



Faculté de Technologie  
Département d'Architecture



Thème :

Optimisation du confort visuel dans les immeubles de bureaux des  
enseignants

Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme de Master II en Architecture  
« Spécialité Architecture »

Préparé par :

**HASHATEL Farida**

<b>Dr. SARAOUI Selma</b>	<b>MCB</b>	<b>Département d'architecture de Bejaia</b>	<b>Président de jury</b>
<b>Dr. KHADRAOUI Mohamed Amine</b>	<b>MCB</b>	<b>Département d'architecture de Bejaia</b>	<b>Rapporteur</b>
<b>Dr. MOHDEB Rachid</b>	<b>MCB</b>	<b>Département d'architecture de Bejaia</b>	<b>Examineur</b>
<b>Mr. BADIS Abderrahmane</b>	<b>MAA</b>	<b>Département d'architecture de Bejaia</b>	<b>Invité</b>

## Sommaire

Résumés

Table des matières

Liste des figures

Liste des tableaux

Nomenclature

### CHAPITRE INTRODUCTIF

1. Introduction .....	1
2. problématique.....	2
3. hypothèse.....	2
4. contexte et objectifs de la recherche.....	3
5. analyse conceptuelle.....	3
6. Méthodologie.....	4
7. Structure du mémoire.....	5

### PARTIE THEORIQUE

#### Chapitre I ; Notion de base de l'éclairage naturel

Introduction

1. source de l'éclaire naturel.....	6
1.1 Sources primaires.....	6
1.1.1 Mouvement annuel de la terre autour du soleil.....	6
1.1.2 Mouvement diurne de la terre sur elle-même.....	8
1.2 Sources secondaires.....	9
1.2.1 type de ciel.....	9
1.3 Source lumineuse diurne indirectes.....	10
2 influences de la latitude sur les conditions d'ensoleillement .....	11
3 influences de l'orientation sur les conditions d'ensoleillement .....	12
4 les caractéristiques physiques de la lumière naturelle.....	12
5 Les grandeurs photométriques.....	14

6 Type de rayonnement solaire .....	15
7 La propagation de la lumière naturelle.....	17
8 La stratégie de la lumière naturelle.....	18
9 Les types d'éclairage naturel .....	20
9.1 Éclairage latérale.....	21
9.1.2 Exigence de l'éclairage latéral.....	21
9.2 Éclairage zénithal.....	22
9.2.1 Exigence de l'éclairage zénithal.....	23
10 Les protections solaires.....	23
10.1 Protections solaires fixes.....	24
10.2 Protections solaires mobiles.....	24
10.3 Les protections horizontales.....	25
10.4 Les protections verticales .....	26
Conclusion .....	27

## Chapitre II : le confort visuel et psychologique dans les immeubles de bureaux

Introduction.....	28
1 Le confort visuel.....	28
1.1 Les paramètres du confort visuel.....	29
1.2 Impact de l'orientation sur le confort visuel.....	30
2 Le confort psychologique.....	31
2.1 L'effet psychologique de l'éclairage naturel.....	31
2.2 L'effet sur l'humeur de l'occupant.....	32
3 Les immeubles de bureaux.....	33
1 Définition.....	33
2 Évolution historique de la conception architecturale des immeubles de bureau.....	33
3 Type et fonction des immeubles de bureaux.....	34
3.1 La lumière dans les immeubles de bureaux.....	39
3.2 Le niveau d'éclairage optimum.....	40
3.3 Proportion de la tâche visuelle .....	41
3.4 L'adaptation visuelle a l'environnement lumineux.....	41
3.5 Aspect psycho-physiologiques.....	42
3.6 Un environnement sain et confortable pour les occupants.....	43

3.6 La Santee et le bien être.....	44
3.7 Le confort et la satisfaction au travail.....	44
3.8 Productivité lié à l’usage de la lumière naturelle.....	45
Conclusion.....	47

## PARTIE PRATIQUE

### Chapitre III : étude empirique de l’immeuble de bureau de l’Université de Bejaia

1 Introduction .....	48
2 Présentation de la ville de Bejaia.....	48
3 Situation.....	49
4 Analyse climatique.....	49
4.1 Insolation.....	49
5 Présentation de l’immeuble de bureau pour enseignants.....	50
5.1 Situation du bloc des enseignants.....	50
6 Étude quantitative.....	51
6.1 Protocole de prise de mesure.....	51
6.2 L’outil.....	52
6.3 Résultat et interprétation.....	53
6.4 Synthèse.....	58
7 Étude qualitative.....	58
7.1 La méthode.....	58
7.2 Description du questionnaire.....	58
7.3 Les participants.....	59
7.4 Résultat et interprétation.....	59
7.5 Synthèse.....	62
Conclusion.....	63

### Chapitre IV : étude numérique de l’immeuble de bureau pour enseignants

Introduction.....	64
1 Présentation de la technique utilisée.....	64
1.2 L’outil de travail simulation numérique .....	64

---

1.3 Objectif de l'étude .....	64
1.4 Argumentation du choix du logiciel de simulation.....	64
1.5 Définition du logiciel archiwizard.....	65
1.6 Domaine d'utilisation du logiciel archiwizard.....	65
2 Déroulement de la simulation.....	66
Démarche de la simulation.....	66
2.1.1 Archicad.....	66
2.2.2 Archiwizard.....	68
➤ Étape 01.....	68
➤ Étape 02.....	68
➤ Étape 03.....	69
➤ Étape 04.....	70
3 Simulation du modèle témoins .....	70
3.1 Importer le fichier.....	70
3.2 Description du modèle de référence.....	71
3.3 Les résultats et interprétation.....	72
4 Les modèles simulés.....	72
4.1 Le cas orientation sud du bureau.....	72
4.2 Le cas orientation nord du bureau.....	73
4.3 Le cas orientation est du bureau.....	74
4.4 Le cas orientation ouest du bureau.....	74
4.5 Le cas de la surface vitrée 30% au sud.....	75
4.6 Surface vitré 60% sud.....	76
4.7 Surface vitré 90% sud.....	76
5 Interprétation.....	77
6 Comparaison des résultats.....	77
7 Proposition de solution.....	78
Conclusion.....	79
Conclusion générale.....	80
Recommandation.....	81
Les limites de la recherche .....	81
Perspective de la recherche.....	81

Bibliographie.....	82
Annexe	
Annexe A	
Annexe B	
Annexe C	

## *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail à toute ma famille*

*A l'ensemble du personnel du CHU*

*Aux personnels des cas d'étude pour leurs accueils et leurs contributions.*

## ***Remerciements***

*Je tiens à exprimer ma sincère gratitude à tous ceux qui m'aime vu que leurs amour me fait avancer.*

*Mes remerciements sincères vont aussi aux membres du jury qui vont examiner ce modeste travail.*

*Ma gratitude la plus vive à mes chefs hiérarchiques.*

*Je remercie mon encadreur ainsi que le chef du département*

*Mes amis et tous ceux et celles qui m'ont aidé de près ou de loin à élaborer cette recherche.*

## Résumé

L'éclairage naturel est considéré comme un élément essentiel dans la conception architecturale qui influence la qualité des infrastructures quelle que soit leur fonction grâce à son rôle dans le processus permettant de bénéficier de la lumière nécessaire à l'intérieur des équipements ainsi que ses effets positifs sur le niveau physique ou moral des utilisateurs. Dans les équipements administratifs, la lumière naturelle a une valeur incontestable dans les différentes étapes de leur conception mais leur intégration de manière efficace est considérée comme un réel problème par rapport aux autres équipements, d'autant plus que la plupart des activités qui se déroulent au niveau de ces infrastructures ayant une relation directe avec la sensation de vision qui nécessite un confort visuel favorable.

Afin de pouvoir évaluer la quantité de la lumière, ou autrement dit le niveau d'éclairement dans les immeubles de bureau, nous avons mené deux méthodes, une étude quantitative qui consiste en la prise de mesure avec un instrument (le luxmètre) et une étude qualitative à travers le lancement d'un questionnaire distribué sur les usagers des bureaux (les enseignants), qui complète la 1ere par son aspect subjectif, émotionnel, sensoriel et psychique. Aussi on valide cette étude par une simulation numérique paramétrée, avec un logiciel de simulation professionnel pouvant nous indiquer cette sensation, le niveau d'éclairement et le facteur de lumière du jour, aussi simulé des modèles avant de passer à la phase de réalisation, ceci nous permet de produire des espaces étudié au préalable, trouver des solutions passives, moins couteuses selon les donnée climatiques de la région considéré.

On est arrivé après cette investigation à confirmer les deux paramètres étudié dans cette recherche, l'orientation et la dimension des ouvertures, proposer des solutions aux problèmes surgies dans le cas d'étude. En général, pour un environnement lumineux adapté au travail intellectuel, la lumière doit être fournie en quantité suffisante pour faciliter la perception et améliorer les performances visuelles. Elle doit également être de bonne qualité, ce qui implique l'uniformité, la direction de la lumière et la continuité spectrale. Toutes ces caractéristiques contribuent à améliorer les performances des enseignants de manière directe ou indirecte sans oublier bien sûr la présence d'une atmosphère lumineuse, confortable et soignée.

**Mots clés :** Optimisation, confort visuel, immeuble de bureau, lumière naturelle, confort psychologique.

## **Abstract**

Daylighting is considered an essential element in architectural design that influences the quality of infrastructure regardless of its function due to its role in the process of obtaining the necessary light inside the facilities and its positive effects on the physical or moral level of users. In the administrative facilities, natural light has an undeniable value in the different stages of their design, but their integration in an effective way is considered a real problem compared to other facilities, especially since most of the activities that take place in these facilities have a direct relationship with the feeling of vision that requires a favorable visual comfort.

In order to be able to evaluate the quantity of light, or in other words the level of illumination in office buildings, we have carried out two methods, a quantitative study that consists of taking measurements with an instrument (the luxmeter) and a qualitative study through the launch of a questionnaire distributed on the users of the offices (the teachers), which completes the 1st one by its subjective, emotional, sensory and psychic aspect. Also we validate this study through a numerical simulation parameterized, with a professional simulation software that can tell us this feeling, the level of illumination and the daylight factor, also simulated models before moving on to the realization phase, this allows us to produce spaces studied beforehand, find passive solutions, less costly according to the climatic data of the region considered.

After this investigation, we were able to confirm the two parameters studied in this research, the orientation and the size of the openings, and to propose solutions to the problems arising in the case study. In general, for a luminous environment suitable for intellectual work, the light must be provided in sufficient quantity to facilitate perception and improve visual performance. It must also be of good quality, which implies uniformity, light direction and spectral continuity. All these characteristics contribute to improve the performance of the teachers in a direct or indirect way without forgetting of course the presence of a luminous, comfortable and neat atmosphere.

**Key words:** Optimization, visual comfort, office building, natural light, psychological comfort.

## ملخص

يعتبر ضوء النهار عنصرًا أساسيًا في التصميم المعماري يؤثر على جودة البنى التحتية بغض النظر عن وظيفتها بفضل دورها في عملية الحصول على الضوء اللازم داخل المعدادات وكذلك آثارها الإيجابية على المستوى المادي أو المعنوي للمستخدمين. في المعدادات الإدارية، للضوء الطبيعي قيمة لا يمكن إنكارها في مختلف مراحل تصميمها، لكن تكاملها الفعال يعتبر مشكلة حقيقية مقارنة بالمعدادات الأخرى، خاصة وأن معظم الأنشطة التي تتم على مستوى هذه البنى التحتية لها علاقة مباشرة مع الإحساس بالرؤية الذي يتطلب راحة بصرية مواتية.

لكي نتمكن من تقييم كمية الضوء، أو بعبارة أخرى مستوى الإضاءة في مباني المكاتب، أجرينا طريقتين، دراسة كمية تتكون من أخذ القياسات بأداة (مقياس الكم) ودراسة نوعية من خلال إطلاق استبيان يوزع على مستخدمي المكاتب (المعلمين) يكمل الأول بجوانبه الذاتية والعاطفية والحسية والنفسية. كما أننا نتحقق من صحة هذه الدراسة من خلال محاكاة عددية ذات معلمات، باستخدام برنامج محاكاة احترافي يمكن أن يشير إلينا هذا الإحساس، ومستوى الإضاءة وعامل ضوء النهار، وكذلك النماذج المحاكاة قبل الانتقال إلى مرحلة الإدراك، وهذا يسمح لنا إنتاج مساحات تمت دراستها مسبقًا، وإيجاد حلول سلبية، وأقل تكلفة وفقًا للبيانات المناخية للمنطقة المعنية.

وصلنا بعد هذا التحقيق لتأكيد المعلمتين المدروستين في هذا البحث، التوجه وأبعاد الفتحات، لاقتراح حلول للمشكلات التي ظهرت في دراسة الحالة بشكل عام، لبيئة مضيئة تتكيف مع العمل الفكري، لا بد من الضوء يتم توفيرها بكميات كافية لتسهيل الإدراك وتحسين الأداء البصري. يجب أيضًا أن تكون ذات نوعية جيدة، والتي تتضمن التوحيد واتجاه الضوء والاستمرارية الطيفية. كل هذه الخصائص تساعد على تحسين أداء المعلمين بشكل مباشر أو غير مباشر دون أن ننسى بالطبع وجود جو مشرق ومريح وأنيق.

