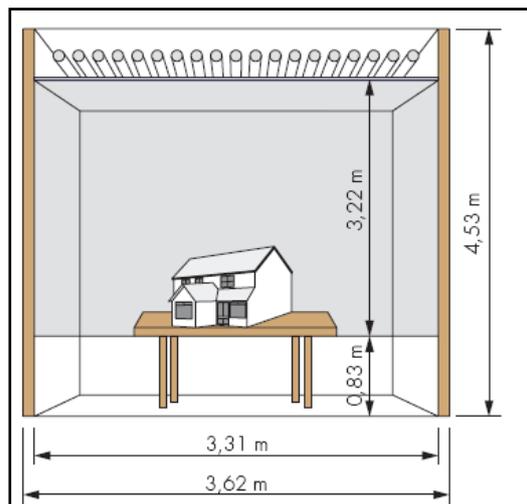


Figure 147 : Schéma de principe de la Mirror box  
(Source : Arnaud Deneyer)

## II-2- Ciel artificiel à une lampe

Le ciel artificiel à une lampe un outil plus complexe et plus puissant, destiné à simuler tout type de ciel, y compris celui qui fait intervenir la composante directe du soleil. Il repose sur un principe de subdivision du ciel en 145 disques lumineux (distribution théorique modifiée de Tregenza). Ces disques lumineux sont juxtaposés les uns aux autres, de manière à assurer une couverture complète du dôme (voir figure 149). L'intensité de leur flux lumineux est adaptée pour simuler les différents types de ciels : ciel couvert, clair, partiellement nuageux, etc ... Le ciel artificiel à une lampe permet des mesures précises d'éclairage naturel dans n'importe quelle heure et n'importe quel type de ciel choisis dans une courte durée d'environ 70 minutes. Ce type de ciel, et à l'opposé de la Mirror box ne permet pas de vue directe des ambiances lumineuses atteintes à l'intérieure du modèle, mais nous pouvons recomposer une vue de l'ambiance par la recomposition informatique des images prises lors du positionnement aux 145 positions. Le modèle doit être fixé sur un socle dur qui dépasse de 3 cm au moins des

parois du modèle et qu'il ait une hauteur maximale de 3 cm avant d'être fixé sur le plateau tournant. Le mobilier aussi doit être fixé au modèle, car la maquette va obéir différent rotation selon différents angles. Le poids total de la maquette sera limité à 15 kg pour, d'une part permettre à la table d'effectuer ses mouvements de rotation et, pour d'autre part, ne pas gêner la manutention.

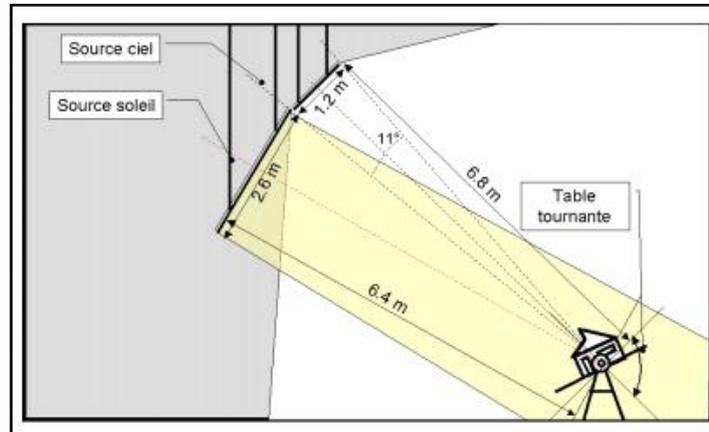


Figure 148: Ciel artificiel à une lampe  
(Source : Arnaud Deneyer)

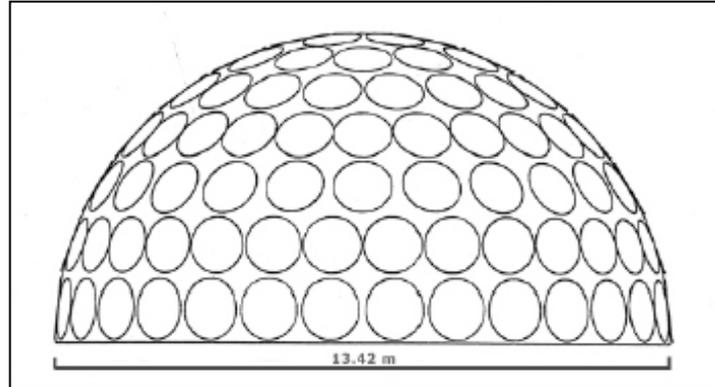


Figure 149: Vue en coupe des disques du dôme  
(Source : Arnaud Deneyer)

### II.3. Soleil mécanique

Le soleil mécanique est un outil didactique qui permet de visualiser notre perception du mouvement du soleil. Il est constitué d'une lampe mobile se déplaçant autour d'un modèle réduit et décrivant le mouvement du soleil pour une latitude donnée. Pour chaque simulation, le soleil décrit un cercle qui correspond à la base d'un cône dont l'axe principal est incliné. L'angle d'inclinaison de cet axe correspondant à la latitude du site considéré. La longueur du

côté du cône dépend du jour choisi. Sous ce simulateur, aucune mesure n'est effectuée. Il n'est utilisé que pour visualiser le déplacement du soleil et les ombres ou taches solaires associées.

#### **II-4- Soleil artificiel à une lampe**

Le soleil artificiel à une lampe est un simulateur qui permet une étude plus détaillée que le soleil mécanique car il combine observations et mesures. Il se compose de 91 petites lampes halogènes fixées au plafond. Son mouvement relatif est réalisé par la rotation de la maquette autour de deux axes indépendants. Il peut être utilisé pour évaluer l'aspect visuel induit par les rayons solaires. Cette observation est directe. Elle doit cependant être superposée aux valeurs obtenues lors des mesures sous ciel diffus, afin de refléter la réalité obtenue par combinaison du ciel clair avec le soleil. Les modèles sont fixés sur le plateau tournant via un système d'attaches réglables en fonction de la taille du modèle.

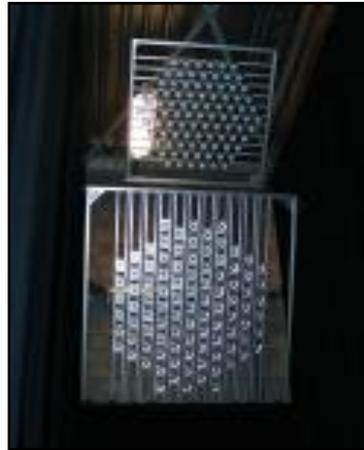


Figure 150 : Dispositif de ciel au-dessus et de soleil en dessous.  
(Source : Arnaud Deneyer)

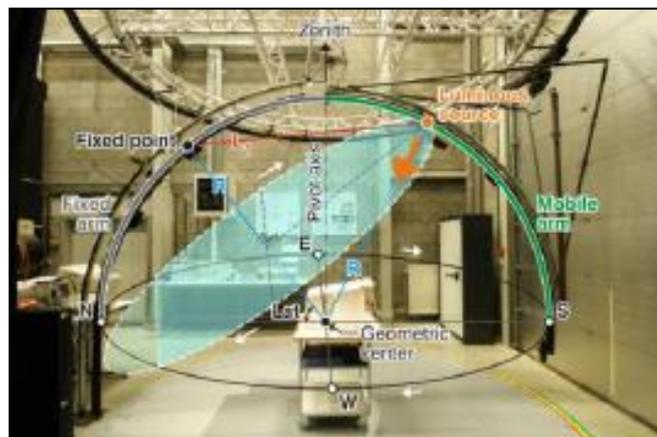


Figure 151 : Soleil mécanique (Source : CSTC)

### **III. Investigation exhaustive sur les types du light shelf**

La simulation informatique désigne un procédé selon lequel on exécute un programme informatique sur un ordinateur en vue de simuler un phénomène réel. En architecture, les architectes font des collaborations avec les éclairagistes pour développer des logiciels qui permettent de simuler l'éclairage naturel dans le bâtiment afin de faciliter la conception de l'éclairage et choisir la solution la plus fiable. Le choix de la simulation se fait à cause de la facilité de d'exécution par rapport à l'expérimentation. Il suffit seulement d'identifier les variables et les constantes (par exemple : les dimensions du local à simuler, choisir les matériaux ainsi que les coefficients de réflexion de ceux-ci,...etc) et faire entrer le fichier climatique de la région où la simulation va se dérouler. Le logiciel va calculer l'éclairement, donner les valeurs de luminance ou de FLJ; nous pouvons également avoir des interfaces graphiques permettant la visualisation des résultats des calculs par des images de synthèse ce qui rend la comparaison entre les différents résultats facile. La simulation de l'éclairage naturel par outil informatique permet de choisir les meilleures solutions parmi des centaines de solutions dans un temps réduit.

Dans notre cas d'étude et dans le but de faire une investigation exhaustive sur les types de light shelf et choisir les types les plus performants et les plus efficaces, nous avons choisi "Ecotect v5.5" pour simuler les différentes configurations du modèle.

#### **III. 1. Le choix du logiciel de simulation**

Ecotect v 5.5 est un logiciel de conception Haute Qualité Environnementale (HQE) destiné aux architectes, qui allie une vaste gamme de simulations et d'analyses pour bien comprendre les performances du bâtiment. C'est un logiciel de simulation simple et complet qui associe un modéleur 3D avec des analyses solaire, thermique, acoustique et de coût. Ecotect permet aux concepteurs de travailler facilement en 3D et d'utiliser tous les outils nécessaires à la gestion efficace de l'énergie. "Ecotect 5.5" offre plusieurs avantages, c'est un outil facile dans sa manipulation et sa compréhension, il permet de guider le processus de conception et aide les concepteurs à prendre les bonnes décisions dès la première phase d'esquisse, en ce qui

concerne la localisation de la construction, sa forme globale, son orientation, les matériaux utilisés pour l'extérieur ainsi que la taille des fenêtres et leur emplacement...etc. Un autre avantage important est qu'il est possible d'analyser la situation d'éclairage durant toute l'année tout simplement en attribuant les paramètres de simulation (comme l'emplacement, la date, l'heure, l'état du ciel etc). Il donne des résultats très visuels comme il peut être connecté avec d'autres logiciels (Radiance, EnergyPlus et d'autres logiciels performants). À partir d'Ecotect, nous pouvons importer des données de 3D Studio (.3DS .ASC .PRJ), Autocad (.DXF), EnergyPlus (.IDF), Windows Bitmap (.BMP). Comme nous pouvons faire des exportations vers DOE-2 (.INP), AIOLOS (.PPA), VRML (.WRL), ESP-r (.CFG), WinAir4 CFD (.GEO); Radiance (.RAD .OCT), EnergyPlus (.IDF), Autocad (.DXF). Ecotect offre six fonctions principales :

- La fonction Visual Impact, aide à analyser les angles de projection, les obstructions et les composants verticaux pour n'importe quel point ou surface.
- La fonction Solar Radiation Analysis, "Ecotect 5.5" permet de visualiser l'incidence des radiations solaires sur les fenêtres et les surfaces calculées pour chaque saison.
- La fonction Shadow and Reflections : permet les simulations d'ombres, de réflexions et indique la position du soleil et l'ensoleillement du projet comme elle montre comment la lumière entre par les fenêtres et se déplace dans l'espace.
- La fonction Daylight, permet de calculer les détails de l'ensoleillement, les facteurs d'éclairage naturels : les niveaux d'éclairement (lux), le facteur de lumière du jour (%), les réflexions intérieures et extérieures (%) à n'importe quel point du modèle, ainsi que les composantes du ciel. Selon le type de la grille (verticale ou horizontale), la fonction affiche les résultats en 2D et/ou en 3D. Elle simule aussi les économies potentielles qu'offre la conception axée sur l'éclairage naturel. Notre travail se base sur cette fonction.
- La fonction Thermal performance, permet de calculer les charges de chauffages et de climatisation pour toute types de zones, quelques soient leurs formes. Il analyse également les changements thermiques dû à l'occupation des bâtiments, aux apports internes, à l'infiltration, ainsi qu'aux différents équipements.

### **III. 2. La simulation du système light shelf**

L'objectif de cette simulation est de choisir les configurations du light shelf les plus efficaces et les plus performantes du point de vue du confort visuel et de la consommation d'énergie (celles qui éclairent mieux le local et permettent d'apporter la lumière au fond de l'espace). Cette évaluation va être faite par la connaissance et la comparaison des valeurs suivantes :

- Les valeurs de l'éclairement (en lux) reçu sur le plan du travail (0.9m).
- Les valeurs de FLJ (en %).

#### **III. 2. 1. Les paramètres de la simulation**

La simulation de l'éclairage naturel dans un local équipé d'un light shelf se base sur des paramètres constants et d'autres variables. Les paramètres constants sont les suivants :

- La location : la ville de Biskra (latitude 34.48 N, longitude 5°44N).
- La zone : Urbaine.
- Le type du ciel : ciel intermédiaire.
- Le logiciel de simulation : "Ecotect v5.5" (Fonction : Daylight Analysis).
  
- La géométrie du local :
  - Le local : Largeur=06m, longueur=12m, hauteur=3.2m.
  - La fenêtre : Largeur=1.8m, longueur=5m, hauteur sous plafond=0.4m, hauteur de l'allège =1m.
  - Le light shelf : Epaisseur =0.15m, longueur=5m, hauteur au plafond=1m, hauteur au sol =2.2m.
  
- Les matériaux :
  - Les murs : paroi intérieure (Brick plaster (Réflectance: 0,50)).
  - La dalle : paroi intérieure (ConcSlab OnGround (Réflectance: 0,40)).
  - Le plafond : paroi intérieure (suspender concrete ceiling (Réflectance: 0,96)).
  - Le light shelf : partie intérieure (Simple glazed (Réflectance: 0.92, ).
  - Le vitrage : intérieure (Simple glazed Aluminium Frame (Réflectance:0.92, U : 6 W/m2K)).

### Les paramètres à simuler :

- L'orientation de la fenêtre.
- Le type de light shelf :
  - Droit intérieur.
  - Droit extérieur.
  - Droit intérieur-extérieur.
  - Incliné vers l'intérieur.
  - Incliné vers l'extérieur.
- La largeur du light shelf : 0.5m, 1m, 1.5m et 2m.
- L'inclinaison du plafond : inclinaison  $0^\circ$ , inclinaison  $20^\circ$ .

**Remarque :** La simulation va pas prendre en considération les obstructions extérieurs et l'aménagement intérieur pour ne pas interrompre les résultats.

### III. 2. 2. La grille structurelle

La grille structurelle permet de diviser l'espace en grille, puis en points. Ces points peuvent être codés soit par des chiffres (1, 2,...) soit par le système chiffres et lettres (a1, a2, b1, B2,...). La grille utilisée dans la simulation à été faite à 0.9m du sol, représentant la hauteur plan de travail. Dans le but de voir les fluctuations des niveaux de lumière naturelle à partir de la fenêtre vers la face opposée de la l'espace, nous proposons une autre grille verticale.

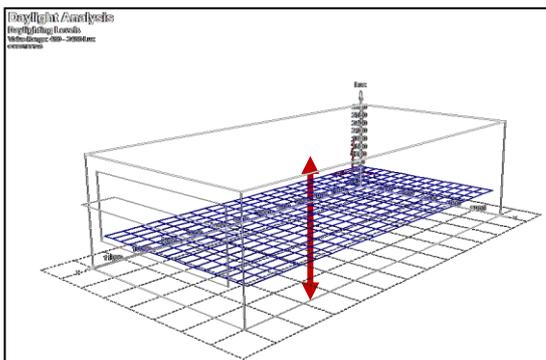


Figure 152 : Grille structurelle horizontale  
(Source : Auteur)

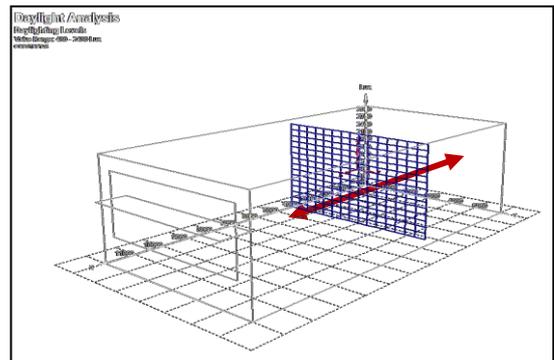


Figure 153: Grille structurelle verticale  
(Source : Auteur)

## IV. Analyse des résultats

### IV.1. Modèle sans light shelf

#### IV.1.1. Etude quantitative du modèle

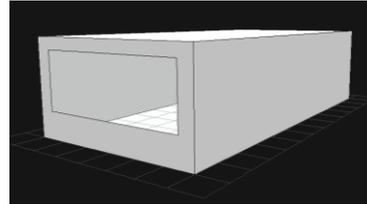


Figure154 : Modèle sans light shelf

L'objectif de cette simulation est de connaître la quantité d'éclairement qui rentre dans le local par la fenêtre uniquement et jusqu'à quelle profondeur l'espace est bien éclairé. La figure suivante montre que le local est partagé en quatre zones d'éclairéments différents:

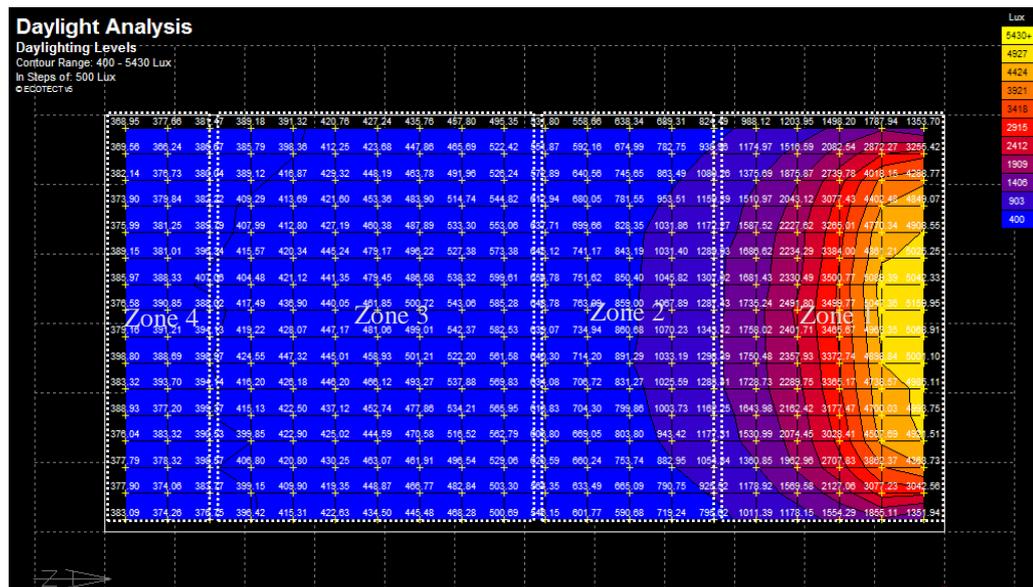


Figure 155: Local avec fenêtre sans light shelf (30 Décembre à 10h) : orientation Nord

- La zone1 (près de la fenêtre) : L'éclairement reçu dans cette zone est situé entre 5159.95lux et 1400 lux, et s'étend sur une profondeur de 3.3m (niveau très élevé).
- La zone2 (zone intermédiaire1) : La profondeur de cette zone est petite (occupe seulement 2.4m) et l'éclairement est compris entre 1400 et 700lux (niveau élevé).
- La zone3 (zone intermédiaire2) : La profondeur de cette zone reste réduite (4.8m) et l'éclairement se trouve entre 700 et 500lux (niveau moyen).
- La zone4 (loin de la fenêtre) : Cette zone est située au fond du local et s'étend sur une profondeur de 1.5m et l'éclairement est moins de 400lux (niveau faible).

## Interprétation

La fenêtre divise le local en quatre zones d'éclairéement différent. La zone 2 est la seule zone qui reçoit un bon niveau d'éclairéement (1400-600lux), mais sur une petite profondeur (3.1m), les trois autres zones sont mal éclairées : la zone 1 peut causer l'éblouissement à cause de son fort éclairéement et la zone 3 et 4 peuvent constituer un fort contraste par leur faible niveau d'éclairéement qui est 16 fois moins que celui reçu par la zone 1. On en conclut que, dans un local équipé d'une fenêtre seulement, l'éclairéement est mal réparti. La lumière que reçoit le local va éclairer la surface qui se trouve près de la fenêtre, puis cette quantité d'éclairéement va diminuer vers le fond du local ce qui permet une mauvaise répartition de la lumière.

### IV.1.2.Effet de l'orientation

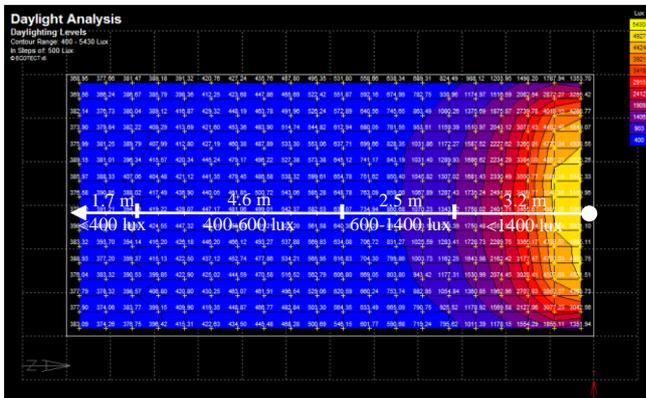


Figure 156: Local avec fenêtre sans light shelf (30 Décembre à 10h) : orientation Nord

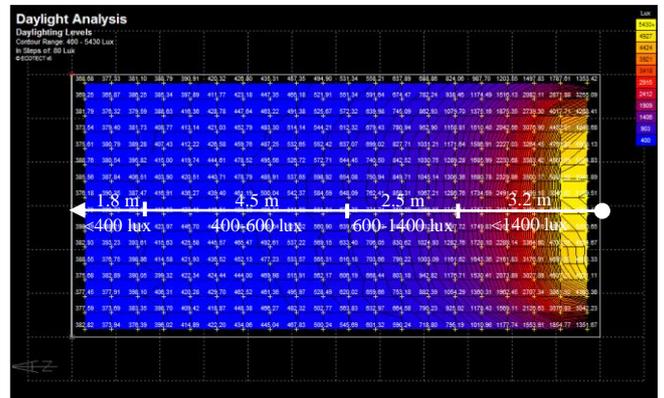


Figure 157: Local avec fenêtre sans light shelf (30 Décembre à 10h) : orientation Sud

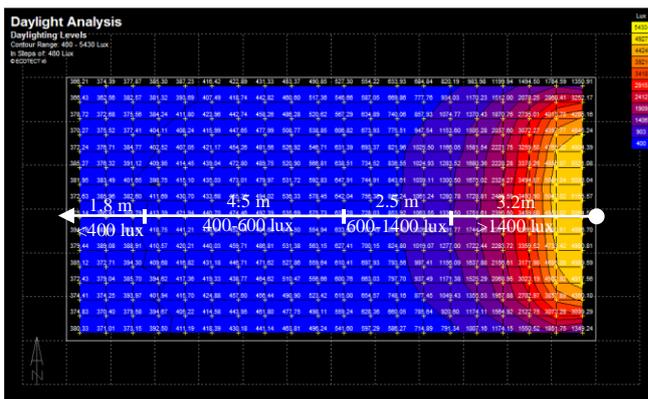


Figure 158: Local avec fenêtre sans light shelf (30 Décembre à 10h) : orientation Est

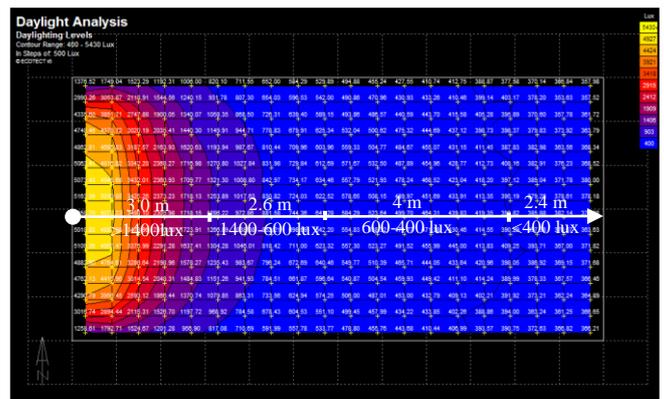


Figure 159: Local avec fenêtre sans light shelf (30 Décembre à 10h) : orientation Ouest

**Analyse des résultats**

L'éclairage des différentes Zones	La profondeur de la zone (m)			
	Nord	Sud	Est	Ouest
Zone1 : $E > 1400\text{lux}$	<b>3.2m</b>	3.2m	3.2m	3.0m
Zone 2 : $1400 > E > 600\text{lux}$	<b>2.5m</b>	2.5m	2.5m	2.6m
Zone3 : $600 > E > 400\text{lux}$	<b>4.6m</b>	4.5m	4.5m	4.0m
Zone 4 : $E < 400\text{lux}$	<b>1.7m</b>	1.8m	1.8m	2.4m

Tableau 25: La profondeur des zones d'éclairage dans les quatre orientations cas : local avec fenêtre sans light shelf (Source : Auteur)

Orientation	Eclairage reçu par la fenêtre (lux)	Eclairage reçu à 10.5m de la fenêtre (lux)
<b>Nord</b>	5159.95	<b>394.13</b>
<b>Sud</b>	5159.51	393.69
<b>Est</b>	5155.57	388.79
<b>Ouest</b>	5163.39	385.88

Tableau 26: Valeurs d'éclairage reçues dans les quatre orientations cas : local avec fenêtre sans light shelf (Source : Auteur)

Les orientations partagent le local en quatre zones. L'éclairage reçu dans la zone 1 et 4 est presque le même dans toute les orientations. La largeur de la zone 4 ou l'éclairage est inférieur à 400 lux est réduite, ceci dans les orientations Nord, Sud et Est (1.7- 1.8m seulement), alors qu'elle est plus large dans l'Ouest (2.4m). Ce qui nous intéresse le plus, c'est la largeur des zones 2 et 3 ou nous avons remarqué que l'éclairage est important quand on oriente la fenêtre vers le Nord (7.1 m).

Nous remarquons aussi que les valeurs d'éclairage obtenues dans les quatre orientations sont proches les unes des autres surtout au niveau de la quantité d'éclairage que reçoit la fenêtre ainsi que dans la quantité d'éclairage reçu à 10.5 m de profondeur. Nous constatons que l'orientation Nord est celle qui reçoit la plus grande quantité d'éclairage (**394.13 lux**).

## Interprétation

L'orientation Nord donne les meilleurs résultats du point de vu uniformité. Elle transmet le mieux la lumière au fond de l'espace. Cette quantité atteint 394.13lux à 10.50m de la fenêtre. L'orientation la plus défavorable est celle face à l'ouest; elle capte plus de lumière mais elle éclaire moins le fond du local. Cette première conclusion confirme que le coté nord est le coté le plus éclairé de la voute céleste avec une lumière plus stable. Donc, au cours des simulations suivantes, nous allons travailler sur l'orientation Nord à cause de son rendement d'un coté et de son adaptation au climat de la ville de Biskra, d'un autre coté.