**الكلمات المفتاحية:** تحسين، راحة بصرية، مبنى مكاتب، ضوء طبيعي، راحة نفسية.

## Liste des figures

### Chapitre I

Figure I-1: Source lumineuse diurne .....	6
Figure I-2: source de lumière primaire le soleil .....	7
Figure I-3 : Rayonnement visible direct .....	7
Figure I-4 : (a)-(b) : Axe de la rotation terre soleil .....	8
Figure I-5 : Mouvement de la terre sur elle-même .....	9
Figure I-6 : voute céleste source de rayonnement secondaire .....	10
Figure I-7 : Les différents types des ciels.....	10
Figure I-8 : Source lumineuse diurne indirecte .....	11
Figure I-9: Proportion latitude- éclairement .....	12
Figure I-10: Orientation du bâtiment selon l'insolation du climat méditerranéen.....	13
Figure I-11: Décomposition de la lumière blanche .....	14
Figure I-12: Spectre électromagnétique et spectre lumineux.....	15
Figure I-13: Les grandeurs photométriques .....	16
Figure I-14 : Type de rayonnement solaire.....	17
Figure I-15 : propagation de la lumière naturelle .....	18
Figure I-16 : Propagation de la lumière par absorption.....	19
Figure I-17 : Propagation de la lumière par réflexion .....	19
Figure I-18 : Propagation de la lumière par réflexion .....	19
Figure I-19 : Stratégie de l'éclairage naturel .....	20
Figure I-20 : Éclairage latéral .....	21
Figure I-21 : Éclairage latéral .....	21
Figure I-22 : Éclairage zénithal indirecte .....	22
Figure I-23 : Éclairage zénithal directe .....	23
Figure I.24 : Protection solaire fixe .....	24
Figure I.25 : Protection solaire mobile.....	24
Figure I.26 : Les types de protections solaires horizontales.....	25
Figure I.27 : Les types de protections solaires verticales .....	25

### Chapitre II

Figure II-1 : confort visuel .....	30
------------------------------------	----

Figure II-2 : Paramètre du confort visuel .....	31
Figure II-3 : Type d'ouverture et le confort visuel .....	32
Figure II-4 : Type d'ouverture et le confort visuel .....	33
Figure II-5 : Type d'ouverture et le confort visuel .....	34
Figure II-6 : Effet psychologique durant le jour et la nuit .....	34
Figure II-7: Type d'ouverture et le confort visuel .....	35
Figure II-8 : Banque de France en 1800.....	36
Figure II-9 : Immeuble de bureau à haute qualité environnementale en France.....	37
Figure II-10 : La conception des bureaux dans les années 1900.....	37
Figure II-11 : L'utilisation des façades largement vitrées en 1960.....	38
Figure II-12 : Le recours aux équipements techniques pour avoir plus de confort.....	38
Figure II-13 : L'amélioration des espaces de travail.....	39
Figure II-14 : Bureau cloisonnés ou cellule de bureaux.....	39
Figure II-15: Bureau paysager ou open space office.....	40
Figure II-16 : Bureaux collectifs .....	40
Figure II-17: Bureaux mixtes .....	41
Figure II-18: Angle de vision .....	43
Figure II-19: adaptation de l'œil a la lumière .....	44
Figure II-20: adaptation de l'œil a la lumière .....	45
Figure II-21: adaptation de l'œil a la lumière .....	46
Figure II-22: Satisfaction au travail.....	47
Figure I-23: adaptation de l'œil a la lumière .....	48

### Chapitre III

Figure III-2 : les différentes vues de l'immeuble de bureau des enseignants .....	52
Figure III-3 : Situation du bloc des enseignants .....	53
Figure III-4 la grille de prise de mesure .....	54
Figure III-5 : instrument de prise de mesure.....	54
Figure III-6 : Le niveau d'éclairément à 9h00 dans le bureau 01 de l'immeuble des enseignants a Targua Ouzemour .....	55
Figure III-7 : Le niveau d'éclairément à 12h00 dans le bureau 01 de l'immeuble des enseignants a Targua Ouzemour .....	57

Figure III-8 : Le niveau d'éclairément à 15h00 dans le bureau 01 de l'immeuble des enseignants a Targua Ouzemour .....	58
Figure III-7 : les réponses concernant la satisfaction le niveau d'éclairément en pourcentage .....	61
Figure III-8 : les réponses concernant le confort visuel en pourcentage.....	62
Figure III-9 : les réponses relatives à la réflexion en pourcentage.....	62
Figure III-10 : les meilleures heures de travail en pourcentage.....	63
Figure III-11 : les meilleures saisons de travail en pourcentage.....	63
Figure III-12 : Rentabilité du travail dans le bureau.....	64

## Chapitre IV

Figure IV-2 : Modélisation de l'espace clef du cas d'étude .....	68
Figure IV-3 : le model témoins modelé en 3D .....	69
Figure IV-4 : insertion du fichier climatique de Bejaia .....	70
Figure IV-5 : choix du type de bâtiments .....	71
Figure IV-6: espace de travail du logiciel archiwizard.....	71
Figure IV-7 : imagerie solaire de l'espace à simuler.....	72
Figure IV-8 : Simulation du modèle témoins du B1 .....	73
Figure IV-9 : Insertion de la carte d'éclairage.....	74
Figure IV-10 : le niveau d éclairément pour une orientation du modèle simulé au sud.....	74
Figure IV-11: le niveau d éclairément pour une orientation du modèle simulé au nord.....	75
Figure IV-12: le niveau d éclairément pour une orientation du modèle simulé à l'est.....	76
Figure IV-13: le niveau d éclairément pour une orientation du modèle simulé à l'Ouest....	77
Figure IV-14 : le niveau d éclairément pour une surface vitrée de 30% orientation sud.....	78
Figure IV-15 : le niveau d éclairément pour une surface vitrée de 60% orientation sud.....	78
Figure IV-16 : le niveau d éclairément pour une surface vitrée de 90% orientation sud.....	79
Figure IV-17 : comparaison entre prise de mesure et simulation du modele temoins.....	80

## Liste des tableaux

Tableau II.1 recommandation d'éclairage intérieur .....	42
Tableau II.2 recommandation d'éclairage intérieur dans un immeuble de bureau .....	42
Tableau III.1 Heur d'ensoleillement par mois	49
Tableau III-2 : Résultat de la prise des mesures à 09h dans le B1 de l'immeuble des enseignants Targua Ouzemour.....	53
Tableau III-3 : Résultat de la prise des mesures à 12h dans le B1 de l'immeuble des enseignants Targua Ouzemour.....	54
Tableau III-4 : Résultat de la prise des mesures à 15h dans le B1 de l'immeuble des enseignants Targua Ouzemour.....	56

## Nomenclature

### Abréviation

CIE La Commission Internationale de l'Éclairage

IRC L'indice de rendu de couleurs

### Symboles mathématique

$\Phi$  Flux lumineux

I Intensité lumineuse

$\Omega$  L'angle solide dans lequel le flux lumineux est émis

S Surface découpé sur une surface sphérique

E Éclairement

A Surface sur laquelle le flux lumineux tombe

L Luminance

FLJ Facteur de lumière du jour

Tc La température de la couleur

# Chapitre introductif

## 1. Introduction

La vie de l'être humain dépend de façon indissociable de l'énergie solaire, cette dernière est à l'origine du cycle de l'eau, du vent, de la photosynthèse, du règne végétal, du règne animal, ainsi que de la survie de l'humanité. L'énergie solaire est ainsi à l'origine de toutes les formes de production énergétique aujourd'hui utilisées sur Terre. Le rayonnement global en source du soleil et arrivant à une surface au niveau du sol se décompose en: rayonnement direct, rayonnement diffus, rayonnement réfléchi (Rahmani, 2012). Cette source produit de la lumière appelée: lumière naturelle, lumière du jour, qui une fois absorbée, intervient dans de nombreux processus biochimiques indispensables à la santé physiologiques et psychologique de l'être humain, particulièrement en produisant certaines hormones participant sur la régulation du sommeil et sur l'humeur (Bodart, 2002).

On trouve à l'échelle du bâtiment une forte importance donnée par les bâtisseurs à l'environnement, en particulier à l'ensoleillement, parmi les plus célèbres, l'orientation de Vitruve qui signale la distribution des espaces habitables, selon la course du soleil (Miguet, 2000). L'humanité a connu une succession de périodes, de civilisations ainsi que de révolutions, or le retour à la nature est d'actualité. Aujourd'hui une grande importance est donnée au bâtiment écologique, au bâtiment passif, en réponse aux principes du développement durable. Parmi ses principes la notion de l'éclairage naturel qui a un grand impact sur l'efficacité énergétique du bâtiment en termes d'éclairage de celui-ci ainsi que de son refroidissement. De plus l'éclairage naturel et par l'optimisation de sa qualité et sa quantité agit positivement sur le confort visuel et le bien-être physique et mentale des utilisateurs de l'espace en question

Les exigences modernes du travail de bureau mettent des contraintes sur la façon dont serait conçu les immeubles de bureaux, ceci malgré que cet espace (bureau), pourra être aménagé dans presque tous genre d'immeuble. Parmi les contraintes de la conception de ce type de bâtiment: l'éclairage, qui devra être suffisant, bien pensé afin d'offrir un confort physique et psychologique à l'utilisateur de cet espace (Berson, 2002). Ces bureaux peuvent être individuels, toute fois ce qui est tendance c'est l'espace flexible d'une ultime fluidité qui s'adapte à tout aménagement: les 'open space', certainement chacune de ces organisations a ses atouts et ses inconvénients (Chesneau, 2018). La lumière naturelle influence de façon directe la capacité d'apprentissage ainsi que l'efficacité au travail des individus en limitant la

fatigue, stimule l'attention, favorise la représentation spatiale et joue un rôle apaisant (Mahrez, Djoual, 2015).

## **2. Problématique**

Les immeubles de bureaux nécessitent un niveau d'éclairage de façon à offrir une convivialité, un niveau de confort psychologique considérable et une bonne qualité de travail, une productivité intellectuelle considérable, l'utilisation de lumière naturelle est fortement demandée, vu que la lumière du jour est la seule lumière qui épargne la fatigue des yeux et du cerveau.

L'implantation des constructions destinés à abriter les immeubles de bureau est aléatoire, les principes architecturaux de conception et de dispositif environnementaux nous empêchent d'optimiser l'éclairage naturel à l'intérieur des bureaux. Aussi le choix et les dimensions des ouvertures n'est pas étudié, ce qui induit à la conception de bureaux qui manquent de confort, rend la rentabilité au travail limité, même obsolète dans certain cas, les enseignants par exemple préfère travailler chez eux qu'au sein de leurs bureaux. Tout cela nous pousse à poser la question suivante :

**Comment arriverons-nous à optimiser la lumière naturelle dans les immeubles de bureau de façon à offrir un confort physique (visuel) et psychologique aux usagers ?**

## **3. Hypothèses**

Dans les immeubles de bureaux pour enseignants la lumière naturelle devra être pensée de façon à offrir un maximum de lumière pour l'utilisateur de l'espace, afin de répondre à la problématique posée nous avons déduit les hypothèses suivantes :

- Une bonne orientation du bâtiment pourra faire bénéficier l'utilisateur de l'espace d'un bon éclairage.
- Le choix des dimensions des ouvertures nous permettra d'optimiser la lumière dans ces immeubles.
- Avec une lumière optimale, on assure un confort psychologique aux enseignants ceci rendra l'espace de travail agréable et résultera d'une bonne production intellectuelle.

## 4. Contexte et objectifs de la recherche

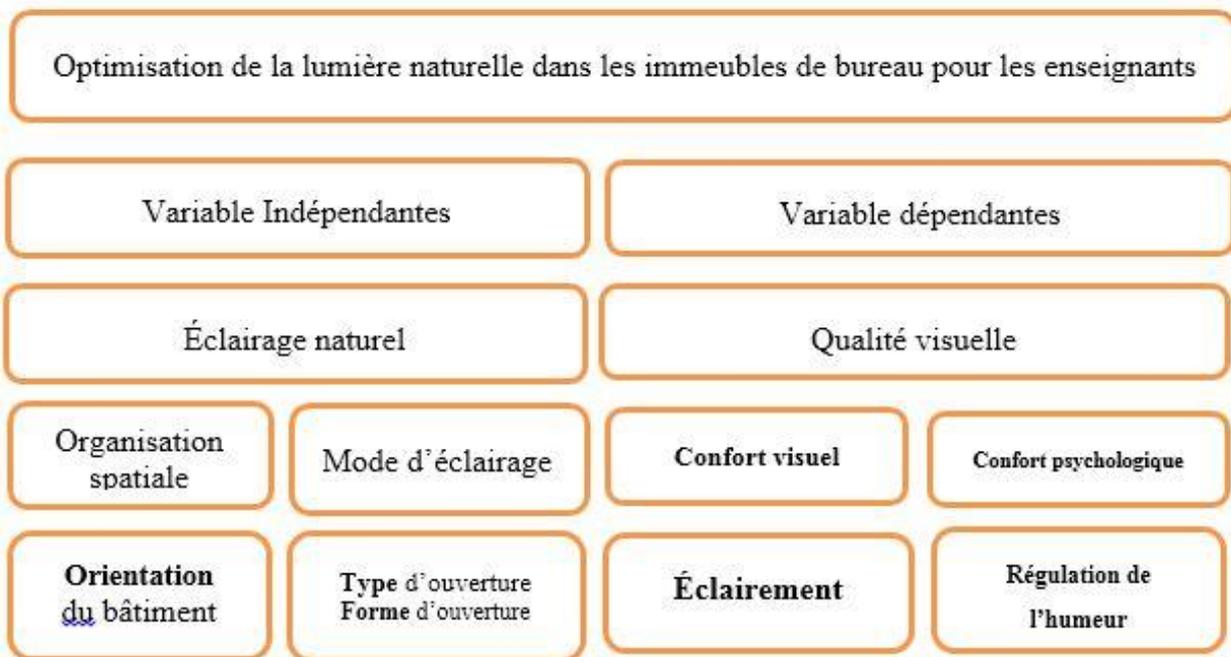
Notre cas d'étude se situe à la ville de Bejaia, un immeuble de bureau des enseignants de l'Université Targua Ouzemour, université ABDERRAHMANE MIRA.

L'objectif principal de la recherche se base sur les points suivants :

- Diagnostique de la lumière dans un immeuble de bureau.
- Étude de l'apport de la lumière naturelle dans les immeubles de bureaux pour enseignants afin d'assurer le confort visuel des usagers.
- Optimisation de la lumière naturelle dans les immeubles de bureaux.
- Offrir le confort physique et psychologique aux enseignants.
- Minimiser la consommation énergétique.

## 5. Analyse conceptuelle

L'analyse conceptuelle de la recherche relative à l'optimisation de la lumière naturelle dans les immeubles de bureau pour enseignants. Par ailleurs, les variables indépendantes et dépendantes ont été dégagées (Figure 1).



**Figure 1 :** Schéma de l'analyse conceptuelle (Source: Auteur, 2021)

## 6. Méthodologie

Afin de répondre à la problématique précédente et de vérifier les hypothèses proposées, cette recherche s'appuie sur différentes méthodes d'investigation :

**Approche bibliographique :** Elle s'avère un outil de base pour l'état de l'art qui traite l'aspect théorique de la lumière naturelle, le confort visuel et les immeubles de bureaux pour enseignants. Cette partie a pour but de connaître les exigences, les normes, et les recommandations relatives à l'éclairage naturel dans les immeubles de bureau pour enseignants.

**Étude empirique :** La deuxième partie sera consacrée à l'étude quantitative et qualitative d'un exemple existant (mesures prises in situ avec un questionnaire) qui est le bloc des enseignants à l'Université de Targua Ouzemour.

**Étude numérique :** Simulations numériques avec le logiciel Archiwizar pour l'évaluation et l'optimisation des conditions de confort visuel dans les immeubles de bureaux pour enseignants projeté à la ville.