## IV.2.Modèle équipé d'un système light shelf

### IV.2.1. Effet de l'orientation

Dans le but de connaitre l'influence du système light shelf sur le niveau d'éclairément et la répartition de la lumière dans le local dans les différentes orientations, nous proposons la simulation suivante :

La configuration du modèle :

- Light shelf de type droit intérieur
- Profondeur de light shelf : 1m
- Plafond : droit

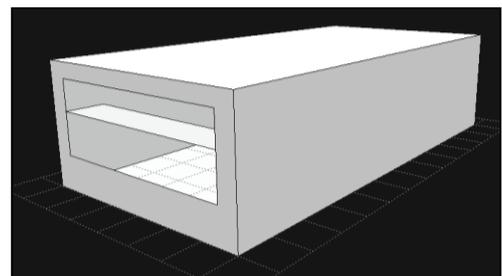


Figure160: Modèle avec light shelf droit intérieur

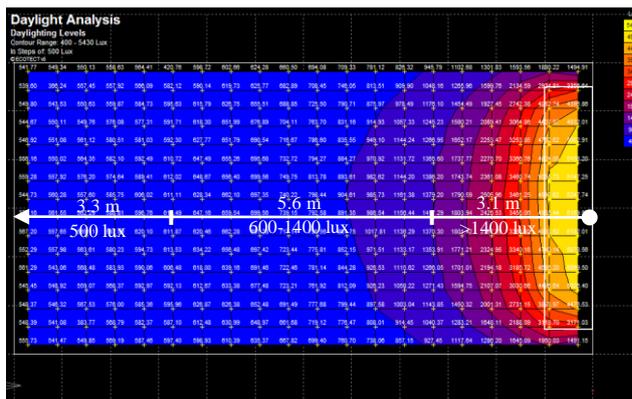


Figure161 : Local avec fenêtre équipé du système  
Cas : orientation Nord (30 Décembre à 10h)

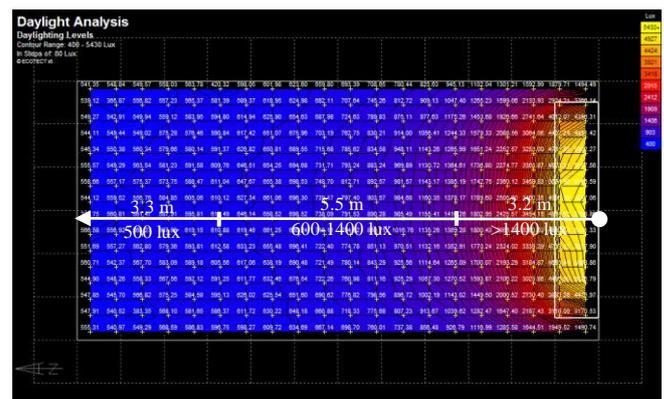


Figure162 : Local avec fenêtre équipé du système  
Cas : orientation Sud (30 Décembre à 10h)

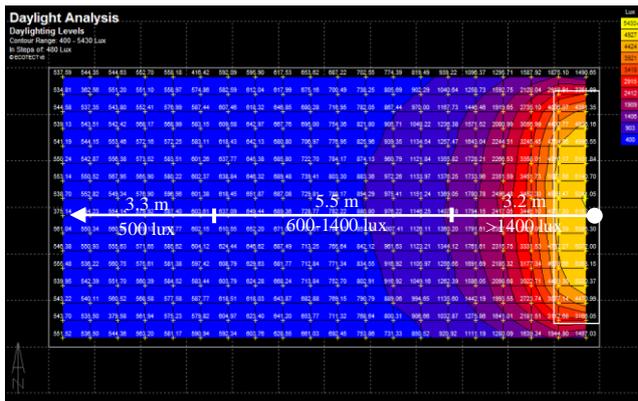


Figure 163 : Local avec fenêtre équipé du système  
Cas : orientation Est (30 Décembre à 10h)

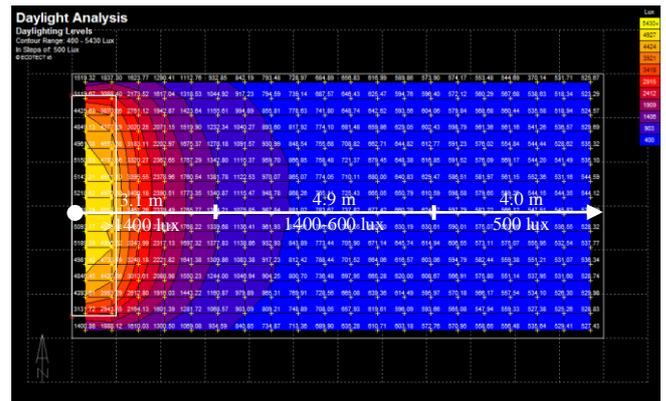


Figure 164: Local avec fenêtre équipé du système  
Cas : orientation Ouest (30 Décembre à 10h)

### Analyse des résultats

L'éclairement des différentes Zones	La profondeur de la zone (m)			
	Nord	Sud	Est	Ouest
Zone 1 : E > 1400lux	<b>3.1m</b>	3.2m	3.2m	3.1m
Zone 2 : 1400>E>600lux	<b>5.6m</b>	5.5m	5.5m	4.9m
Zone 3 : E moy500lux	<b>3.3m</b>	3.3m	3.3m	4.0m

Tableau 27: La profondeur des zones d'éclairement dans les quatre orientations  
Cas : local avec fenêtre avec light shelf (Source : Auteur)

Orientation	Eclairement reçu à 10.5m de par la fenêtre (lux)
<b>Nord</b>	<b>562.29</b>
<b>Sud</b>	561.47
<b>Est</b>	554.14
<b>Ouest</b>	547.51

Tableau 28: Valeurs d'éclairement reçues à 10.5m dans les quatre orientations Cas : local avec fenêtre sans light shelf (Source : Auteur)

Nous remarquons que le système light shelf permet de partager le local en trois zones seulement au lieu de quatre et la zone 2 occupe plus de la moitié de la surface. Nous constatons aussi une augmentation du niveau d'éclairement surtout dans les zones 2 et 3 ou l'éclairement est devenu deux fois plus fort alors que l'éclairement reçu dans la zone 1

reste presque identique dans toutes les orientations. Cette augmentation résulte de la réflexion de la lumière par la partie supérieure du light shelf. Dans les orientations Nord, Sud et Est, La zone 3 s'étend sur une surface de 3.3m avec un éclairage au fond du local qui n'est pas moins de 500lux (niveau moyen). Et si nous comparons l'éclairage reçu à 10.5 m de la fenêtre dans toutes les orientations, nous trouvons que l'orientation Nord reste toujours la meilleure car elle permet de transmettre la lumière au fond du local et l'éclairage atteint à cet distance 562.29 lux. L'orientation Ouest est la plus défavorable.

### **Interprétation**

Après l'ajout du système light shelf à la fenêtre, nous constatons que l'orientation Nord reste toujours la meilleure de point de vue d'une part, de la répartition de la lumière dans le local, ou plus de la moitié de surface du local est bien éclairée (plus de 600lux) et d'autre part, de la quantité d'éclairage que reçoit le fond de l'espace qui n'est pas moins de 500lux à 12 m de profondeur. Donc, le light shelf n'a pas une influence considérable sur l'orientation de la fenêtre. Notons que les orientations Est et Sud donnent des résultats proches de ceux obtenues par l'orientation Nord.

### **Configuration 1 : light shelf droit intérieur**

Le modèle utilisé dans la simulation suivante va prendre les mêmes caractéristiques géométriques qui sont utilisées précédemment, De plus, toutes les simulations suivantes seront faites le 30 décembre à A10h. Les paramètres à simulés sont l'effet de la profondeur du système light shelf (0.5m, 1m) et l'inclinaison du plafond (0°, 20°).

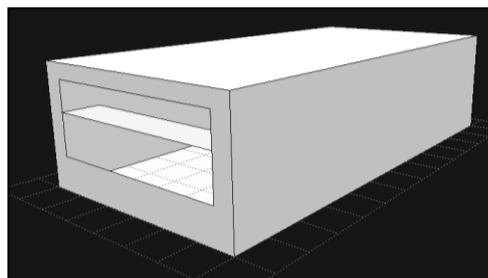


Figure165 : Configuration 1: light shelf intérieur

Cas 1 : Light shelf de 0.5m de profondeur avec un plafond droit

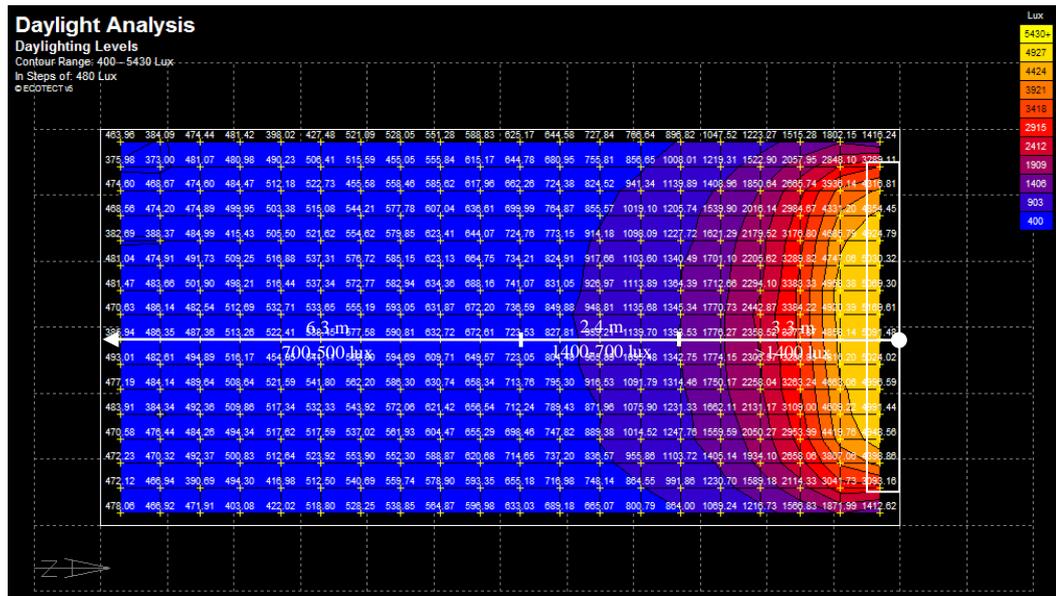


Figure 166 : Local avec fenêtre équipé du système Light shelf de profondeur de 0.5m  
Cas : plafond droit

Cas 2 : Light shelf de 0.5m de profondeur avec un plafond incliné

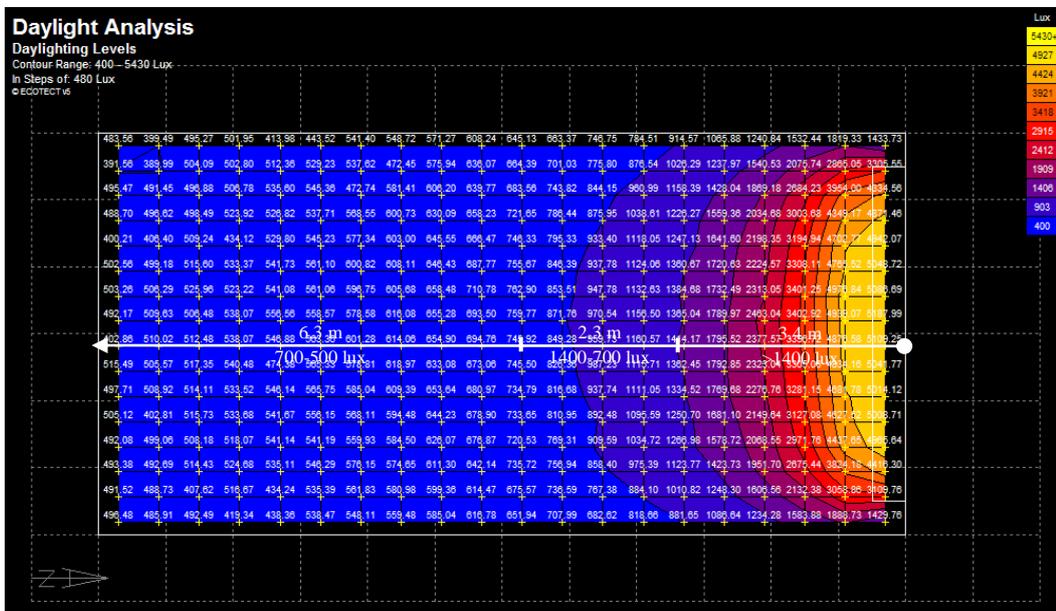


Figure 167 : Local avec fenêtre équipé du système Light shelf de profondeur de 0.5m  
Cas : plafond incliné

Cas 3 : Light shelf de 1m de profondeur avec un plafond droit

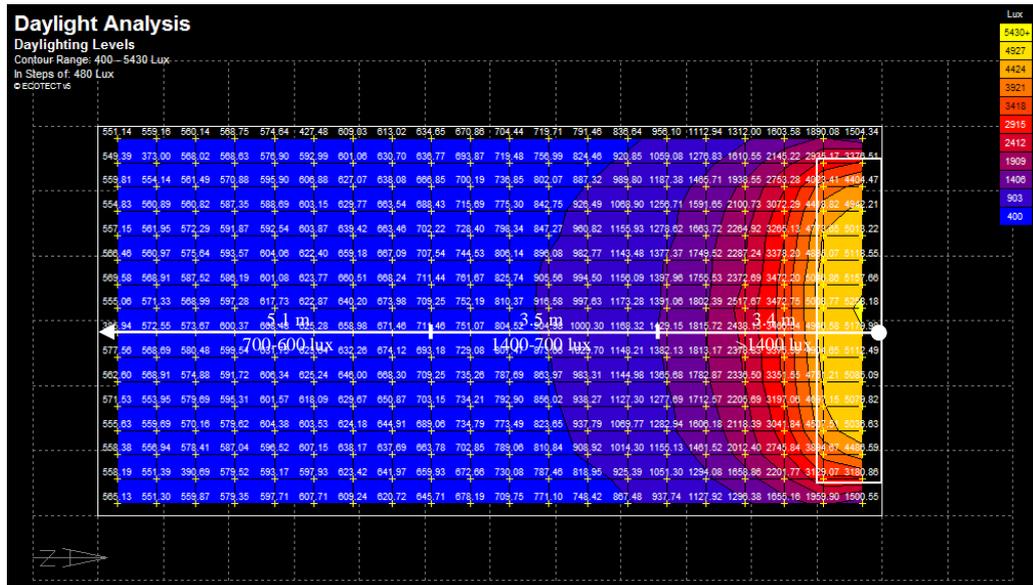


Figure 168 : Local avec fenêtre équipé du système Light shelf de profondeur de 1m  
 Cas : plafond droit