## 7. Structure du mémoire

Notre mémoire est structuré suivant deux parties, une partie théorique et une partie pratique :

- **Un chapitre introductif :** ce chapitre se compose d'une introduction générale, une problématique, des hypothèses, Contexte et objectifs de recherche, la méthodologie et en fin la structure du mémoire.
- **Le premier chapitre :** Ou nous allons définir la notion de la lumière naturelle, et faire ressortir ses différentes composantes tel que : son origine, ces différentes grandeurs photométriques, sa propagation, étudier ses stratégies, les différents types des protections solaires naturelle et enfin on termine par les différents types d'éclairage.
- **Le deuxième chapitre :** Dans ce chapitre, nous allons traiter trois axes, le premier axe présente les notions fondamentales liées au confort visuel et ses paramètres, le confort psychologique, et enfin on terminera par une généralité sur les immeubles de bureaux pour enseignants.
- **Le troisième chapitre :** il sera consacré à l'étude empirique, où on va traiter deux axes : la première partie de l'étude empirique elle sera consacrée à la présentation de notre cas d'étude, et la description de la méthode d'évaluation quantitative (prise de mesure in situ), enfin la présentation des résultats et l'interprétation de ces résultats. La deuxième partie de

cette étude, elle sera consacrée à l'évaluation qualitative qui va collecter des informations subjectives sur la lumière naturelle et les ambiances lumineuses de notre cas d'étude.

- **Le quatrième chapitre** : il sera destiné à la simulation numérique, ou nous allons présenter le logiciel de simulation ainsi le domaine de son utilisation et le processus de travail par ce logiciel, ensuite nous allons présenter le résultat de la simulation, les interprétations des résultats obtenue et une comparaison par rapport aux résultats de l'étude empirique.

Enfin, ce mémoire est parachevé par une **conclusion générale** qui résume les paramètres selon lesquels on arrivera à optimiser la lumière naturelle dans les immeubles de bureaux, et qui seront pris en considération dans le projet de fin d'étude.

# Chapitre I : Notions de base de l'éclairage naturel

## Introduction

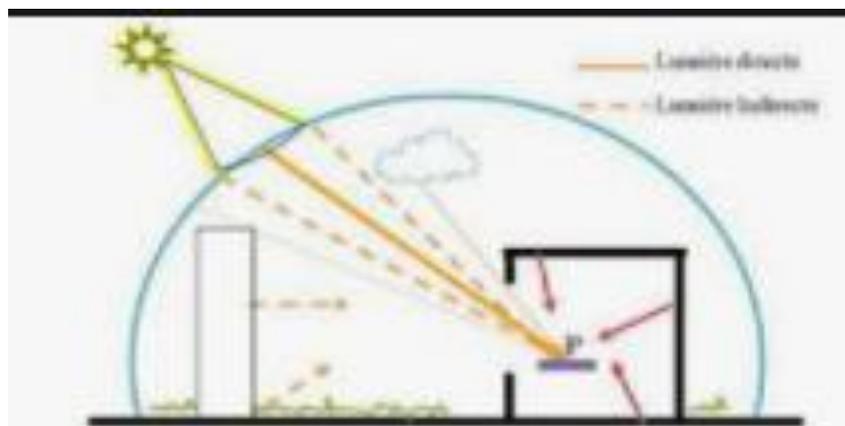
« Le comportement lumineux d'un espace architectural est le résultat d'une interaction entre la lumière naturelle, comme phénomène physique éphémère, et l'espace architectural comme phénomène matériel permanent » (Gallas, 2013).

L'éclairage naturel présente un double intérêt, dont le premier est qualitatif ou les variations de luminosité selon les heures du jour régulent notre horloge biologique d'une part ce qui a une influence directe sur le confort psychologique et nous permet de voir en spectre continu, d'une autre part ce qui a un effet sur le confort visuel, quant au second intérêt il est d'ordre économique, en réduisant la consommation électrique (Mahrez & Djoual, 2015).

A travers ce chapitre, nous allons essayer de définir la notion de lumière naturelle, décrire son origine et ses avantages, donner un aperçu des différentes grandeurs photométriques et enfin étudier la stratégie de la lumière naturelle et les type d'éclairage et de protections solaires.

## 1 Source de l'éclairage naturel

Il existe deux types de source lumineuse diurne



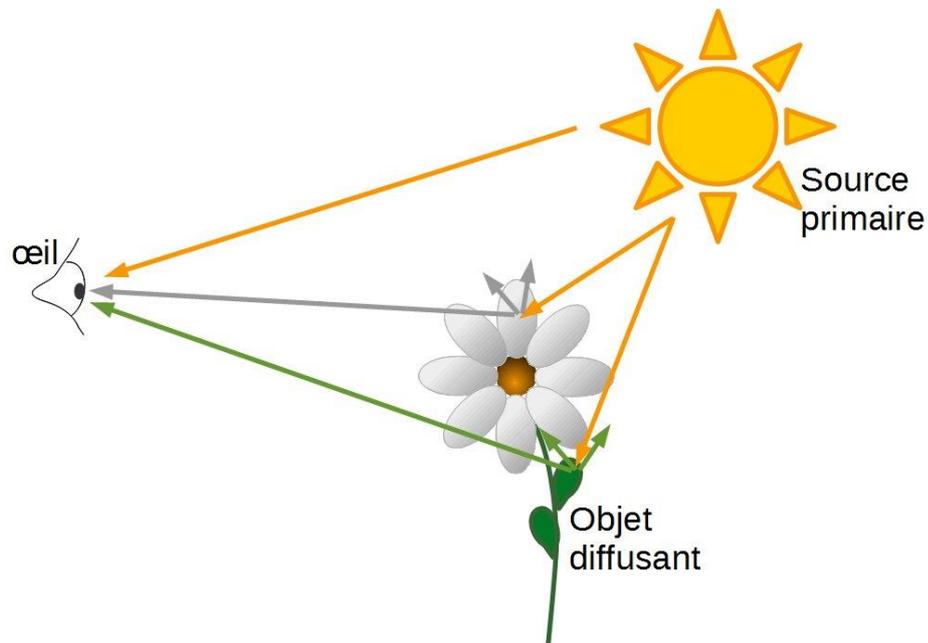
**Figure I-1:** Source lumineuse diurne (Source : bib.univ.oeb.dz)

Une source primaire qui est le soleil et une source secondaire représenté par la voute céleste.

### 1.1 Sources primaires

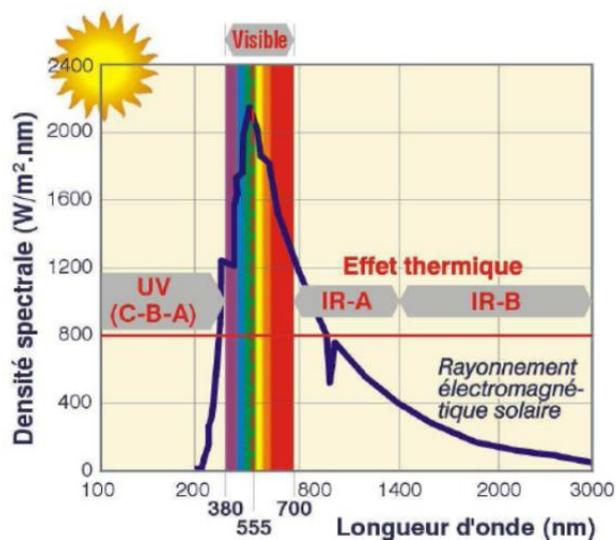
Le soleil (Sol en latin, Helios en grec) est l'étoile du système solaire, c'est autour de lui, que gravitent la terre et les autres planètes. Cette étoile de l'univers inondait déjà de lumière toutes les

planètes. Les rayons du soleil sont source de vie, ils nous apportent chaleur et lumière. Une petite partie du rayonnement solaire atteint la surface de la terre, le reste est réfléchi dans l'atmosphère (Mokaddem et al., 2017).



**Figure I-2:** source de lumière primaire le soleil (Source : <https://www.bernon.fr>)

La source de lumière primaire est une source qui émet une lumière produite par elle-même, elle est isolé et visible, appelé soleil ou lumière du jour, qui est à l'origine du rayonnement visible direct (Matallah, 2016).

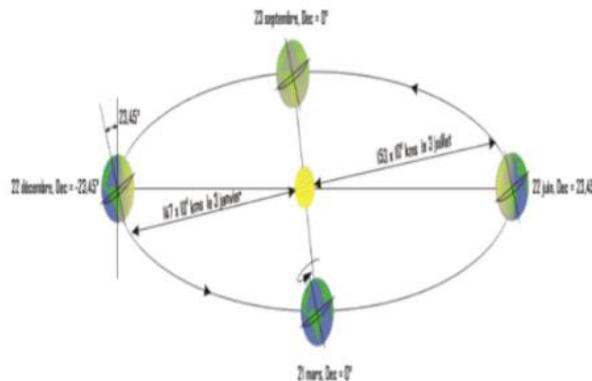


**Figure I-3 :** Rayonnement visible direct (Source : <https://www.guide-clea.fr>)

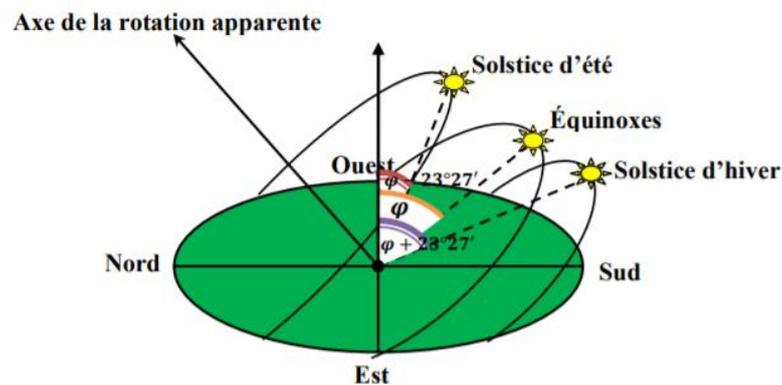
Cette composante de lumière peut être utilisée comme énergie lumineuse thermique, elle est prépondérante sous un ciel clair et décharge un flux considérable facile à capter et à diriger. Par contre ce type de rayon est surgie par l'éblouissement, la surchauffe du bâtiment aussi sa présence n'est pas permanente et dépend de l'heur de diffusion et de l'orientation des constructions. D'autre part pour une activité de tache pointue il faudra prendre en compte des ombres gênants et de tous ces paramètres afin d'aboutir à une conception efficace et qui reprend au principe du développement durable (Matallah, 2016).

### 1.1.1 Mouvement annuel de la terre autour du soleil

La terre décrit autour du soleil une orbite elliptique quasi-circulaire avec une période de 365,25 jours. Le plan de cette orbite est appelé plan de l'écliptique C'est au sol stice d'hiver (21 décembre) que la terre est le plus près du soleil avec 147millions de Km de distance et au sol stice d'été qu'elle en est le plus éloigné : avec 153 millions de Km, et la distance moyenne étant de 149,5 millions de Km » (Rahmani, 2012).



(a) trajectoire annuel de la terre



(b) hauteur du soleil en fonction de saisons

**Figure I-4** : 'a'-'b' : Axe de la rotation terre soleil (Source : Rahmani, 2012)

La terre coupe le petit axe de son orbite aux équinoxes de printemps (21 Mars) et d'automne (21 septembre). Elle tourne sur elle-même avec une période de 24 heures. Son axe de rotation (l'axe des pôles) à une orientation fixe dans l'espace, il fait un angle avec la normale du plan de l'écliptique (Rahmani, 2012).

### 1.1.2 Mouvement diurne de la terre sur elle-même

La rotation de la terre autour d'elle-même est de 15° d'une vitesse de l'Ouest en Est uniforme et constante de 24 heures.

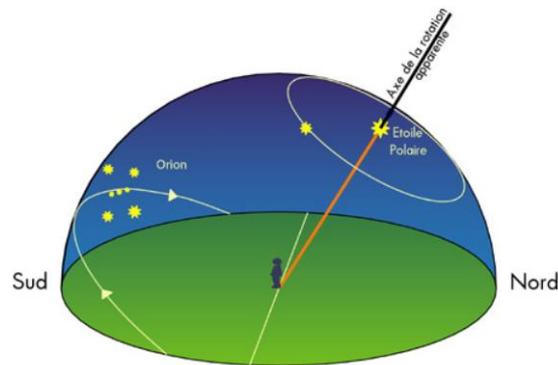


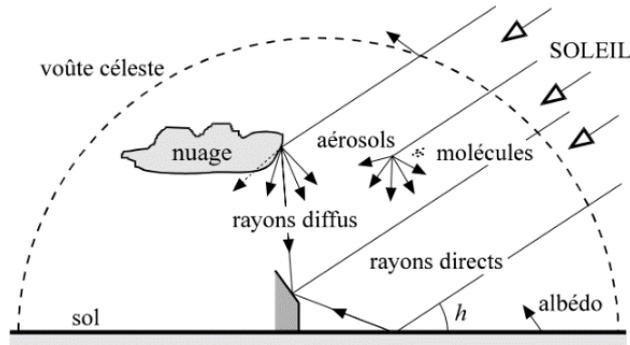
Figure 5

**Figure I-5** : Mouvement de la terre sur elle-même (Source : <http://clea-astro.eu> )

Suite à ce mouvement chaque point de la terre se trouve en situation d'éclairement modifié, ainsi les coordonnées du soleil varient également, la hauteur solaire augmente jusqu'à 12 heure, puis diminue. Dans le bâtiment les ouvertures sont éclairées de manière différente selon l'heure et leur orientation (Matallah, 2016.).

## 1.2 Sources secondaires

La source de lumière secondaire est une source éclairée par une source primaire telle la voûte céleste.

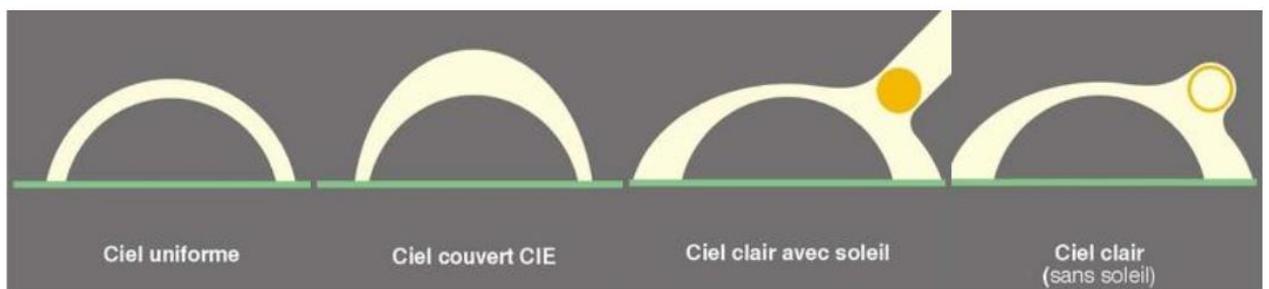


**Figure I-6** : voûte céleste source de rayonnement secondaire (Source : ops.univ-batna2.dz)

Environ 25% du rayonnement solaire est absorbé et réémis par l'atmosphère, constituant ce que nous appelons la lumière diffuse du ciel. Contrairement à la lumière solaire la lumière diffuse du ciel est présente et disponible dans toutes les directions, cause peu d'éblouissement et ne provoque pas de surchauffe du bâtiment, crée peu d'ombre mais présente à son tour des inconvénients comme l'insuffisance d'éclairement notamment en ciel couvert (Benharkat, 2006).

### 1.2.1 Type de ciel

Il existe une variabilité de la répartition des luminances du ciel, permettant de représenter la distribution spatiale et temporelle des luminances de la voûte céleste. La qualité et la quantité de lumière diffuse par cette dernière est instable en vue des phénomènes climatique en changement constant (Benharkat, 2006).



**Figure I-7** : Les différents types des ciels

(Source : Reiter & De Herde , 2003)

On est amené à faire des calculs dans des cas type de ciel en raison de ces variabilités, les deux types de ciel utilisés sont des ciels couverts, vu qu'il représente les cas d'éclairement les plus défavorables et sont dépourvus de variations par rapport au soleil (Meddour, 2008).

- **Ciel couvert** : Un ciel caractérisé par un soleil non visible, au passé il était considéré défavorable pour un éclairage naturel et a poussé à aux études d'évaluation des niveaux d'éclairage (Benharkat, 2006).

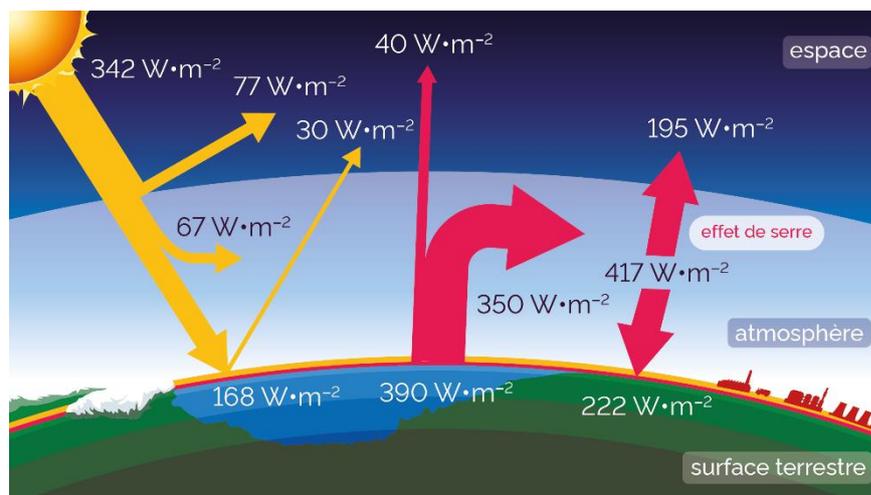
- **Ciel couvert uniforme** : Un ciel très fortement nuageux (Matallah, 2016).). Un modèle de ciel ou on trouve la même luminance en tous points de celui-ci, le plus utilisé anciennement et encore utile en France mais ce n'est pas le retenu pour une normalisation international (Meddour, 2008).

- **Ciel couvert normalisé C.I.E** : C'est le ciel qui a été choisi par la Commission Internationale de l'Eclairage. La répartition de la luminance est de révolution autour d'un axe verticale, étant la luminance au Zénith LO (luminance à l'horizon) =LZ/3.

-**Ciel clair** : Le ciel clair avec soleil correspond à un rayonnement global. C'est la somme des rayons solaires, mais la luminance est variable avec le mouvement apparent du soleil (Benharkat, 2006).

### 1.3 Source lumineuse diurne indirectes :

Additivement aux deux sources de lumière du rayonnement solaire et de lumière diffuse du ciel il existe la lumière diffuse indirecte liée à l'environnement tous corps opaque réfléchit la lumière qu'il perçoit par les deux première et le facteur de réflexion dépend de l'albédo, la couleur réémise correspond à la couleur de l'objet (Matallah, 2016).

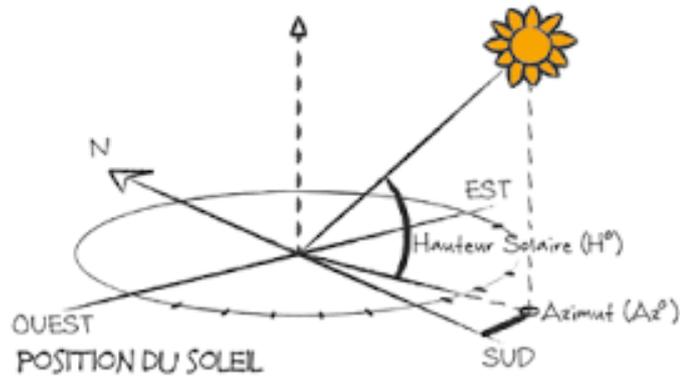


**Figure I-8** : Source lumineuse diurne indirecte (<https://www.maxicours.com>)

La figure ci-dessus illustre les sources de lumière indirecte liée à l'environnement et ne provenant pas directement de la source primaire qui est le soleil, c'est la lumière réfléchi par toute particule absorbant la lumière du soleil et réfléchissant une partie.

## 1.4 Influence de la latitude sur les conditions d'ensoleillement

La latitude détermine la position géographique d'un lieu sur la terre, il est définie comme étant « l'angle compris entre la droite joignant le point considéré sur la terre avec le plan de l'équateur terrestre » (Benharkat, 2006). Pour la latitude est élevée, plus l'éclairement lumineux est plus faible est ceci est dû au faite que la couche atmosphérique est plus importante en allant en hauteur (Matallah, 2016).

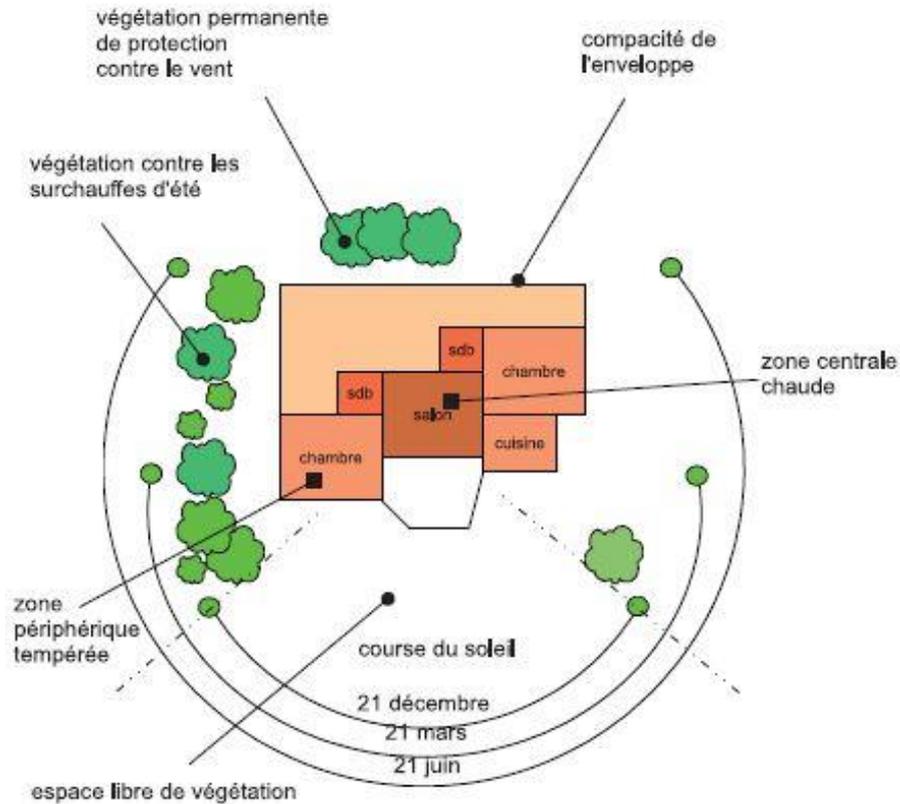


**Figure I-9:** Proportion latitude- éclairement (Source : <https://www.arec-idf.fr>)

La figure ci-dessous représente, la hauteur  $h$  du soleil et son rapport avec le niveau d'éclairement.

## 1.5 Influence de l'orientation sur les conditions d'ensoleillement :

En ciel couvert les ouvertures verticales captent la lumière indépendamment de leurs orientations, par contre lorsque le ciel est clair, la quantité de lumière captée est influencée directement par l'orientation des ouvertures.



**Figure I-10:** Orientation du bâtiment selon l'insolation du climat méditerranéen

(Source : <https://architecteo.com>)

-Au sud le local est éclairé plus facilement avec un ensoleillement maximal en hiver et en mi saison, et plus faible en été (Matallah, 2016).

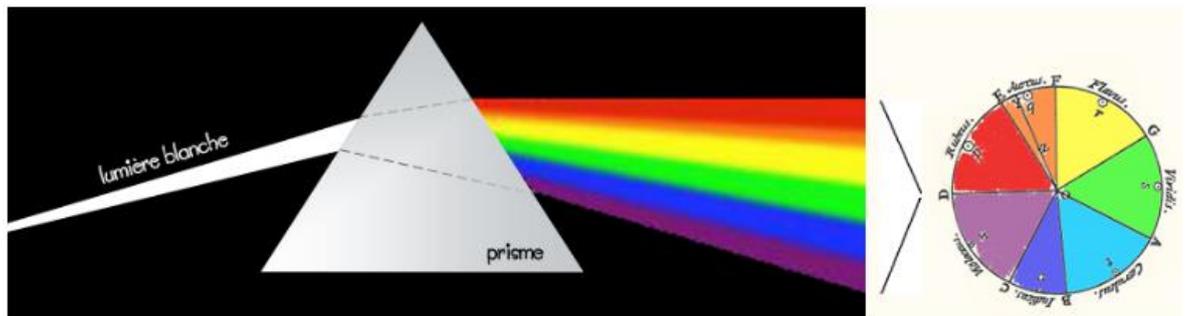
-Au nord le local bénéficie d'une lumière uniforme toute l'année et peut être exposé à l'éblouissement, difficile à contrôler en raison du soleil bas au coucher et au lever, pour une homogénéité de lumière perçue il est recommandé de privilégier cette orientation, notamment pour un atelier de dessin par exemple (Matallah, 2016).

-A l'est les locaux profitent du soleil le matin, en hiver cette orientation est bénéfique par contre en été cette orientation présente une grande exposition solaire ce qui est peu intéressant (Matallah, 2016).

-A l'Ouest les ouvertures latérales offrent une insolation directe en soirée, avec un risque d'éblouissement et de surchauffe durant l'après-midi surtout en été (Matallah, 2016).

## 2 Les caractéristiques physiques de la lumière naturelle

La lumière naturelle est une source d'énergie gratuite, rarement exploitée, dont les technologies évoluent pour en tirer le meilleur parti. Comme elle est un facteur essentiel dans le processus de construction de haute qualité environnementale (Benferhat, 2010)

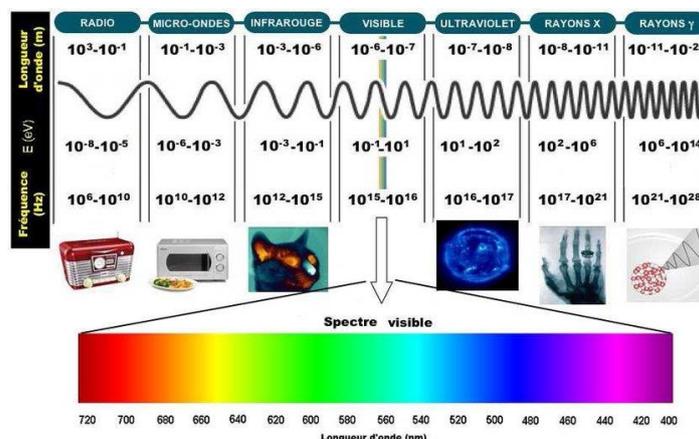


**Figure I-11:** Décomposition de la lumière blanche (Source : <https://e-cours.univ-paris1.fr>)

Newton, à la fin du 17<sup>ème</sup> siècle est le premier à expliquer le phénomène de décomposition de la lumière blanche, en plaçant un prisme devant un mince filet de lumière solaire, il observe que la lumière est réfractée en sept couleurs spectrales (Figure I-11).

### 2.1 Le spectre électromagnétique et le spectre lumineux

Le rayonnement électromagnétique est décrit comme étant la forme d'une onde électromagnétique qui correspond à la propagation d'un champ magnétique et d'un champ électrique ligne droite à travers une source constituée par un mouvement alternatif de charge électriques. La décomposition de ce rayonnement en terme de fréquence nous donne un spectre électromagnétique qui une partie de lui constitue la lumière visible (Daich, 2011).



**Figure I-12:** Spectre électromagnétique et spectre lumineux

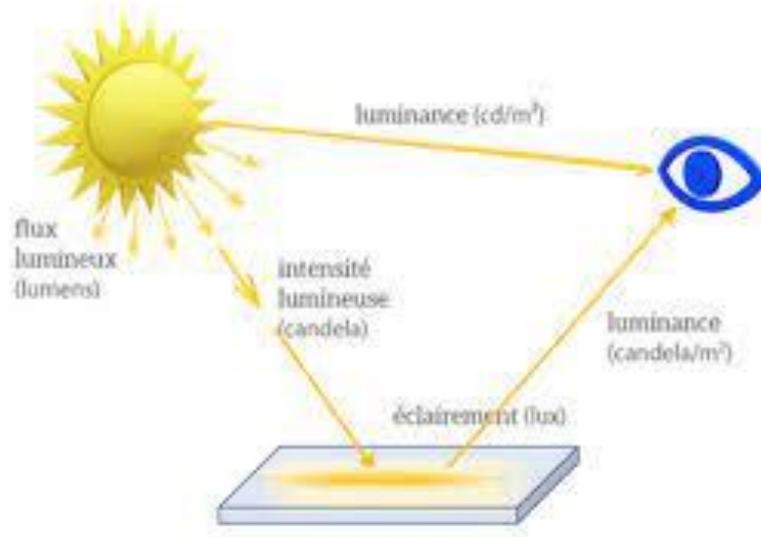
(Source : <https://www.researchgate.net> )

Le spectre électromagnétique est composé de longueurs d'ondes allant de  $10^{-4}$  nm à 1018 nm mais l'œil n'est capable d'en capter qu'une seule partie : les longueurs d'onde de 380nm à 780nm constituent le spectre visible. Chaque longueur d'onde du spectre visible correspond à une couleur de lumière dont les extrêmes correspondent au violet (380-435 nm) et au rouge (625-740 nm) (Daich, 2011).