Cas 4 : Light shelf de 1m de profondeur avec un plafond incliné

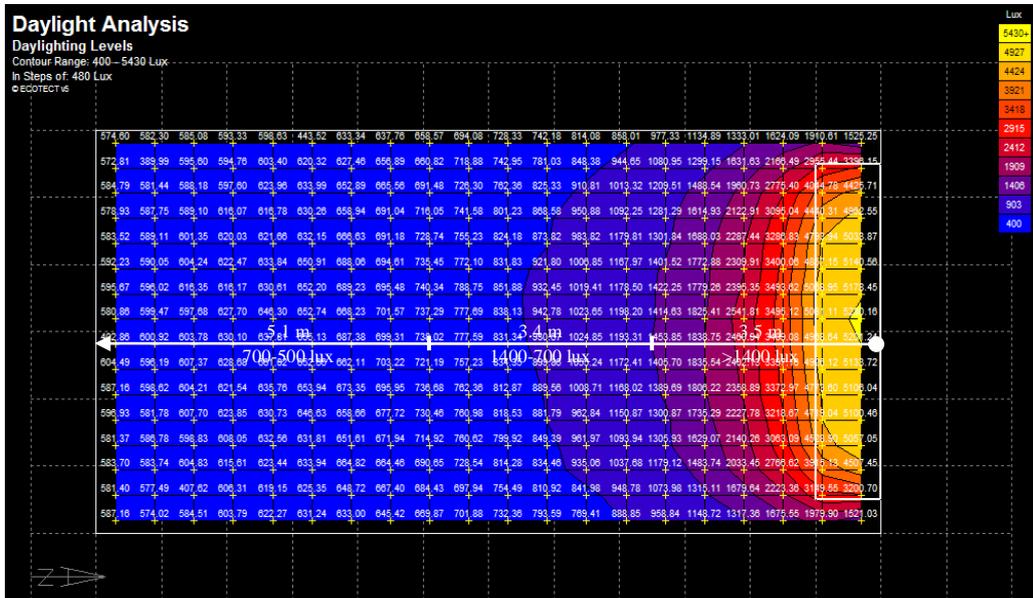


Figure 169 : Local avec fenêtre équipé du système Light shelf de profondeur de 1 m  
 Cas : plafond incliné

## Analyse des résultats

L'éclairéement des différentes Zones	La profondeur de la zone (m)			
	Cas1	Cas2	<b>Cas3</b>	<b>Cas4</b>
Zone1 : $E > 1400\text{lux}$	3.3	3.4	<b>3.4</b>	<b>3.5</b>
Zone 2 : $1400 > E > 700\text{lux}$	2.4	2.3	<b>3.5</b>	<b>3.4</b>
Zone 3 : $700 > E > 500\text{lux}$	6.3	6.3	<b>5.1</b>	<b>5.1</b>

Tableau 29: La profondeur des zones d'éclairéement pour les quatre cas de la configuration 1 (Source : Auteur)

Orientation	Eclairéement reçu à 10.5m de par la fenêtre (lux)	Eclairéement reçu au centre de la fenêtre (lux)
Cas 1	487	5091.48
Cas 2	512	5109.25
<b>Cas 3</b>	<b>573</b>	<b>5179.98</b>
<b>Cas 4</b>	<b>603</b>	<b>5201.24</b>

Tableau 30: Valeurs d'éclairéement reçues pour les quatre cas de la configuration 1 (Source : Auteur)

Dans les quatre cas, nous constatons une augmentation du niveau d'éclairéement dans le local, surtout dans la zone 2, où elle est devenue plus large. Elle atteint dans le troisième cas 3.5m de largeur avec un éclairéement compris entre 1400 et 700 lux. Cette augmentation de l'éclairéement est due à l'effet de la réflexion de la partie supérieure du système light shelf ainsi que l'inclinaison du plafond. A 10.50m de profondeur, l'éclairéement est huit fois moins que celui reçu par la fenêtre qui atteint dans le quatrième cas 603 lux. Cette configuration a augmenté l'éclairéement au niveau de la fenêtre, ce qui peut augmenter le risque d'éblouissement.

### Interprétation :

Le système light shelf qui présente les caractéristiques suivantes : Largeur : 1m et plafond droit ou incliné à 20° est le meilleur du point de vue de la quantité d'éclairéement qu'il transmet au fond du local bien qu'il éclaire efficacement une très petite surface qui constitue seulement ¼ de la surface totale du local. Cette configuration ne conduit pas au confort visuel.

Configuration 2 : light shelf extérieur

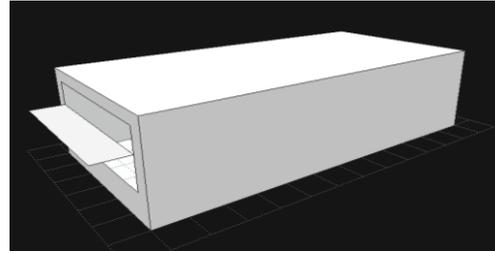


Figure 170 : Configuration 2 : light shelf extérieur

Cas 1 : Light shelf de 0.5m de profondeur avec un plafond droit

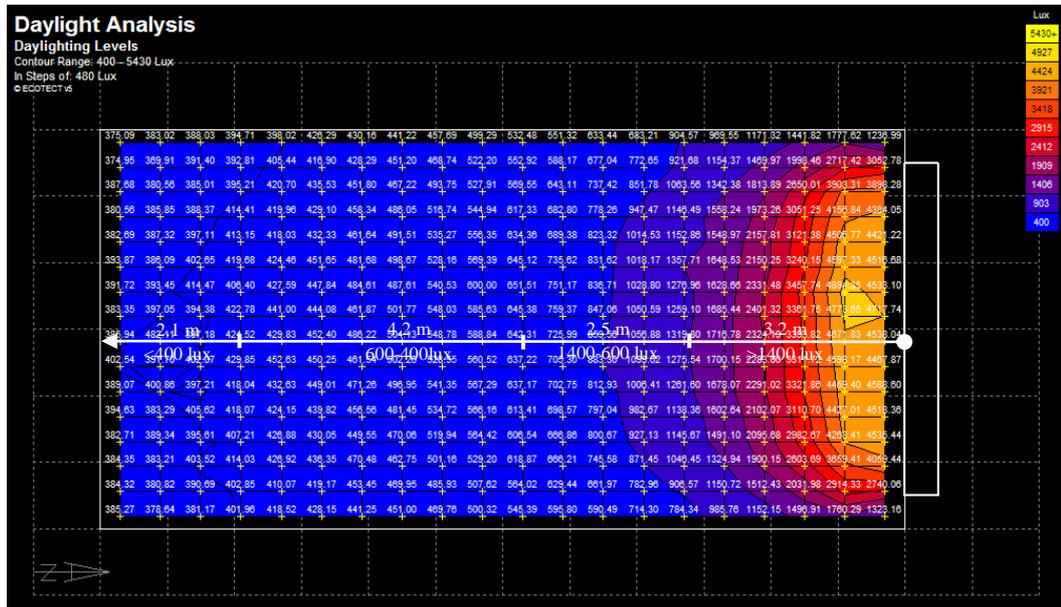


Figure 171 : Local avec fenêtre équipé du système Light shelf de profondeur de 0.5m Cas : plafond droit

Cas 2 : Light shelf de 0.5m de profondeur avec un plafond incliné

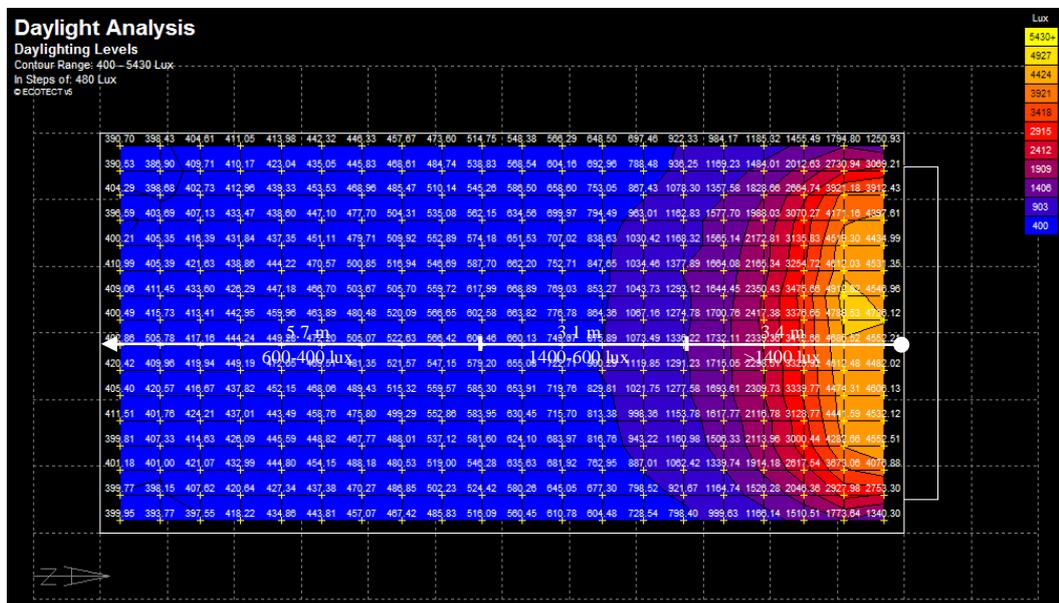


Figure 172 : Local avec fenêtre équipé du système Light shelf de profondeur de 0.5m Cas : plafond incliné

Cas 3 : Light shelf de 1m de profondeur avec un plafond droit

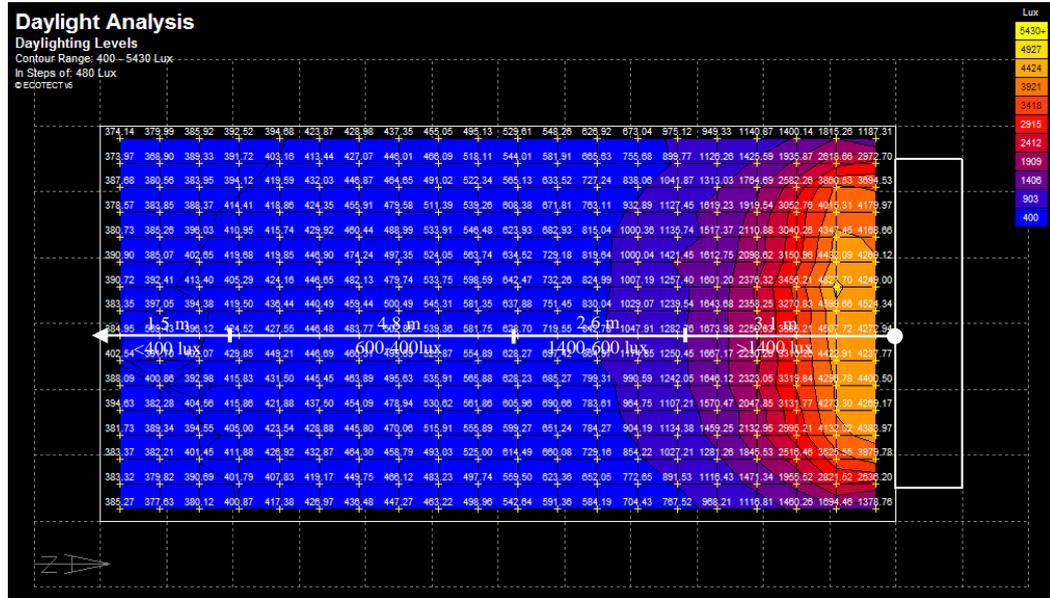


Figure 173 : Local avec fenêtre équipé du système Light shelf de profondeur de 1m  
 Cas : plafond droit

Cas 4 : Light shelf de 1m de profondeur avec un plafond incliné

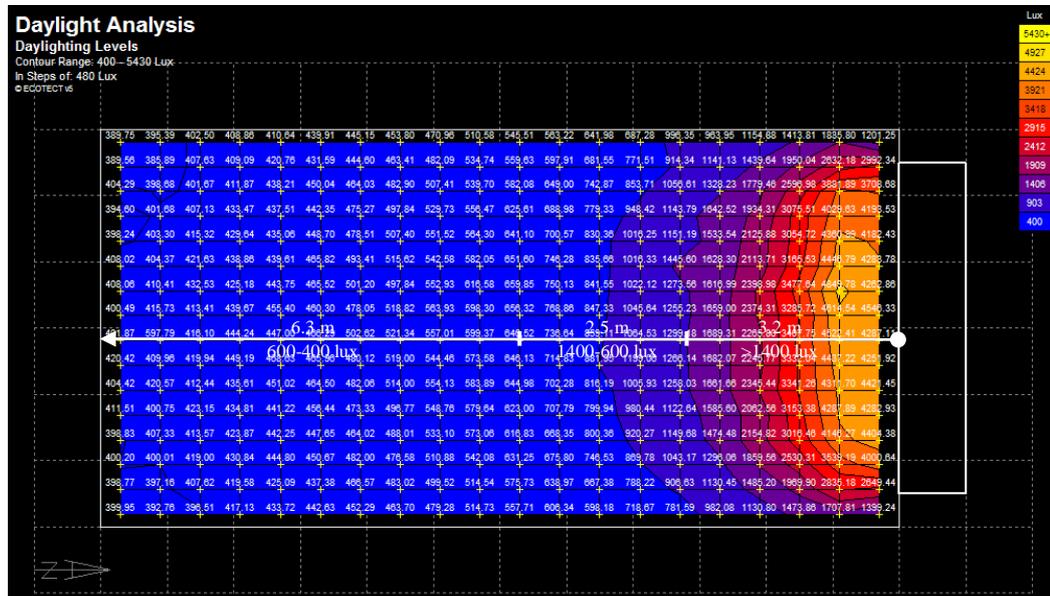


Figure 174 : Local avec fenêtre équipé du système Light shelf de profondeur de 1 m  
 Cas : plafond incliné

**Analyse des résultats**

L'éclairement des différentes Zones	La profondeur de la zone (m)			
	Cas1	Cas2	Cas3	Cas4
Zone1 : $E > 1400\text{lux}$	3.2	3.4	3.1	3.2
Zone 2 : $1400 > E > 600\text{lux}$	2.5	3.1	2.6	2.5
Zone 3 : $600 > E > 400\text{lux}$	4.2	5.7	4.8	6.3
Zone 4 : $E < 400\text{lux}$	2.1	-	1.5	-

Tableau 31: La profondeur des zones d'éclairement pour les quatre cas de la configuration 2 (Source : Auteur)

Orientation	Eclairement reçu à 10.5m de par la fenêtre (lux)	Eclairement reçu au centre de la fenêtre (lux)
Cas 1	397.18	4538.01
Cas 2	417.16	4552.21
Cas 3	396.12	4272.94
<b>Cas 4</b>	<b>418.10</b>	<b>4287.11</b>

Tableau 32: Valeurs d'éclairement reçues pour les quatre cas de la configuration 2 (Source : Auteur)

Nous remarquons que la zone 4 apparait à nouveau dans le premier et le troisième cas de cette configuration (light shelf extérieur). Cette zone est caractérisée par un faible niveau d'éclairement ( $< 400\text{lux}$ ) et par une petite largeur qui atteint seulement 2m. La largeur de la zone 2 est devenue moins petite si nous la comparons avec la configuration du light shelf intérieur ; cette diminution arrive jusqu'à 1.5m dans les cas où le plafond est droit. Nous constatons aussi une diminution de l'éclairement qui arrive au centre de la fenêtre ; cette diminution atteint 1114.13 lux dans le quatrième cas. Cela revient à la partie extérieure du système light shelf qui bloque la pénétration de la lumière. Ce type de light shelf apporte moins de lumière au fond du local. A 10.50 m de profondeur et dans le quatrième cas, l'éclairement reste faible et il atteint sa valeur maximale (417.10lux).