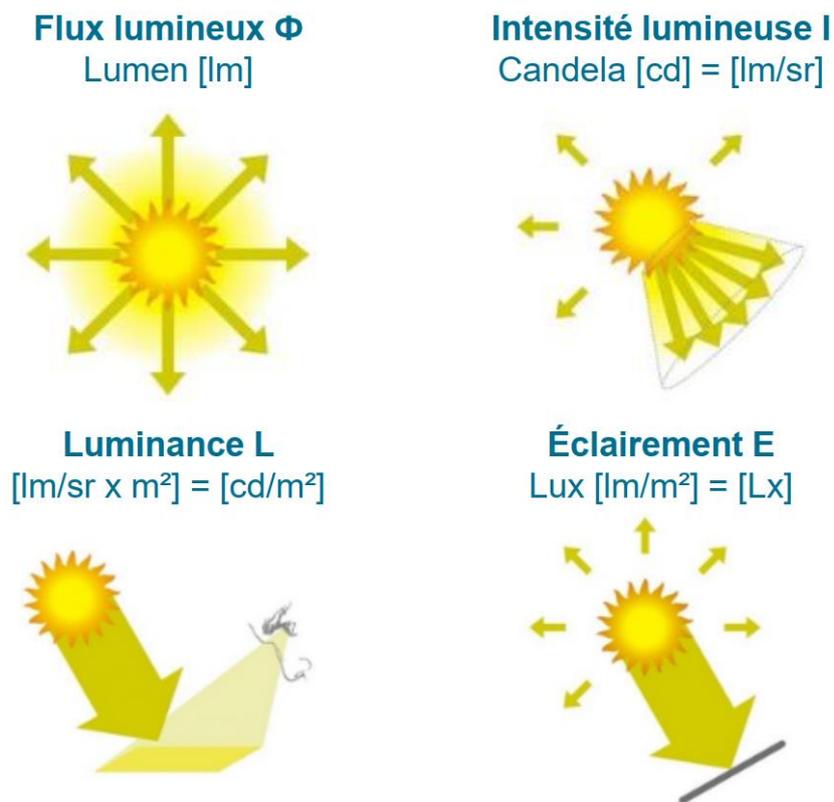
### **3 Les grandeurs photométriques**

Les grandeurs photométriques se rapportent à des mesures d'énergie rayonnante, corrigée pour la sensibilité spectrale de l'œil humain, adapté à la vision diurne (Dersarkissian, 2012). La photométrie, ou la mesure de la lumière et des phénomènes lumineux, est l'un des fondements fondamentaux de l'éclairage. L'objectif de la photométrie est de quantifier les quantités relatives au rayonnement en fonction de l'impression visuelle produite. La photométrie est la science qui étudie le rayonnement lumineux du point de vue de la perception par l'œil humain (Mokaddem et al., 2017).

D'après Gregoire (2017), les grandeurs photométriques permettent de quantifier la lumière naturelle reçue dans une surface. Il existe quatre grandeurs fondamentales.



(a) Les grandeurs photométriques sur une surface perçue



(b) Les grandeurs photométriques et leurs unités de mesure.

**Figure I-13:** Les grandeurs photométriques

(Source: 'a', <https://lab.cercle-promodul.inef4.org> 'b' <https://sites.uclouvain.be> )

- **Flux lumineux** : Le flux lumineux est la quantité de lumière émise par une source lumineuse, s'exprime en lumen (lm) (Dersarkissian, 2012).

- **Intensité lumineuse** : C'est l'importance du flux lumineux émise dans une direction donnée son unité est la candela (cd) (Dersarkissian, 2012).

- **Eclairement** : S'exprime en lux c'est le flux lumineux traversant l'unité de surface (Dersarkissian, 2012).

$$E=F/S.$$

$$1 \text{ lux}=1\text{lm}/\text{m}^2.$$

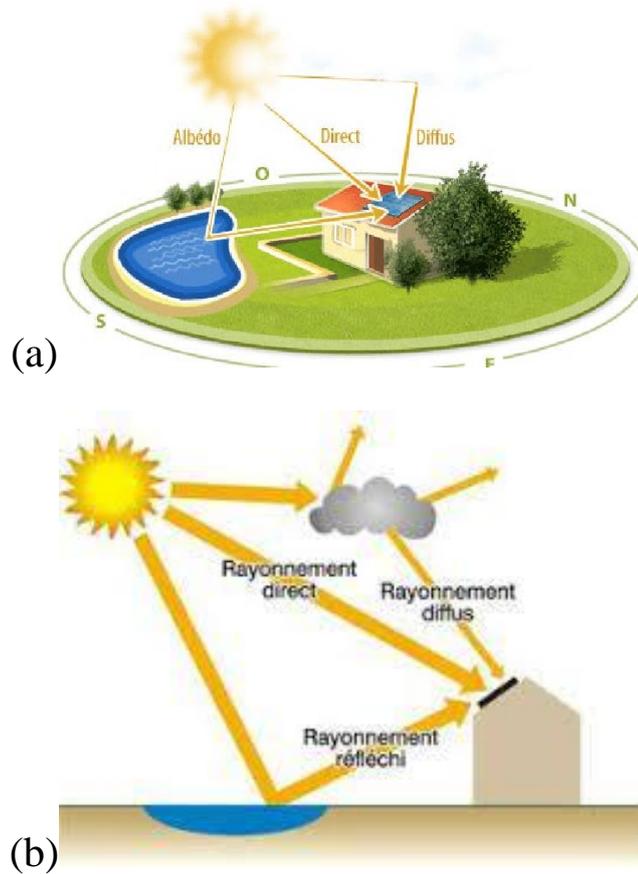
-**Luminance** : Rapport entre l'intensité lumineuse émise dans une direction et la surface apparente de la source lumineuse dans la direction considérée. La luminance s'exprime en candélas par mètre carré (cd/m<sup>2</sup>)  $L = E \rho / \pi$ .

-**Facteur de lumière du jour** : C'est le rapport entre l'éclairement reçu à l'intérieur d'un local sur un plan de travail, et l'éclairement extérieur reçu sur un plan horizontal.

$$\text{FLJ}= E \text{ int}/ E \text{ ext} \times 100\%.$$

#### **4 Type de rayonnement solaire**

Les figures ci-dessous matérialisent les types de rayonnement solaire.



**Figure I-14 :** Type de rayonnement solaire

(Source : 'a' <https://www.ef4.be/fr> 'b' <https://www.researchgate.net> )

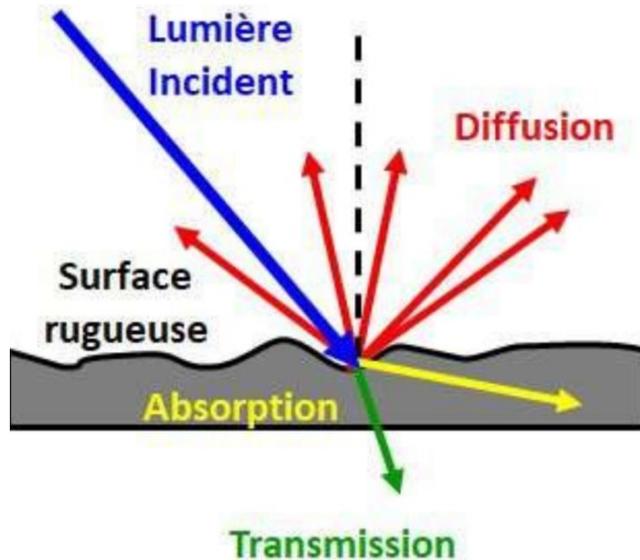
- Rayonnement solaire direct : C'est le rayonnement provenant du seul disque solaire, il est nul en ciel nuageux (Rahmani, 2012).
- Rayonnement diffus : C'est le rayonnement diffusé par les molécules d'air et les particules en suspension, il est nul la nuit (Rahmani, 2012).
- Rayonnement global : C'est la somme des deux rayonnements directs et diffus (Rahmani, 2012).

## 5 La propagation de la lumière naturelle

La trajectoire de la lumière est rectiligne, lorsqu'elle se propage dans un milieu homogène où il n'y a pas d'obstacle, le terme homogène signifie que le milieu traversé a les mêmes propriétés en tout point. La propagation de la lumière dans un milieu transparent peut se faire de deux façons différentes et complémentaires, soit en termes de propagation d'une onde lumineuse ou de la lumière se propage dans un milieu homogène dans toutes les directions sous la forme d'une onde sphérique, et en ligne droite, de la source lumineuse à l'objet éclairé si le milieu de propagation est

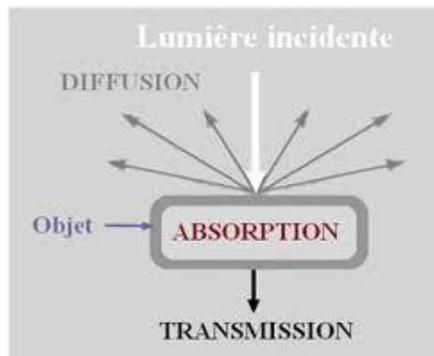
homogène et transparent, soit sous forme de rayons lumineux, que l'on peut représenter en traçant la direction de propagation de l'onde par des rayons perpendiculaires aux fronts d'onde.

Il existe trois types de propagation de la lumière naturelle.



**Figure I-15 :** propagation de la lumière naturelle (Source : <https://www.researchgate.net> )

-Absorption : Lorsque la lumière traverse une matière physique qu'elles soient transparentes ou bien opaques il y a une partie qui soit absorbée par celle-là.



**Figure I-16 :** Propagation de la lumière par absorption

(Source : <https://www.researchgate.net>)

- Réflexion : C'est le changement de la direction du rayonnement solaire quand il atteint une surface opaque.

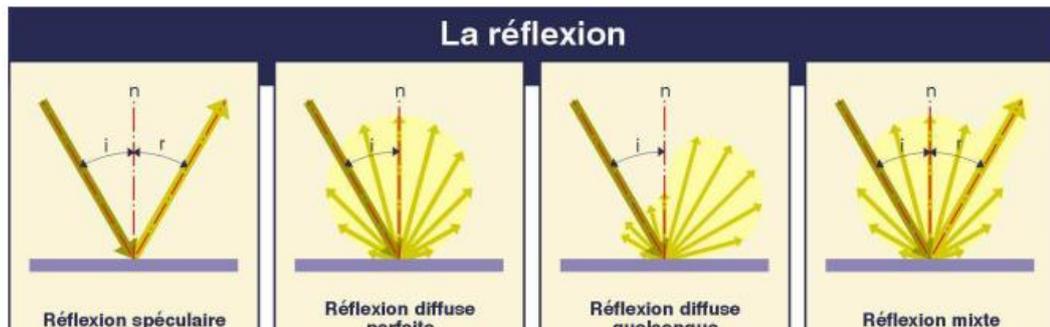


Figure I-17 : Propagation de la lumière par réflexion (Source : <https://www.guide-clea.fr>)

- Transmission : C'est dans la trajectoire de la lumière à travers une surface transparente.

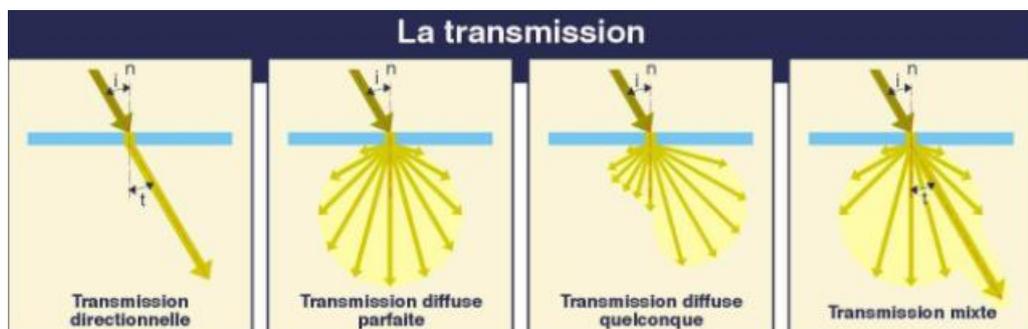


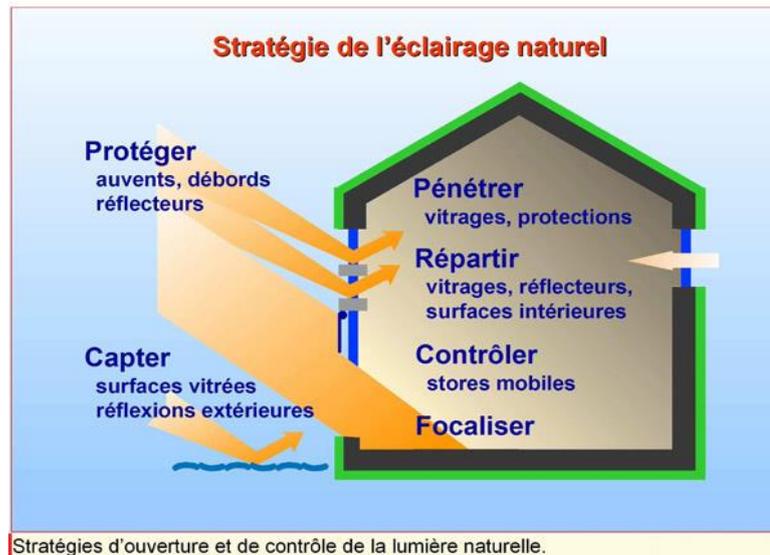
Figure I-18 : Propagation de la lumière par réflexion (Source : <https://www.guide-clea.fr>)

## 6 La stratégie de la lumière naturelle

-Capter : C'est la collecte des rayons solaire pour éclairer naturellement un bâtiment, la quantité de cette lumière disponible est en fonction des paramètres relatifs à l'environnement et au bâtiment.

- Transmettre : C'est de favoriser la pénétration de la lumière à l'intérieur d'un local. Cette pénétration est influencée par les caractéristiques des ouvertures.

-Distribuer : Consiste à transporter le rayonnement solaire dans un local de manière à créer une répartition harmonieuse de la lumière naturelle. Pour favorisée cette distribution, il faut prendre en compte les paramètres relatifs au bâtiment est ses ouvertures



**Figure I-19** : Stratégie de l'éclairage naturel (Source : <https://www.jan-maison-passive.com> )

-Protéger : Il s'agit d'arrêter partiellement ou totalement la pénétration du rayonnement solaire lorsqu'il présente des effets nocifs lors de son utilisation dans un local.