## Interprétation

Le type extérieur du système light shelf n'a pas donné de bons résultats si nous le comparons avec le type intérieur, car dans toutes ces configurations, la plus grande profondeur de la zone 2 ou l'éclairage est élevé reste petite et atteint seulement 3m. De plus, ce type n'augmente pas le niveau d'éclairage au fond du local qui reste faible (418.10 lux). Le système light shelf extérieur offre l'avantage de réduire la quantité d'éclairage reçu au centre de la fenêtre, ce qui réduit par conséquent l'éblouissement. Cette configuration ne répond pas aux exigences du confort visuel.

## Configuration 3 : light shelf intérieur+extérieur

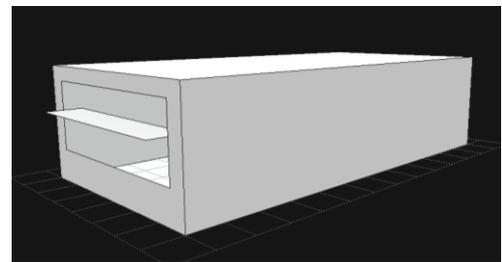


Figure175 : Configuration 3 : light shelf intérieur+extérieur

## Cas 1 : Light shelf de 1m de profondeur avec un plafond droit

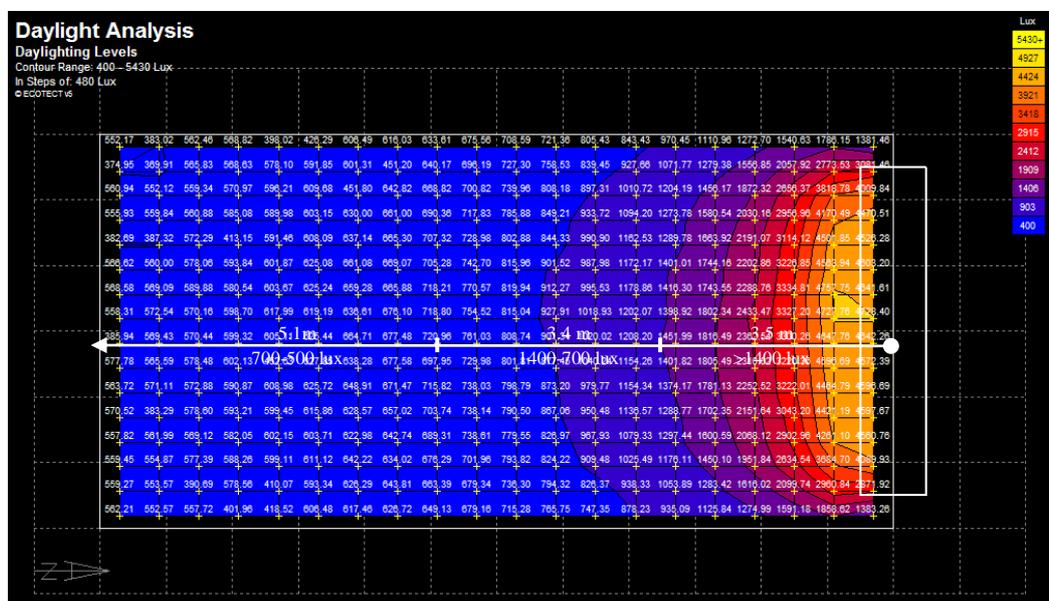


Figure 176 : Local avec fenêtre équipé du système Light shelf de profondeur de 1 m  
 Cas : plafond droit

Cas 2 : Light shelf de 1m de profondeur avec un plafond incliné

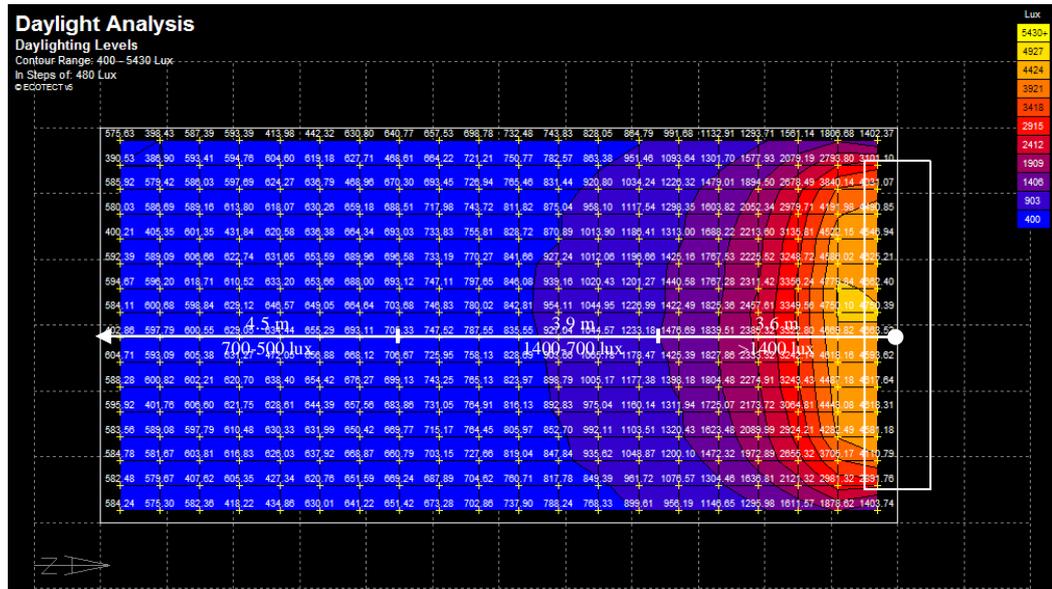


Figure 177 : Local avec fenêtre équipé du système Light shelf de profondeur de 1m  
 Cas : plafond incliné

Cas 3: Light shelf de 2m de profondeur avec un plafond droit

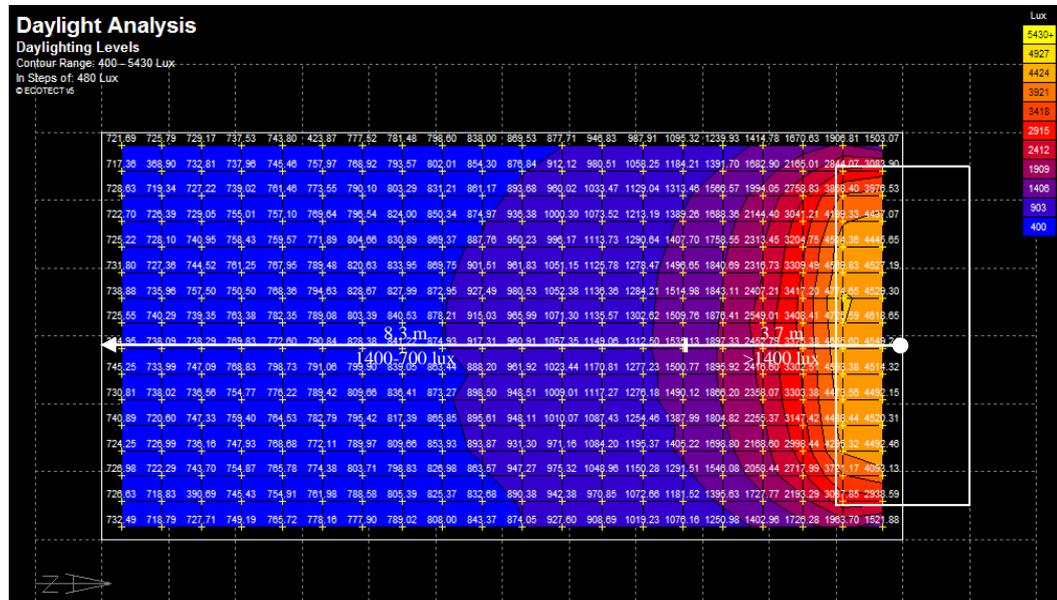


Figure 178 : Local avec fenêtre équipé du système Light shelf de profondeur de 2m  
 Cas : plafond droit

Cas 4 : Light shelf de 2m de profondeur avec un plafond incliné

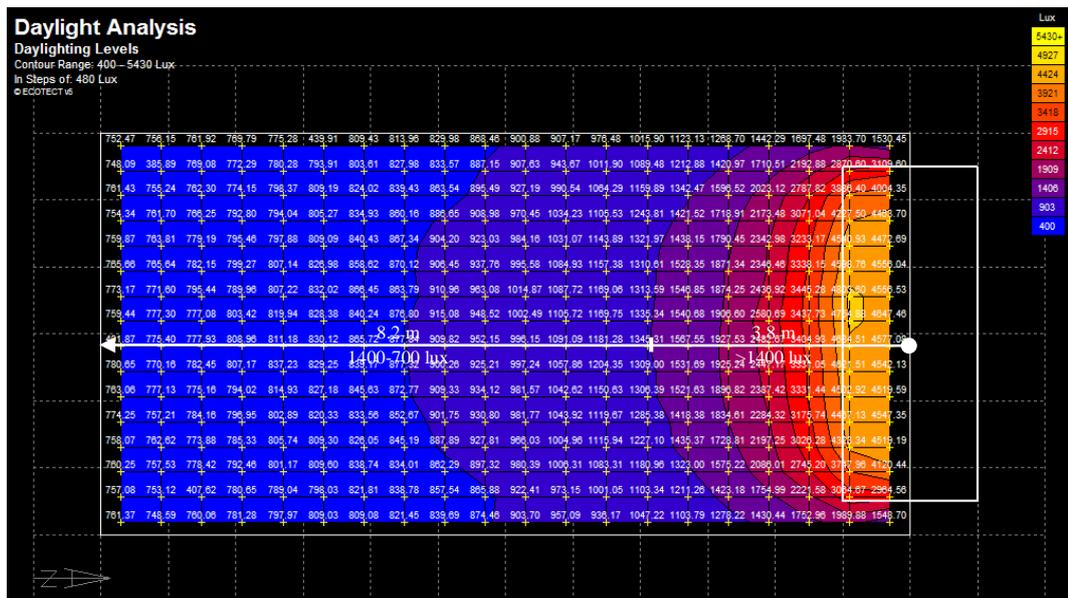


Figure 179 : Local avec fenêtre équipé du système Light shelf de profondeur de 2 m  
Cas : plafond incliné

Analyse des résultats

L'éclairement des différentes Zones	La profondeur de la zone (m)			
	Cas1	Cas2	Cas3	Cas4
Zone1 : $E > 1400\text{lux}$	3.5	3.6	3.7	3.8
Zone 2 : $1400 > E > 700\text{lux}$	3.4	3.9	8.3	8.2
Zone 3 : $700 > E > 500\text{lux}$	5.1	4.5	-	-

Tableau 33: La profondeur des zones d'éclairement pour les quatre cas de la configuration 3 (Source : Auteur)

Orientation	Eclairement reçu à 10.5m de par la fenêtre (lux)	Eclairement reçu au centre de la fenêtre (lux)
Cas 1	570.44	4842.28
Cas 2	600.55	4563.53
Cas 3	738.29	4549.21
<b>Cas 4</b>	<b>777.39</b>	<b>4577.08</b>

Tableau 34: Valeurs d'éclairement reçues pour les quatre cas de la configuration 3 (Source : Auteur)

Dans le premier et le deuxième cas, nous remarquons que le local est partagé en trois zones. La zone 2 qui est caractérisée par un bon niveau d'éclairage occupe seulement le 1/3 de la surface totale du local. Alors que dans le troisième et le quatrième cas, le local est partagé en deux zones seulement et la zone 2 devient deux fois plus large (elle occupe 2/3 de la surface du local) et l'éclairage est devenu plus fort au fond du local avec plus de 700lux à 10.50 m de profondeur. Nous constatons aussi que ce type permet de réduire la quantité d'éclairage reçu au niveau de la fenêtre. Cette diminution revient à la partie extérieure de cette configuration. En plus, la valeur minimale de l'éclairage reçu dans tout le local n'est pas inférieure à 500lux.

### **Interprétation**

Le système light shelf extérieur-intérieur est plus efficace que les deux configurations précédentes. Il permet de réduire la quantité d'éclairage reçue au niveau de la fenêtre et par conséquent, il va réduire l'effet de l'éblouissement et de contraste. Le meilleur cas est celui qui a 2 m de profondeur avec un plafond incliné car il apporte la lumière plus profondément dans le local (777.39lux à 10.50 m de profondeur).

On en conclut que, le système light shelf type extérieur-intérieur donne de bons résultats et permet une répartition plus au moins uniforme dans tout le local ce qui assure un confort visuel.