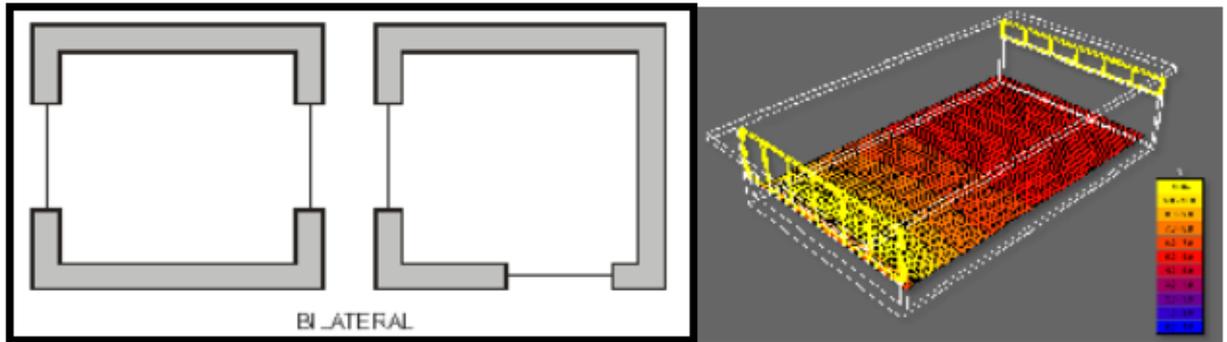
- Contrôlé : C'est de gérer la quantité et la distribution de la lumière naturelle dans un espace en fonction de la variation des conditions météorologiques et les besoins des occupants.

## 7 Les types d'éclairage naturel

La prise de jour définit l'organisation de l'espace intérieur, tout comme elle situe l'entrée de la lumière naturelle, par deux types de position, soit en façade (éclairage latéral, soit en toiture (éclairage zénithal) soit par les deux à la fois (éclairage mixte) (Benharkat, 2006).

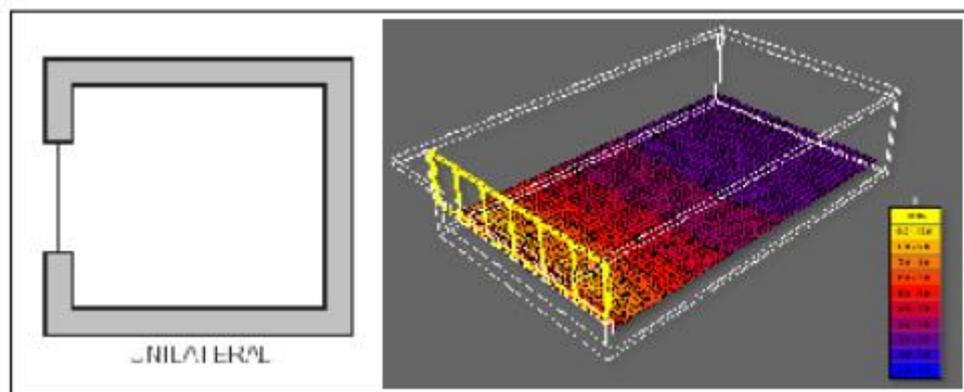
### 7.1 Éclairage latérale

Il s'agit de l'usage de prise de jour en façade utilisée dans les locaux de faible hauteur sous plafond 2.5 à 3m, Ce type d'éclairage est le moins performant pourtant le plus utilisé, vu qu'il est le plus pratique et permet la vue vers l'extérieur (Benharkat, 2006).



**Figure I-20 : Éclairage latéral** (Source : Benharkat, 2006)

### 7.1.1 Exigence de l'éclairage latéral



**Figure I-21 : Éclairage latéral** (Source : Benharkat, 2006)

#### ➤ L'aspect thermique

Lors de la conception il est recommandé de réfléchir à une bonne isolation thermique et éviter l'apport excessif de chaleur dans le local qui conduit à l'effet de serre afin d'atteindre cet objectif il y a lieu de mettre en œuvre un choix judicieux de l'orientation des vitrages et par un système de protection solaire performant (Benharkat, 2006).

#### ➤ Eblouissement :

Lors de la mise en œuvre d'un dispositif d'éclairage latéral il y a lieu de bien orienter le rayon solaire, il faudra éviter la pénétration directe des rayons solaires sur les plans de travail afin d'éviter l'éblouissement des usagers de l'espace (Benharkat, 2006).

#### ➤ Incidence par rapport à l'acoustique

Le concepteur devrait concilier les contraintes acoustiques par rapport aux bruits venant de l'extérieur et de l'intérieur une attention particulière devra être tendue au choix du type de vitrage, l'usage des ouvertures fixes, utilisation de barrières acoustique minérale ou végétal,

l'usage du double vitrage ou du vitrage épais ainsi que la réduction de la surface des ouvertures (Benharkat, 2006).

➤ Incidence par rapport à la sécurité

On tend une attention importante à la résistance du vitrage aux chocs et au feu (Benharkat, 2006).

➤ Vue sure l'extérieur

Les ouvertures latérales sont prévue à hauteur des yeux afin d'offrir une vue vers l'extérieur qui a une grande influence dur le confort psychologique des occupants (Benharkat, 2006).

## 7.2 Éclairage zénithal

Le recours à l'éclairage zénithal est primordial lorsque la hauteur sous plafond des constructions est supérieure a 4.5 mètre sauf dans le cas où la forme du bâtiment et l'image de la profondeur du local l'exige même si la hauteur inferieur a 4.5 (Benharkat, 2006).

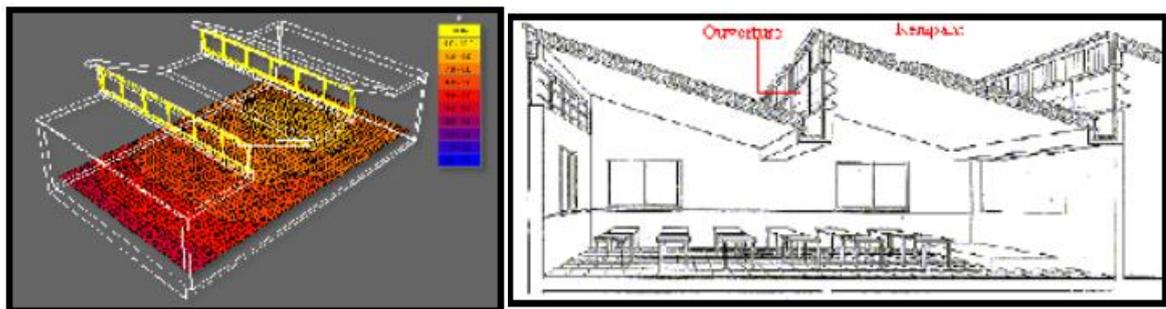


Figure I-22 : Éclairage zénithal indirecte (Source : Benharkat, 2006)

### 7.2.1 Exigence de l'éclairage zénithal :

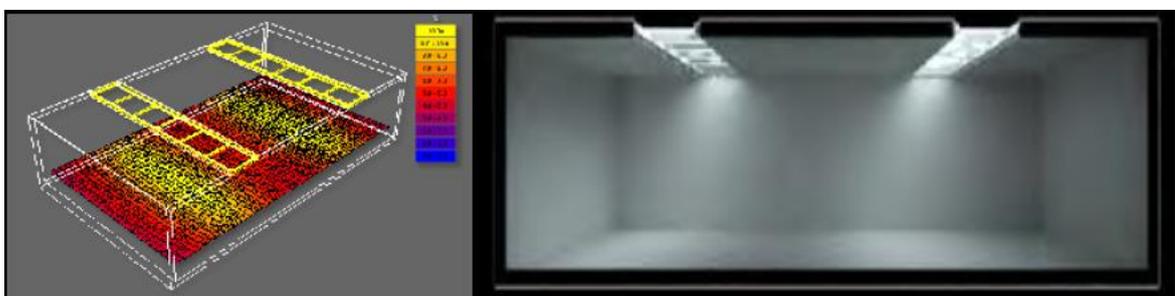


Figure I-23 : Éclairage zénithal directe (Source : Benharkat, 2006)

➤ Assure un éclairage naturel suffisant

L'élément essentiel afin d'atteindre cet objectif, il y a lieu de tendre l'attention sur la surface des parties transparentes ou translucides (Benharkat, 2006).

➤ Eviter les effets négatifs de l'éblouissement

Il faut éviter l'effet négatif de l'éblouissement sur le plan de travail (Benharkat, 2006).

➤ Prévoir le nettoyage intérieur et extérieur

Un grand soin est tendu pour l'entretien des surfaces vitres de façon qui soient accessible et un bon choix de vitrage résistant au vieillissement afin que ce dernier puisse donné une bonne qualité d'éclairage notamment satisfaire le côté esthétique (Benharkat, 2006).

➤ Assurer l'évacuation des fumées en cas d'incendie

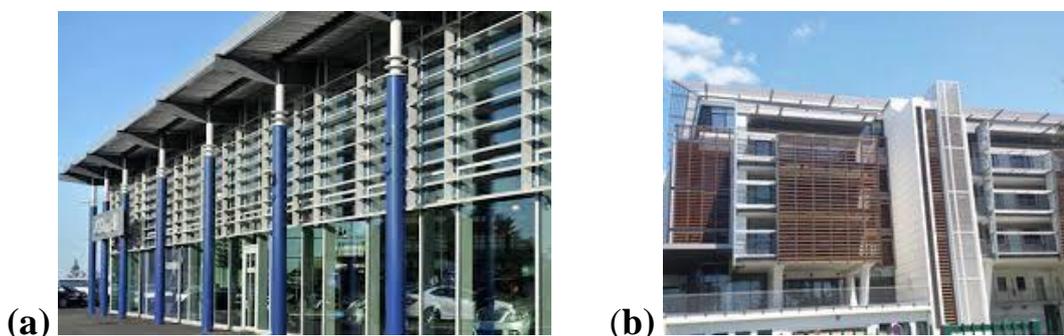
Enfin il y a lieu d'assurer une surface des exutoires de fumées de 1% de la surface du local afin d'assurer l'évacuation des fumées en cas d'incendie (Benharkat, 2006).

## 8 Les protections solaires

Les protections solaire consistent à arrêter partiellement ou totalement le rayonnement solaire afin d'épargner le caractère néfaste qu'il peut présenter à l'utilisation d'un local, les protections solaires sont classées de deux manière, soit en fonction de leurs position soit en fonction de leur mobilités (Reiter & De Herde , 2003).

### 8.1 Protection solaire fixe

Les protections solaires fixe sont positionnées à l'extérieur et sont intégrées au bâtiment doivent être pensé de façon à offrir une protection des rayons chauds d'hiver sans pour autant arrêté les apports solaire hivernal (Reiter & De Herde , 2003).



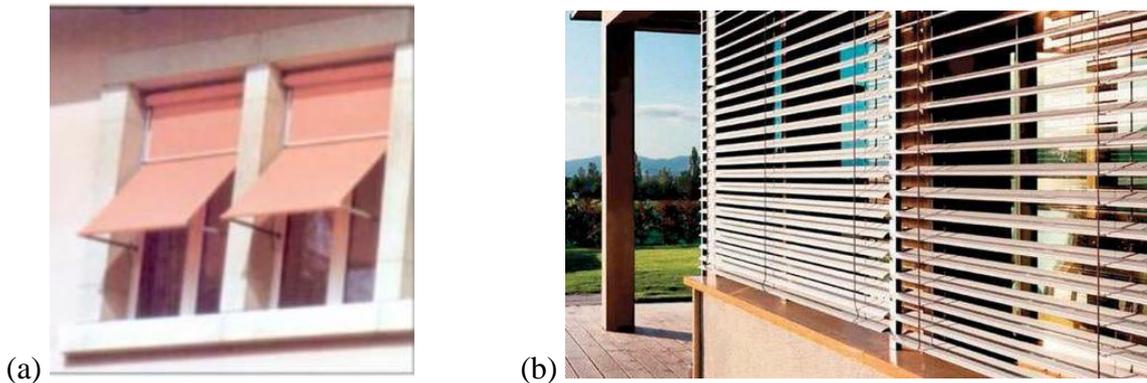
**Figure I.24 :** Protection solaire fixe

(Source : 'a' <https://www.alurennais.fr> 'b' <https://www.pinterest.fr>)

Les figures (a) et (b) ci-dessus, illustre les protections solaire fixe qui est un type utilisée lorsque cette protection est nécessaire en toute saison

## 8.2 Protection solaire mobile :

Les protections mobile ont un atout de commande, manuels, avec mécanisme, ou intelligents. Ils sont contrôlables à la demande, et selon les conditions métrologiques, aussi traitées subjectivement par l'occupant de l'espace (Source : Reiter & De Herde , 2003).



**Figure I.25 :** Protection solaire mobile

(Source : Reiter & De Herde , 2003)

Les figures (a) et (b) ci-dessus, illustre les protections mobile qui est un type utilisée lorsque cette protection est utile selon l'heur de la journée et selon la saison de l'année.

## 8.3 Les protections horizontales

Les protections horizontales (figure I.25) projettent un ombre vertical sur les parois devant lesquelles elles se propagent. Plus le soleil est haut dans le ciel, plus l'ombre couvre une surface importante de la façade (Source : Reiter & De Herde , 23).



**Figure I.26 :** Les types de protections solaires horizontales

(Source : <https://covermetal.fr> )

Donc les protections horizontales sont idéalement pour l'orientation sud (Source : Reiter & De Herde , 2003).

#### 8.4 Les protections verticales

Les protections verticales (figure I.25) sont l'idéale à l'est et à l'ouest, elles permettent d'arrêter le rayonnement bas de soleil dans l'horizon. Et de protéger notamment les façades l'après-midi, du sud-ouest au nord-ouest (Source : Reiter & De Herde , 2003).



**Figure I.27 :** Les types de protections solaires verticales (Source : <https://www.c-sgroup.fr> )

Ces dispositifs sont généralement mobiles, car elles sont très difficiles à dimensionner de manière à éviter les rayons d'été toutes en laissant ceux d'hiver (Source : Reiter & De Herde , 2003).

## **Conclusion**

A travers ce chapitre, nous avons présenté les notions de base qui définissent l'éclairage naturel de manière globale, ainsi que quelques informations sur la lumière naturelle, ses variations, ses valeurs, ses sources.....etc. Le soleil, le ciel sont considérés comme une source de lumière naturelle, font l'objet de plusieurs études qui ont fini par aboutir à l'établissement de plusieurs types de ciel standard permettant le calcul de la lumière naturelle selon plusieurs cas de figure allant du ciel clair au ciel couvert. La lumière naturelle présente une grande complexité dans son comportement. L'optique physique traite de la propagation de la lumière, ses changements de direction, ainsi que ses interactions avec la matière et les effets qui en résultent. Ainsi, réflexion, diffusion, absorption... Tous ces phénomènes contribuent à révéler des sensations qui nous permettent de qualifier l'espace que nous traversons.