### **Configuration 4 : light shelf incliné vers l'intérieur**

L'inclinaison du light shelf dans les deux types (intérieur et extérieur) correspond à la latitude de la ville de Biskra, 34° :

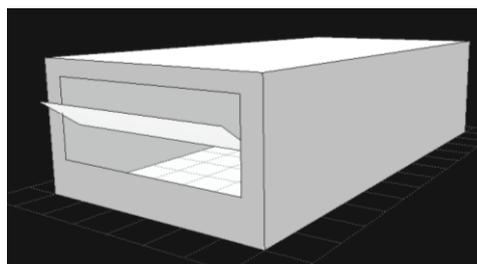


Figure 180 : Configuration 4 : light shelf incliné vers l'intérieur

Cas 1 : Light shelf de 1m de profondeur avec un plafond droit

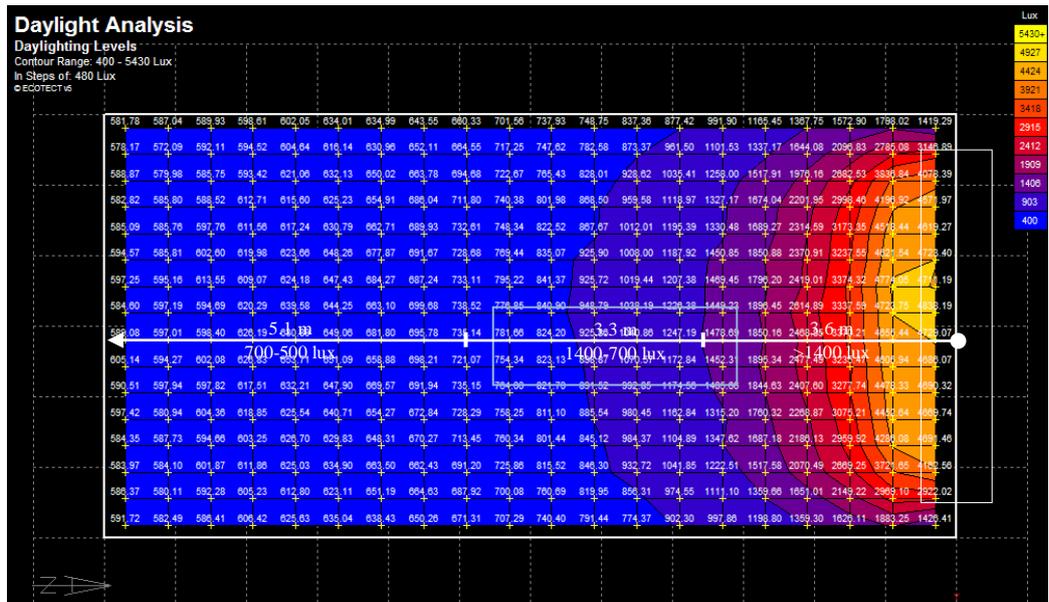


Figure 181 : Local avec fenêtre équipé du système Light shelf de profondeur de 1m  
 Cas : plafond droit

Cas 2 : Light shelf de 1m de profondeur avec un plafond incliné

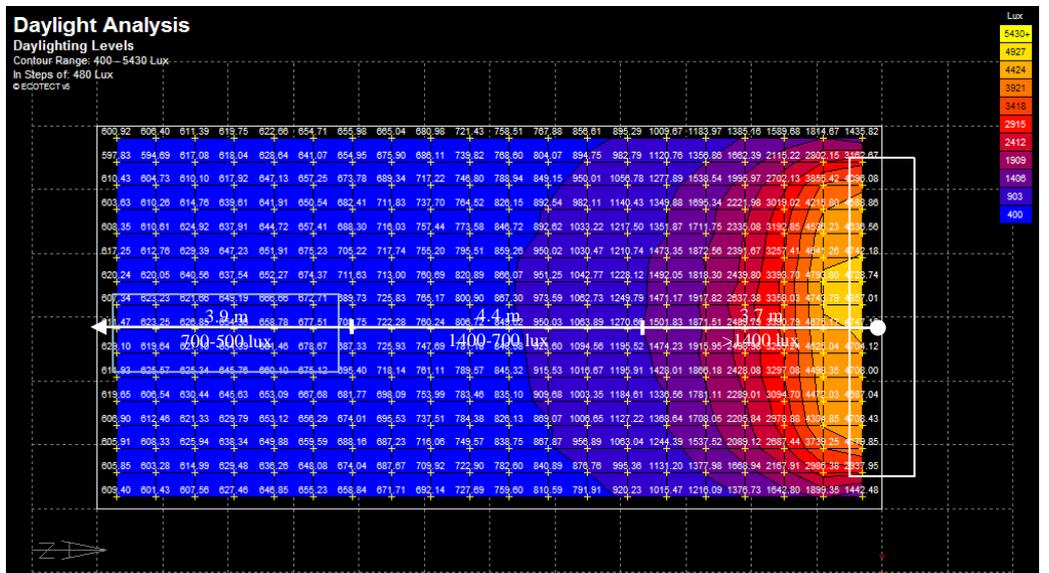


Figure 182 : Local avec fenêtre équipé du système Light shelf de profondeur de 1m  
 Cas : plafond incliné

Cas 3 : Light shelf de 2m de profondeur avec un plafond droit

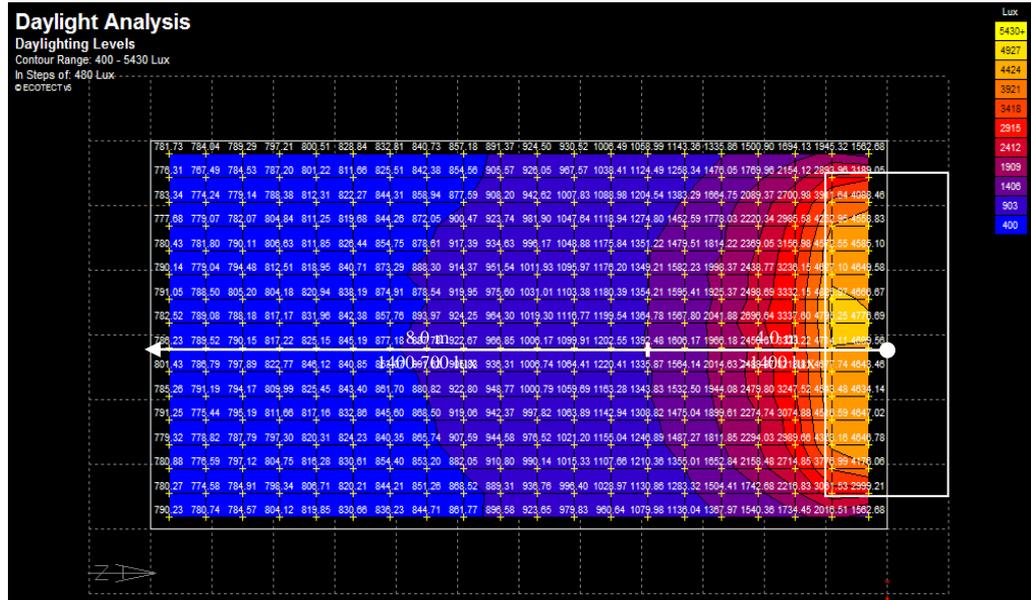


Figure 183 : Local avec fenêtre équipé du système Light shelf de profondeur de 2m  
 Cas : plafond droit

Cas 4 : Light shelf de 2m de profondeur avec un plafond incliné

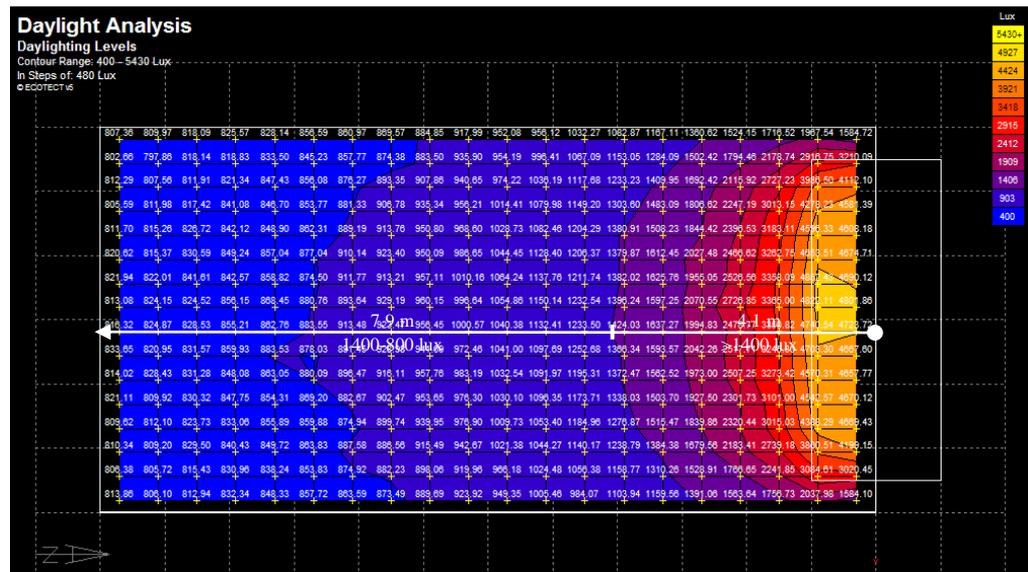


Figure 184 : Local avec fenêtre équipé du système Light shelf de profondeur de 2 m  
 Cas : plafond incliné

**Remarque :** L'inclinaison de la partie intérieure du système light shelf rend sa hauteur inférieure à 1.60 m au lieu de 2.20m. Cela peut être une gêne. Pour cette raison, nous

proposons une troisième simulation qui consiste à réduire la profondeur intérieure du système à 0.5m tout en gardant la hauteur extérieure fixe.

**Cas 5 : Light shelf de 1.5m de profondeur avec un plafond droit**

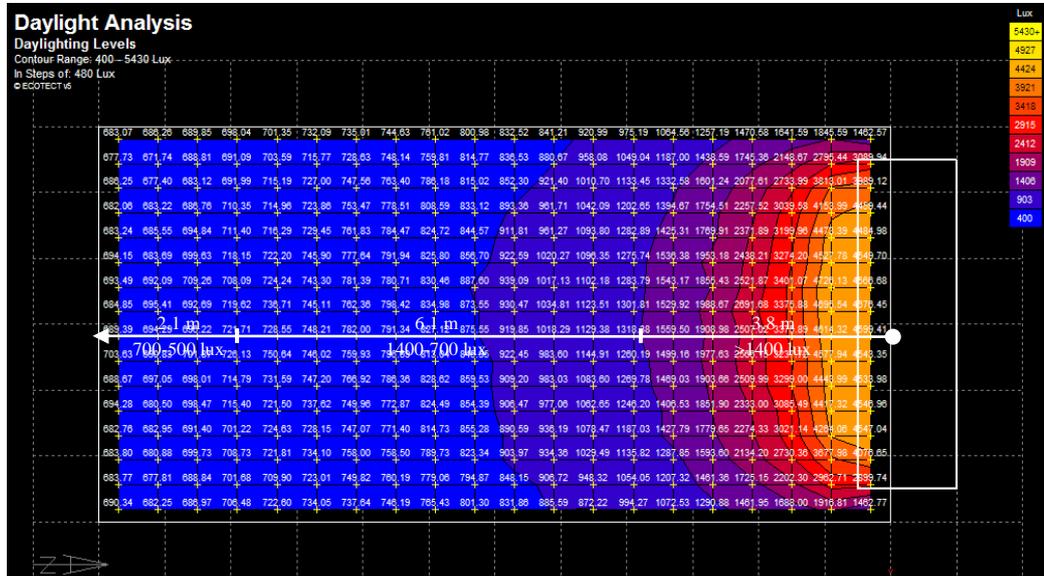


Figure 185 : Local avec fenêtre équipé du système Light shelf de profondeur de 1.5m  
 Cas : plafond

**Cas 6: Light shelf de 1.5 m de profondeur avec un plafond incliné**

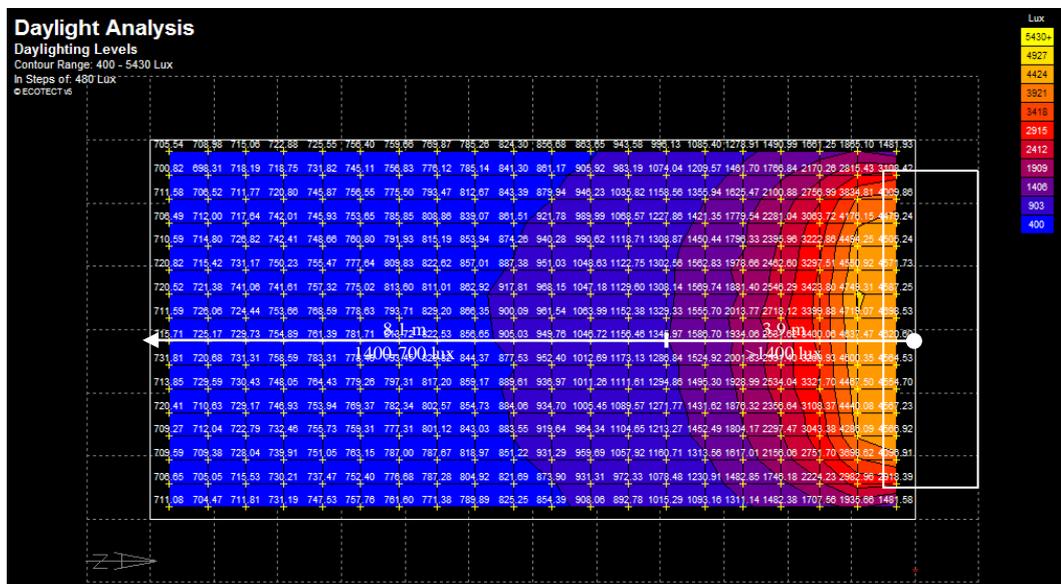


Figure 186 : Local avec fenêtre équipé du système Light shelf de profondeur de 1.5m  
 Cas : plafond incliné

## Analyse des résultats

L'éclairément des différentes Zones	La profondeur de la zone (m)					
	Cas1	Cas2	Cas3	Cas4	Cas 5	Cas 6
Zone1 : E > 1400lux	3.6	3.7	4.0	4.1	3.8	3.9
Zone 2 : 1400>E>700lux	3.3	4.4	8.0	7.9	6.1	8.1
Zone 3 : 700>E>500lux	5.1	3.9	-	-	2.1	-

Tableau 35: La profondeur des zones d'éclairément dans les six cas de la configuration 4 (Source : Auteur)

Orientation	Eclairément reçu à 10.5m de la fenêtre (lux)	Eclairément reçu au centre de la fenêtre (lux)
Cas 1	598.40	4729.07
Cas 2	626.85	4747.17
Cas 3	790.15	4669.56
Cas 4	828.53	4723.72
Cas 5	696.22	4599.41
Cas 6	729.73	4620.60

Tableau 36: Valeurs d'éclairément reçues pour les six cas de la configuration 4 (Source : Auteur)

Nous remarquons que dans les premier, deuxième et cinquième cas, le local est partagé en trois zones. La largeur de la zone 2, qui à un bon niveau d'éclairément, varie selon la largeur du système light shelf et atteint 6.1lux dans le cinquième cas. Par contre, nous trouvons deux zones dans les troisième, quatrième et sixième cas, ou la zone 2 à occupé 2/3 de la surface totale du local. Nous constatons aussi que l'éclairément est devenu plus fort au fond du local (plus de 700lux). La largeur de la partie extérieure de cette configuration permet de réduire la quantité d'éclairément reçu au niveau de la fenêtre.

## Interprétation

Le système light shelf incliné vers l'intérieur donne de bons résultats. Il permet de réduire la quantité d'éclairément qui est reçu au niveau de la fenêtre et par conséquent, il va réduire l'effet de l'éblouissement et de contraste. De plus, la valeur minimale de l'éclairément reçu

dans tout le local n'est pas moins de 500lux. Dans cette configuration nous trouvons deux meilleurs cas. Le premier est celui qui a 2 m de profondeur avec un plafond incliné ; il apporte la lumière plus profondément dans le local avec pas moins de 800lux à 12 m, mais, il peut être une gêne à cause de sa faible hauteur à l'intérieur du local (qui est de 1.6m seulement). Le deuxième cas, qui est plus fonctionnel, est celui qui a 1.5m de profondeur avec un plafond incliné (1m à l'extérieur et 0.5m à l'intérieur). On en conclut que, le système light shelf incliné vers l'intérieur assure le confort visuel par une bonne répartition de l'éclairage dans tout le local en diminuant l'éblouissement et le contraste.

### Configuration 5 : light shelf incliné vers l'extérieur

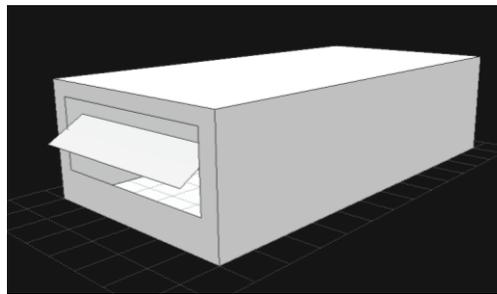


Figure 187: light shelf incliné vers l'extérieur

### Cas 1: Light shelf de 1 m de profondeur avec un plafond droit

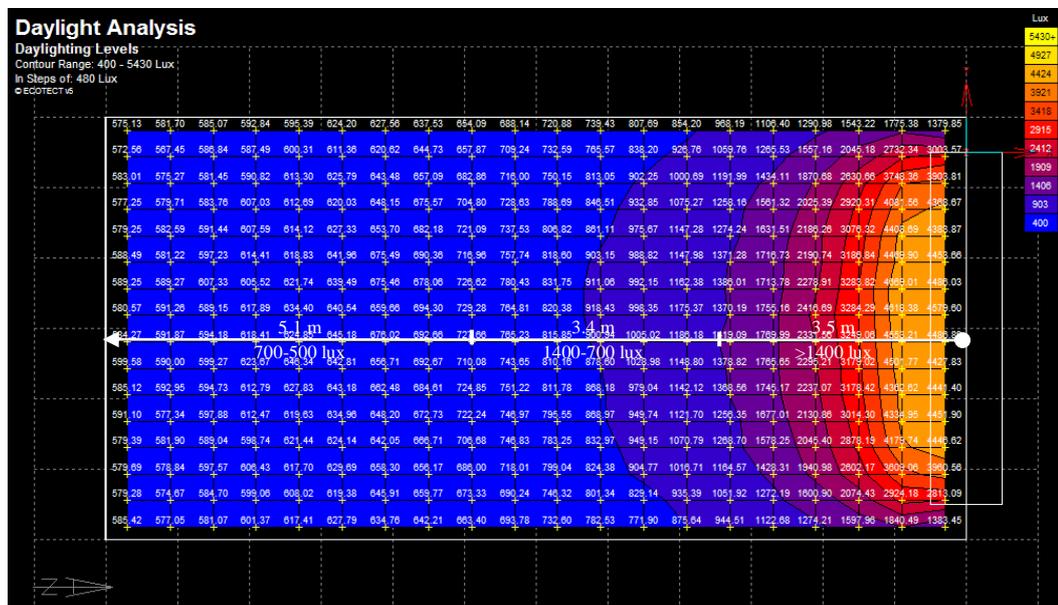


Figure 188 : Local avec fenêtre équipé du système Light shelf de profondeur de 1 m  
 Cas : plafond incliné

**Cas 2: Light shelf de 1 m de profondeur avec un plafond incliné**

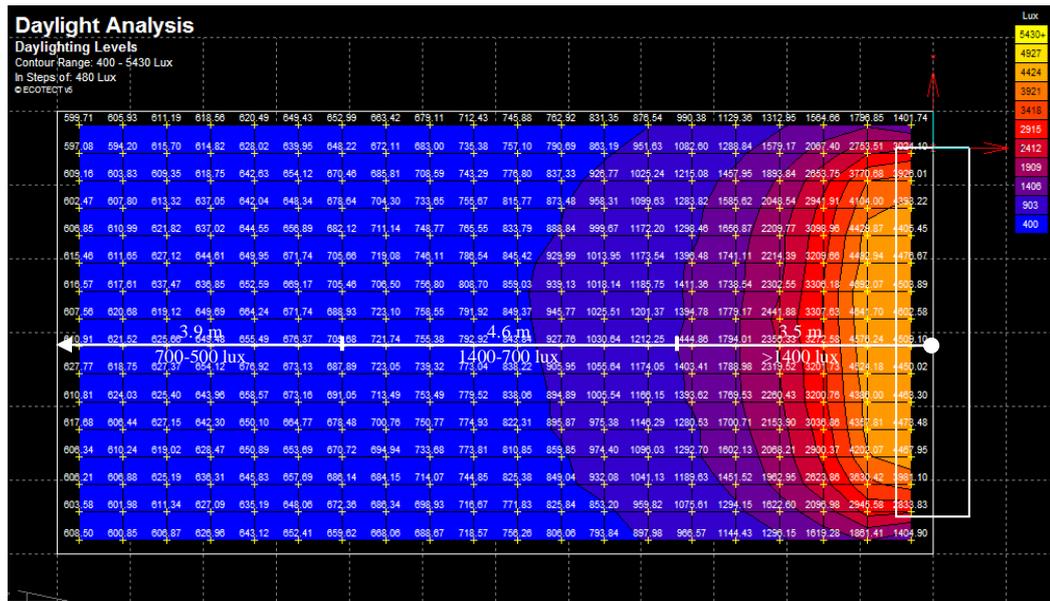


Figure 189 : Local avec fenêtre équipé du système Light shelf de profondeur de 1 m  
Cas : plafond incliné

**Cas 3: Light shelf de 1.5 m de profondeur avec un plafond droit**

**Remarque :** L'inclinaison de la partie extérieure du light shelf rend sa hauteur inférieure à 1.60 m. Cela peut être une gêne. Pour cette raison, nous proposons une autre simulation qui consiste à réduire la profondeur extérieure à 0.5m tout en gardant la hauteur intérieur fixe.

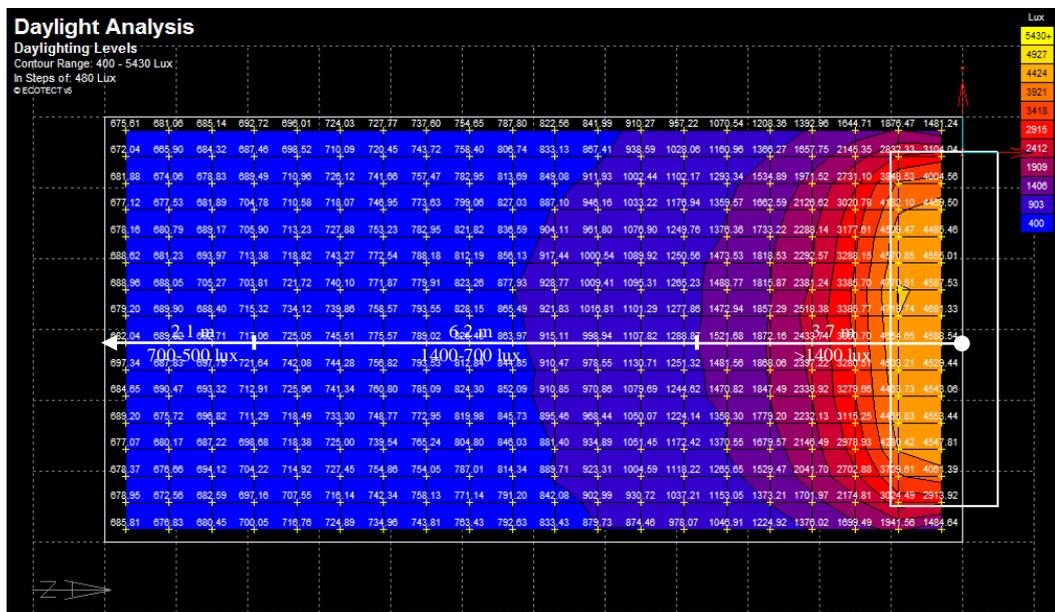


Figure 190 : Local avec fenêtre équipé du système Light shelf de profondeur de 1.5m  
Cas : plafond droit

**Cas 4: Light shelf de 1.5 m de profondeur avec un plafond incliné**

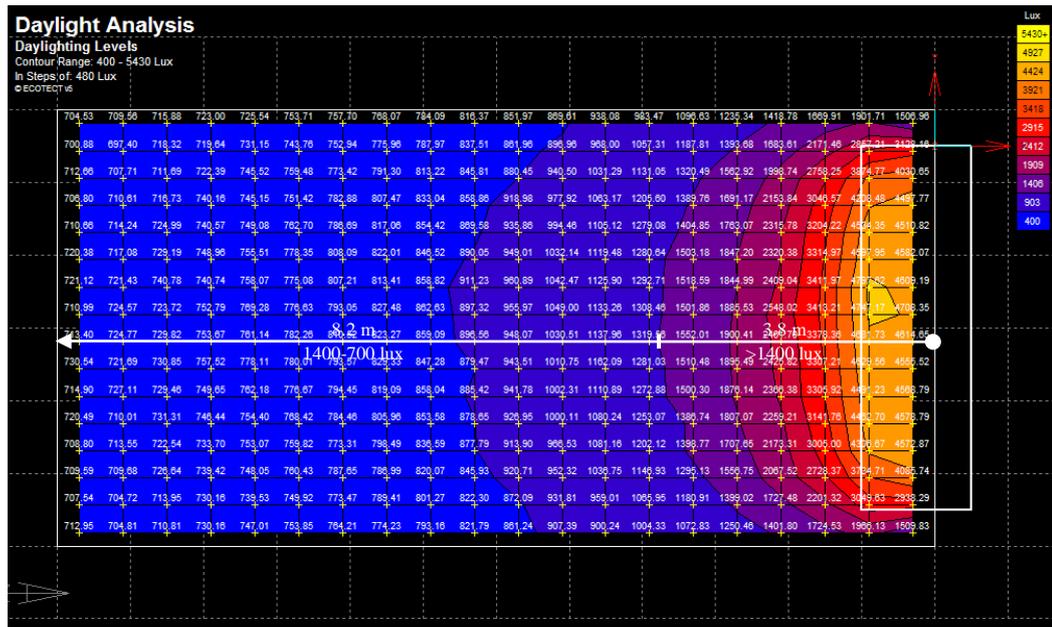


Figure 191 : Local avec fenêtre équipé du système  
 Light shelf de profondeur de 1.5m  
 Cas : plafond incliné

**Cas 5: Light shelf de 2 m de profondeur avec un plafond droit**

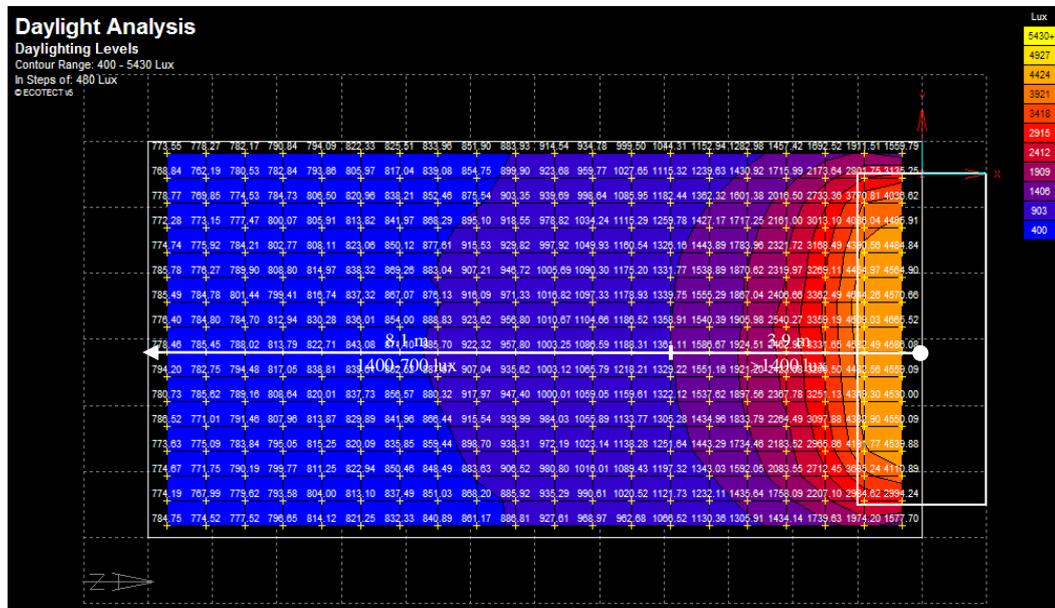


Figure 192 : Local avec fenêtre équipé du système  
 Light shelf de profondeur de 2m  
 Cas : plafond droit