Les diverses informations sur sa composition, ses quantités, ses valeurs ainsi que ses sources inépuisables qui peuvent être sous forme directe (rayonnement solaire directe) ou indirecte (rayonnement diffus du ciel). Ceci permet d'offrir aux concepteurs une multiplicité et une variabilité des champs d'action pour répondre aux besoins des usagers en matière de lumière naturelle.

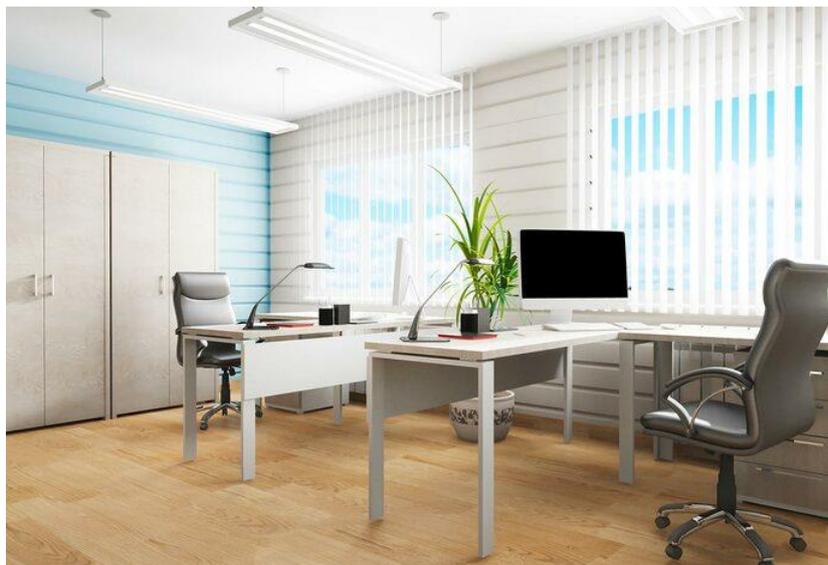
## CHAPITRE II : Le confort visuel et psychologique dans les immeubles de bureaux

### Introduction

L'un des aspects de l'architecture d'un bâtiment est le confort offert par celui-ci, le rôle premier d'un bâtiment est d'assurer aux occupants et usagers un climat agréable quel que soit la météorologie. Tous comme on donne d'importance à l'aspect esthétique, intégration au site et solidité, il est aussi important d'arriver à la satisfaction des occupants du point de vue de leur confort visuel, ceci devrai être étudié à la phase de conception. Une planification intelligente est parfaitement possible afin d'assurer à la fois une bonne qualité architecturale, une excellente qualité visuelle et une très faible consommation d'énergie (Roulet, 2004).

### 1. Le confort visuel

Le confort visuel est une sensation subjective, qui dépend de la couleur, la taille, la texture de l'objet perçu, la bonne vue, l'âge, la lecture mentale du cerveau et même la culture, le vécu de l'individu ce qui relève de le ressort de l'architecte ou du concepteur ce sont les critères objectifs lie à la nature du site, ses atout et inconvénients, les masques solaires existants ou à créer, le nombre et la taille des ouvertures la qualité la quantité de la lumière naturelle (Nemmour et al., 2019).



**Figure II-1** : confort visuel (Source : <https://www.comptoirdesfers.com>)

Sur la figure ci-dessus nous remarquons qu'une quantité de lumière suffisante, le choix des couleurs et des textures offre un confort visuel.

## 1.1 Les paramètres du confort visuel

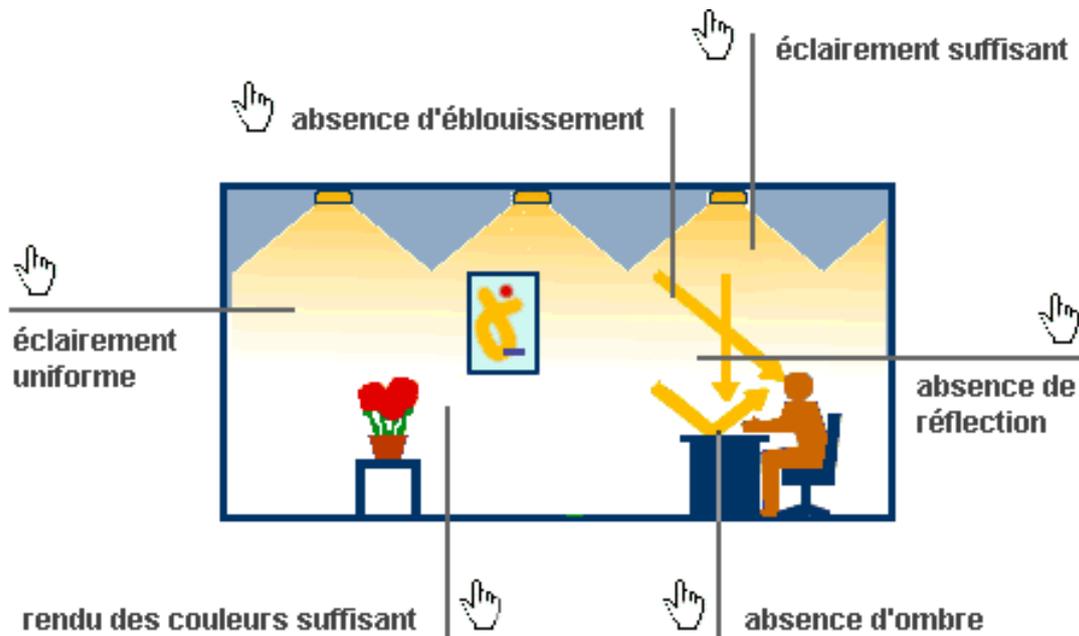


Figure II-2 : Paramètre du confort visuel (Source : <http://www.mysti2d.net> )

### -Le niveau d'éclairage

Le niveau d'éclairage minimum est essentiel pour une vision claire et sans fatigue. Cependant, un éclairage excessif peut-être une source d'inconfort.

### - Rendu des couleurs

Le rendu des couleurs de la source lumineuse est optimal tant que le rayonnement émis est le plus proche de la sensibilité maximale de l'œil à la couleur

### - Le tien de la lumière

Le tien de la lumière doit être adapté à l'éclairage souhaité comme on le voit sur le diagramme de Kruithof ci-dessous qui donne la température de couleur recommandées en fonction du niveau d'éclairage

### - L'uniformité de la lumière

La distribution de la lumière naturelle peut se faire de manière uniforme, localisée ou mixte. Dans le cas d'un éclairage localisé, qui amène de manière contiguë des zones de lumière et des zones d'ombre, elle peut être une source d'inconfort. Car l'œil doit perpétuellement se réadapter qui peut causer une fatigue

## - Absence d'éblouissement

L'éblouissement est causé par la présence d'un rayonnement lumineux trop intense dans un champ de vision. C'est un paramètre qui peut placer l'individu dans des situations d'inconfort visuel extrême

## - Absence d'ombre gênant

Pour éviter la perturbation causée par des ombres parasites pour la lecture et l'écriture.

Il faut éviter les positions suivantes :

- Pour les droitiers, il faut éviter l'éclairage venant de l'adroite.
- Pour les gauchers, il faut éviter l'éclairage venant de gauche.
- Éviter l'éclairage provenant du dos

## 1.2 Impact du type d'ouverture sur le confort visuel :

L'éclairage naturel hétérogène est un puissant facteur de structuration de l'espace (figure II.3), les ouvertures sont place en fonction de l'espace à éclairer, de son volume et des taches qui y sont abritées. Le niveau d'éclairément dépend de la taille de la baie percée dans la paroi. Pour les locaux à faible hauteurs le choix sont les baies en façade ou fenêtre qui éclaire de façon acceptable sur une profondeur de l'ordre de deux fois la hauteur du linteau (Meddour, 2008).

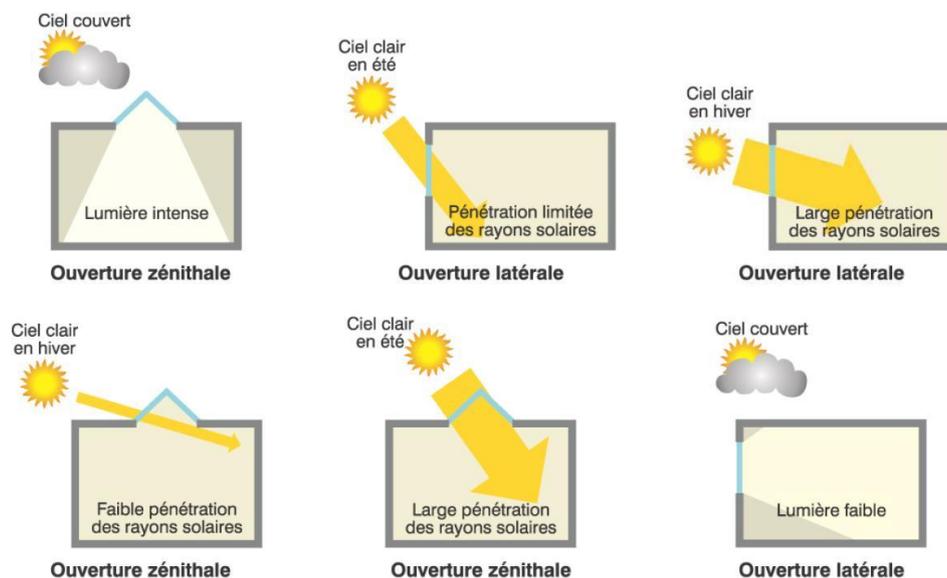
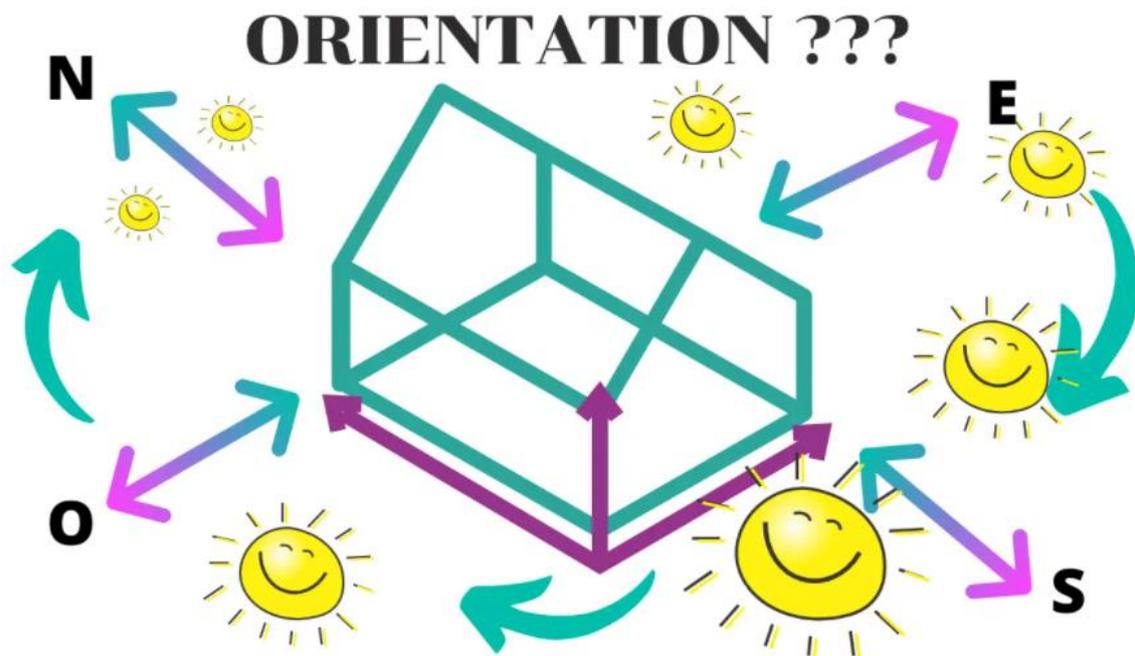


Figure II-3 : Type d'ouverture et le confort visuel (Source : <http://www.hqe.guidenr.fr> )

Par contre pour les locaux profonds, dont la surface s des façades est faible le recourt à l'éclairage zénithale est indispensable, Il conviendra d'étudier la répartition des baies et leurs équipement afin d'assurer un bon confort visuel (Meddour, 2008).

### 1.3 Impact de l'orientation sur le confort visuel :

L'intensité de l'éclairage et la hauteur du soleil varie Suivant l'orientation de la fenêtre, le type d'éclairage d'un local est déterminé par la position et la répartition des sources primaires, chaque type d'éclairage est à l'origine d'un certains nombres d'effet (MEDDOUR, 2008).



**Figure II-4 :** Type d'ouverture et le confort visuel (Source <https://monprojetmeschoix.com>)

La figure ci-dessous explique l'orientation selon le climat méditerranéen et les différentes orientations favorable offrant le plus de lumière.

## 2. Le confort psychologique

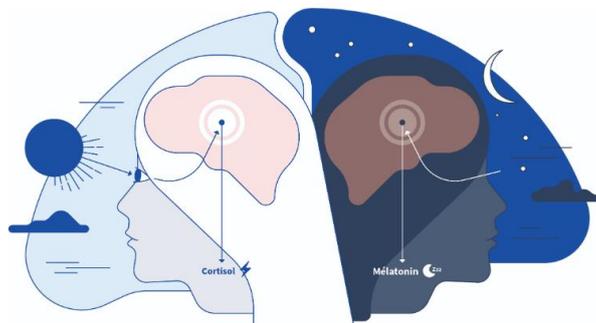
Le confort est subjectif, sont important aussi le contexte et les attentes des individus. La dimension psychologique est très importante dans l'évaluation des conditions d'éclairage, les impressions visuelle sont différente d'un individu a un autre, deux individus soumis à des conditions lumineuse similaires pourraient les juger carrément confortable et inconfortable à la fois (Bubois, 2006). Parmi les critères du confort psychologique on trouve la couleur, la forme, l'échelle et la décoration.



**Figure II-5** : Type d'ouverture et le confort visuel (Source <https://www.femmeactuelle.fr>)

## 2.1 L'effet psychologique de l'éclairage naturel

Il a été démontré que l'éclairage naturel a un impact sur la productivité des travailleurs dans les bâtiments à usage administratif, le rendement des travailleurs est mesuré par leurs degrés de satisfaction dans les divers aspects ; la satisfaction personnelle des employés de bureaux est liée à l'environnement de travail qui a un des impacts sur leur rendement au travail. Tous comme la motivation et la relation de travail la lumière du jour a une grande influence et est très importante dans un environnement de travail, la lumière du jour comme a été rapporté par de nombreux chercheurs est un facteur important lié à notre satisfaction avec l'environnement physique qui nous entoure. Les travailleurs dont le lieu de bureau était plus proche de fenêtre notaient la qualité de l'éclairage plus élevée que ceux situés plus loin des fenêtres (Goodrich, 1982), ce dernier a fait valoir que la couleur, la température, la variation, la texture et l'ambiance de la lumière naturelle sont importantes pour l'exploitation correcte de la lumière du jour (Saadi, 2017).