Cas 6: Light shelf de 2 m de profondeur avec un plafond incliné

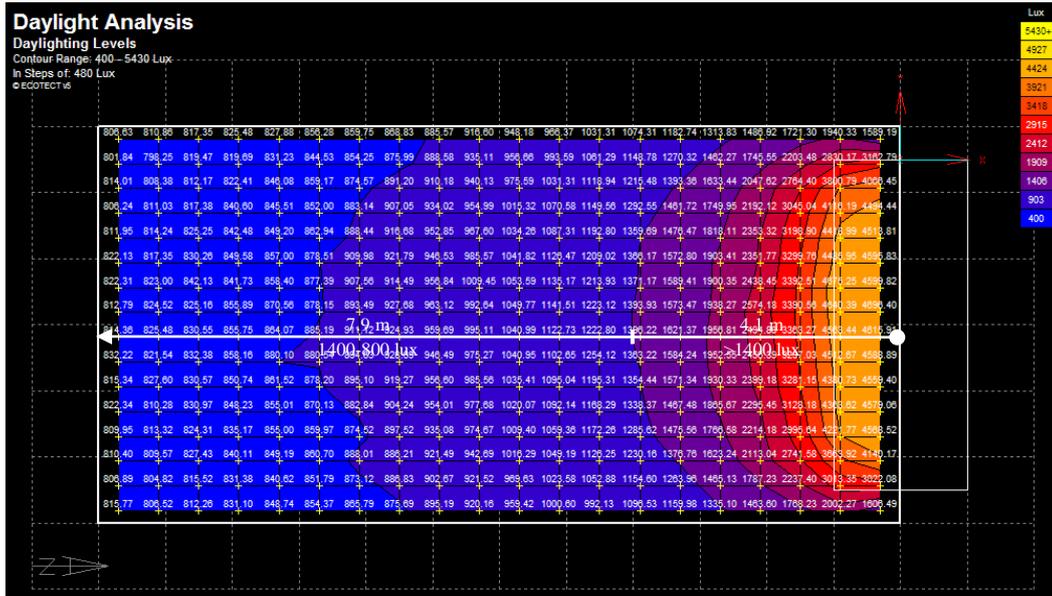


Figure 193: Local avec fenêtre équipé du système Light shelf de profondeur de 2m  
Cas : plafond incliné

Analyse des résultats

L'éclairement des différentes Zones	La profondeur de la zone (m)					
	Cas1	Cas2	Cas3	Cas4	Cas 5	Cas 6
Zone1 : E > 1400lux	3.5	3.5	3.7	3.8	3.9	4.1
Zone 2 : 1400>E>700lux	3.4	4.6	6.2	8.2	8.1	7.9
Zone 3 : 700>E>500lux	5.1	3.9	2.1	-	-	-

Tableau 37: La profondeur des zones d'éclairement pour les six cas de la configuration 5 (Source : Auteur)

Orientation	Eclairement reçu à 10.5m de la fenêtre (lux)	Eclairement reçu au centre de la fenêtre (lux)
Cas 1	594.18	4486.89
Cas 2	625.66	4509.10
Cas 3	692.71	4588.54
Cas 4	729.82	4614.65
Cas 5	788.02	4586.08
Cas 6	830.55	4615.91

Tableau 38: Valeurs d'éclairement reçues par la configuration 5 (Source : Auteur)

Nous remarquons que dans les premier, le deuxième et troisième cas, le local est partagé en trois zones. La largeur de la zone 2 varie selon la largeur du système light shelf ; elle atteint 6.2lux dans le troisième cas. Alors que nous trouvons deux zones dans les quatrième, le cinquième et le sixième cas, ou la zone 2 occupe plus de 2/3 de la surface totale du local et l'éclairage est devenu plus fort au fond (830lux). Cette configuration permet aussi de réduire la quantité d'éclairage reçu au niveau de la fenêtre.

### **Interprétation**

Le rendement du système light shelf incliné vers l'extérieur est très proche de celui incliné vers l'intérieur. La configuration du système qui à 2m de largeur soit avec un plafond droit ou incliné donne les meilleurs résultats en termes de répartition de la lumière et de sa profondeur, mais architecturalement, cette largeur avec cette inclinaison rend sa hauteur inférieure à 2.2m, chose qui peut constituer une véritable gêne. Une autre configuration qui apparaît plus efficace est celle qui à 1.5m de largeur avec un plafond incliné. Elle permet à la fois une bonne répartition de l'éclairage dans le local qui arrive jusqu'au fond avec une quantité de 500 lux, une réduction des risques d'éblouissement et de contraste par la réduction de l'éclairage au niveau de la fenêtre et une solution pour la faible hauteur qui résulte de l'inclinaison du système. Le système light shelf incliné vers l'extérieur assure le confort visuel dans tout le local.

### **Comparaison et interprétation**

A travers cette simulation qui a servi à faire une investigation exhaustive sur les types du système light shelf ainsi que les résultats obtenus, nous avons tiré les configurations qui sont les plus efficaces et les plus adaptables au climat de la ville de Biskra. Elles apportent plus profondément la lumière, permettent une bonne répartition de l'éclairage dans toute la surface du local, réduisent l'éblouissement de la fenêtre et par conséquent, le contraste et assurent un confort visuel acceptable.

Ces configurations qui sont les meilleures, sont présentées dans le tableau suivant:

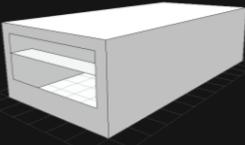
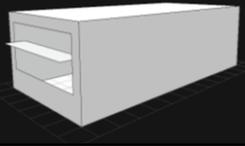
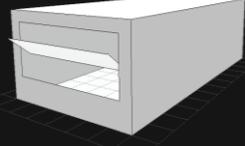
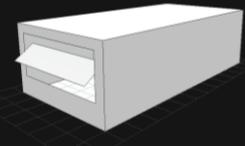
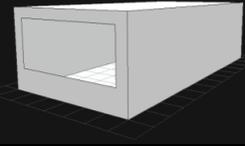
Type du système light shelf	Les différentes configurations	Largeur du light shelf (m)	Type du plafond	Eclairage au niveau de la fenêtre	Eclairage à 10.50 m	Largeur de la zone 2 (1400-700lux)
Intérieur		1	droit	5179.98	573	3.5
		1	incliné	5201.24	603	3.4
Intérieur-extérieur		2 (1m int + 1m ext)	incliné	4577.08	777.39	8.2
Incliné vers l'intérieur		1.5 (0.5m int + 1m ext)	incliné	4620.60	729.73	8.1
Incliné vers l'extérieur		1.5 (1m int + 0.5m ext)	incliné	4614.65	729.82	8.2
Fenêtre sans light shelf		-	droit	5068.91	394.13	2.4

Tableau 39: Tableau récapitulatif des différentes configurations du système light shelf (Source : Auteur)

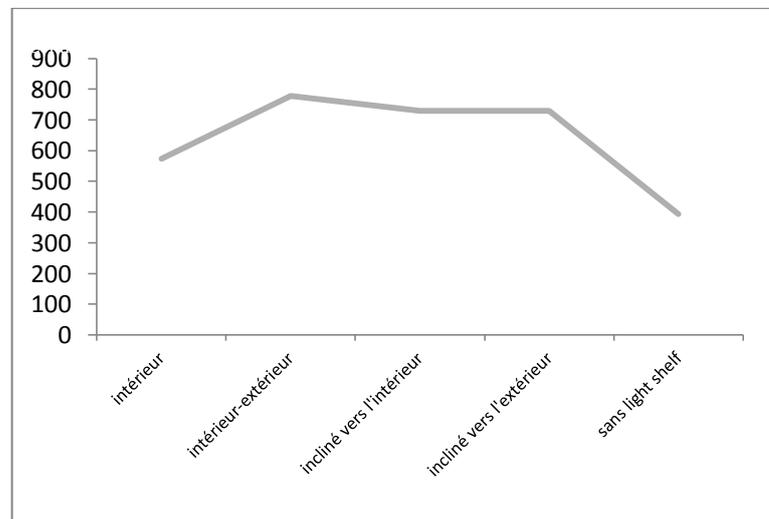


Figure 194: L'éclairage à 10.50m de profondeur pour chaque configuration (Source : Auteur)

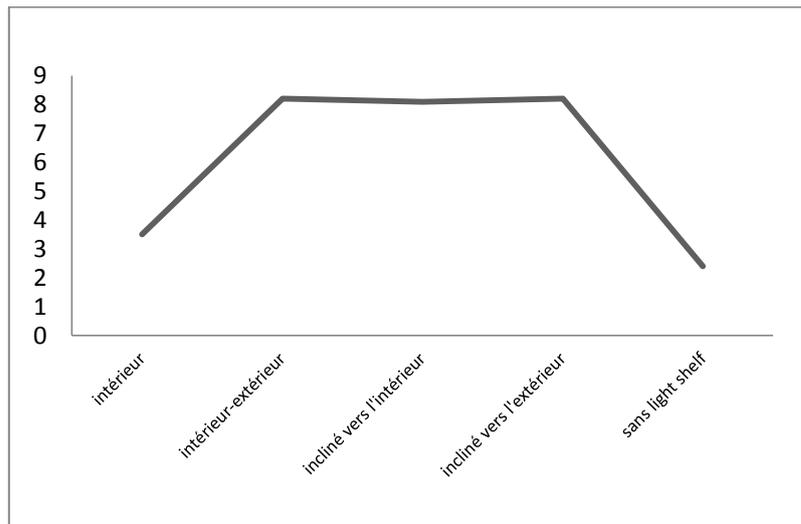


Figure 195: La profondeur de la zone 2 pour chaque configuration  
(Source : Auteur)

Si nous comparons les résultats obtenus par la fenêtre seulement et ceux obtenus par les différentes configurations du système light shelf : intérieur, intérieur-extérieur, incliné vers l'intérieur et incliné vers l'extérieur, nous concluons que :

La fenêtre capte plus de lumière lorsqu'elle n'est pas équipée d'un système light shelf, sauf dans le type intérieur. Donc, les configurations du système light shelf intérieur-extérieur, incliné vers l'intérieur et incliné vers l'extérieur réduisent la quantité de l'éclairage au niveau de la fenêtre permettant ainsi de minimiser l'éblouissement et le contraste.

La largeur de la zone 2 ou l'éclairage est élevé (1400-700lux) est trois fois et demi plus fort avec le système light shelf sauf dans le type intérieur.

L'éclairage reçu à 10.50 m de profondeur est deux fois plus fort avec les trois configurations du système light shelf intérieur-extérieur, incliné vers l'intérieur et incliné vers l'extérieur.

Le rendement du système light shelf est plus fort lorsque le local est équipé d'un plafond incliné.

L'éclairage au fond du local augmente avec l'augmentation de la largeur du système light shelf.

## **Conclusion**

Il est certain que la fenêtre reste toujours l'élément principal de la conception architecturale dans la ville de Biskra car elle permet de capter la lumière du jour pour éclairer les différents espaces. Si nous intégrons un système light shelf à cette fenêtre, son rendement va être augmenté de manière considérable. Dans le but de tester l'efficacité de ce système dans la ville de Biskra, nous avons proposé deux expériences qui ont été effectuées par le logiciel "Ecotect 5.5" sous un ciel intermédiaire: la première expérience consiste à simuler la lumière naturelle dans un espace équipé d'une fenêtre seulement (modèle de référence) alors que dans la deuxième, nous avons ajouté un système light shelf. Les résultats ont montré que le système light shelf a amélioré le rendement de la fenêtre, car il a augmenté le niveau d'éclairage dans tout le local, surtout au fond de l'espace avec des valeurs doublées, ce qui a permis d'avoir deux zones (dans certaines configurations : intérieur-extérieur et incliné) au lieu de quatre (cas de la fenêtre seulement). Cette simulation a montré aussi que ce système n'a aucune influence sur l'orientation, et l'orientation nord reste la plus intéressante. Sachant que la largeur du système influence son rendement, plus le système est large, plus il diffuse profondément la lumière. De plus, le plafond incliné améliore les résultats par rapport au plafond droit.

La deuxième expérience nous a permis de comparer le rendement de chaque configuration de système light shelf proposée pour choisir le type le plus performant qui s'adapte au climat de la ville de Biskra. La simulation nous a permis de déterminer les configurations suivantes : intérieur, intérieur-extérieur, incliné vers l'intérieur incliné vers l'extérieur à cause de leurs rendements. Le type extérieur n'améliore pas les résultats car il ne diffuse pas l'éclairage au fond de l'espace et il augmente le risque d'éblouissement. Le type intérieur augmente le niveau d'éclairage mais il augmente aussi le risque d'éblouissement. Le type incliné vers l'intérieur ou vers l'extérieur arrive à des résultats très proches en termes d'éclairage apporté au fond du local (729.73 et 729.82 lux). De plus, dans cette configuration la largeur de la zone 2 est importante et varie de 8.1 à 8.2m (la zone 2 est caractérisée par un bon éclairage). Le type intérieur-extérieur (2m de largeur, plafond incliné) est le plus performant ; il réduit l'éclairage reçu par la fenêtre de 491.83lux. Il augmente la largeur de la zone 2 (8.2m) et il permet d'augmenter le niveau d'éclairage au fond du local à 777.39lux, ce qui est la valeur maximale atteinte au cours de toutes ces simulations.