**Figure II-6** : Effet psychologique durant le jour et la nuit (Source <https://www.fagerhult.com>)

## 2.2 Effet sur l'humeur de l'occupant

Des recherches ont démontré que l'humeur des participants à des méthodologies d'expérience à l'égard de la relation de la lumière naturelle sur l'humeur est plus positive lorsque les niveaux d'éclairage sont plus élevés. En effet, les périodes où la lumière était jugée trop sombre coïncidaient avec le score d'humeur plus négative. L'étude a également démontré une forte variation d'humeur chez les pays où il existe de grande variabilité de lumière extérieure (Pineault, 2009).

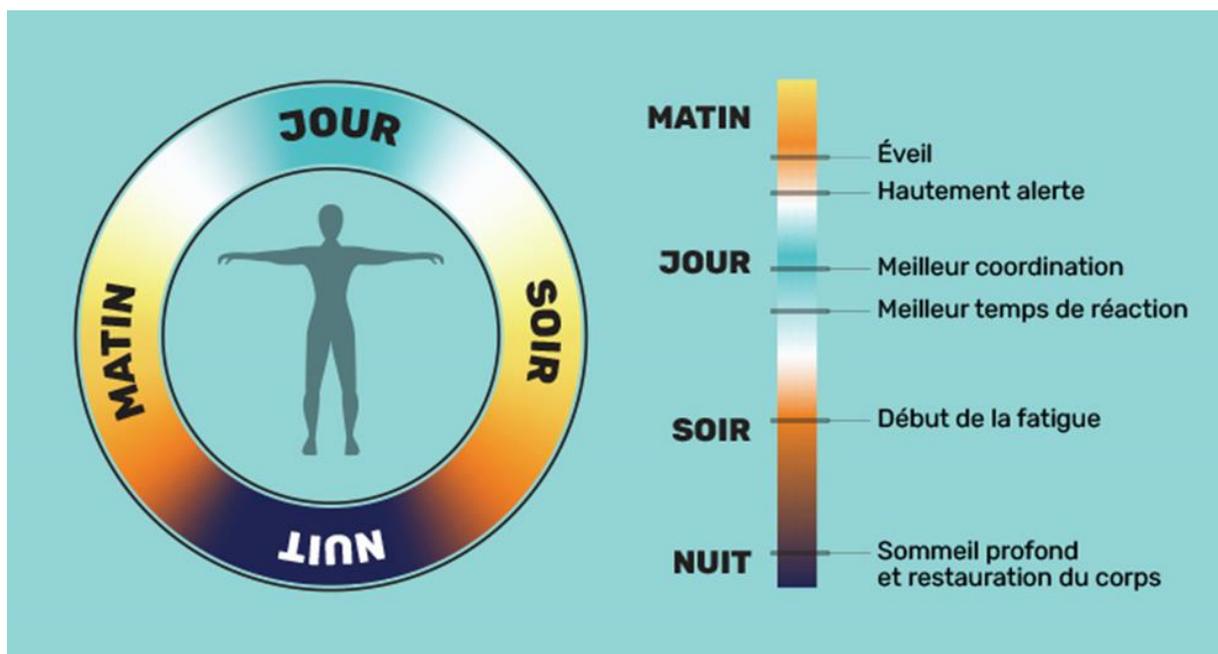


Figure II-7: Type d'ouverture et le confort visuel (Source : <https://www.luxsolutions.ca>)

## 3. Les immeubles de bureaux

### 3.1 Définition

L'immeuble de bureau est un lieu de travail des employés d'une administration ou d'une entreprise, c'est un bâtiment où sont concentrées les activités administratives. Ce type de bâtiment se trouvant avec la plus large gamme de vitrage devraient être ventilé naturellement et profiter au maximum de l'éclairage naturel en présentant un plan peu profond favorisant la pénétration de la lumière naturelle (Bodart, 2002).

Afin d'effectuer son activité professionnelle en sécurité, ainsi que ses différentes tâches le travailleur doit solliciter sa vision pour effectuer ses tâches. Au poste de travail plus de 80% des messages parviennent aux travailleurs par voie visuelle la perception des objets et des

événements effectuent sous le contrôle de la vue. La vision dépend de la lumière, la tâche visuelle qui peut apparaître dans le champ visuel de l'opérateur lui permet de travailler efficacement en condition de sécurité et de confort visuel. Lorsque l'ambiance lumineuse n'est pas adaptée aux exigences de la tâche visuelle du travailleur, elle constitue un facteur de fatigue visuelle, avec des conséquences négatives sur sa santé et sa sécurité (Floru, 1996).

### 3.2 Évolution historique des immeubles de bureaux « Aperçu historique »

Le scribe et le moine sont les deux fondateurs du bureau avant plus de cinq mille ans, le scribe se déplaçait avec ses outils aux clients, et de là la naissance de l'utilisation des téléphones et des ordinateurs portables dans le travail, quant au moine, il a donné son nom de baptême au travail tertiaire et c'est lui qui a inventé les heures de travail (Farid, 2020).

Après deux siècles le monde a connu la croissance rapide de l'activité tertiaire due aux banques les plus célèbres tel que la banque de France 1800, la bourse 1826, les plaies de l'argent au 19ème siècle, en 1871 la création des premiers gratte-ciels par l'école de Chicago (FARID, 2020).



**Figure II-8 : Banque de France en 1800**  
(Source : Google image 2022)

En 1976, les immeubles de bureaux ne se distinguent de rien des immeubles d'habitation, jusqu'à la fin du 19ème siècle où commence à s'installer le bureau dans ses murs, alors c'était la naissance de la 1ère typologie d'espace tertiaire, qui a connu à l'époque beaucoup de contraintes tel que : l'absence de flexibilité, la limite dans le volet structurelle, la difficulté de modernisation de câblage et même en cette période les espaces de travail se mélangent encore aux habitations et c'est la naissance de l'immeuble haussmannien (Farid, 2020).



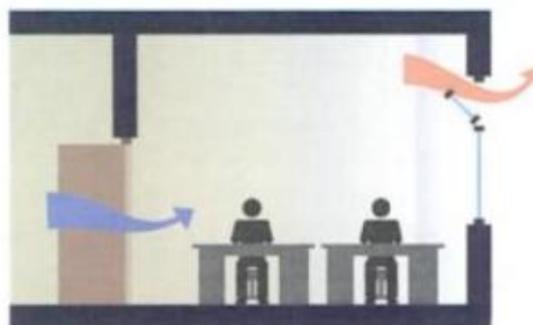
**Figure II-9 :** Immeuble de bureau à haute qualité environnementale en France.  
(Source : <https://conseils.xpair.com>)

Aux états unie les premier immeubles conçus allaient en hauteur d'environ 79 mètre d ou était influencé l'architecture moderne. Le 20eme siècle se caractérise par ces tours de bureau riche en terme d'architecture par contre en Europe (paris, Barcelone, Rotterdam, Londres) on y construit de plus modeste, en donnant une plus grande importance au développement durable. La nouvelle tendance est l'émergence en Europe et aux états unis a la construction selon (HQE) la Haute Qualité Environnementale (Farid, 2020).

### 3.3 Evolution de la conception architecturale des immeubles de bureau :

#### ➤ Jusqu' à 1900 :

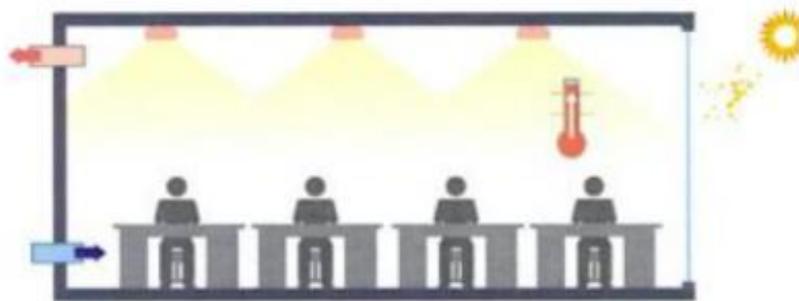
La conception des bureaux avec de faibles profondeurs, vu que seule l'éclairage naturel et la ventilation naturelle qui peuvent améliorer le confort visuel et thermique, plus tard les espaces plus grand avec le recours à l'électricien pour l'éclairage et la ventilation (Gratia & De herde, 2006).



**Figure II-10 :** La conception des bureaux dans les années 1900  
(Source : (Gratia, De herde, 2006).

➤ **Jusqu' à 1960 :**

L'utilisation de larges surfaces vitrées et l'orientation sud-ouest a induit une surchauffe donc augmentation de la climatisation, plus tard des bureaux fermés font perdre la vue vers l'extérieur (Gratia & De herde, 2006)

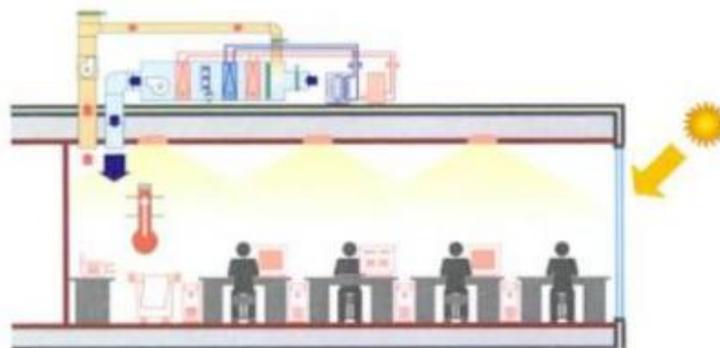


**Figure II-11** : L'utilisation des façades largement vitrées en 1960.

(Source : (Gratia, De herde, 2006).

➤ **Dès 1980 :**

Création de surchauffe due à l'utilisation des équipements et de matériel informatique aussi l'utilisation de faux plafond, planchers et cloisons légère ce qui induit l'effet de serre et la sur consommation énergétique (Gratia, De Herde, 2006).

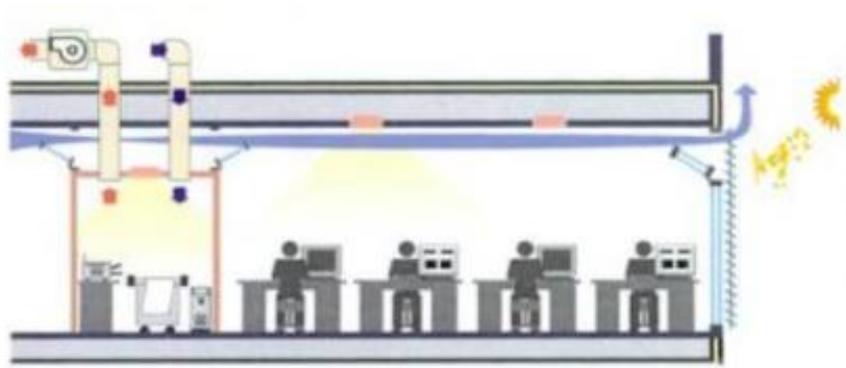


**Figure II-12** : Le recours aux équipements techniques pour avoir plus de confort

(Source : (Gratia, De herde, 2006).

➤ **Actuellement :**

Une problématique intéressante offrir un confort optimal et réduction de la consommation énergétique la naissance du développement durable donc le recours à la ventilation naturelle, l'éclairage naturelle (Gratia, De herde, 2006).



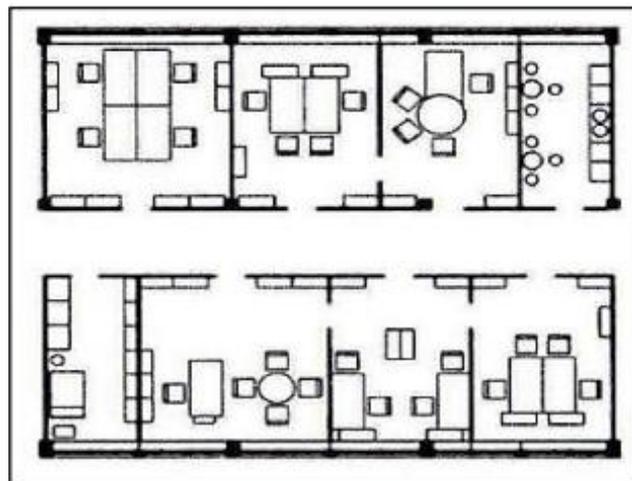
**Figure II-13** : L'amélioration des espaces de travail par la pratique du développement durable (Source : (Gratia, De herde, 2006).

## Type et fonctions des immeubles de bureaux

Les espaces de bureaux sont les endroits réservés aux exercices administratifs, ces espaces sont perçus par plusieurs formes, d'après plusieurs recherches on distingue 04 types de bureaux :

### a. Bureau cloisonné

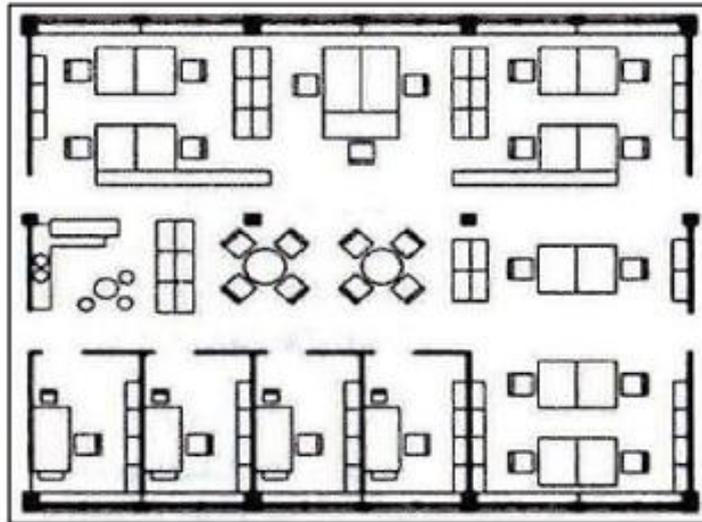
C'est un simple bureau fermé avec des parois opaques, permettant à son occupant de s'isoler. Ce type de bureau est efficace pour les travailleurs qui nécessitent un bon degré de concentration. Ce type de bureaux est destiné aux responsables et chefs hiérarchiques (Farid, 2020)



**Figure II-14** : Bureau cloisonné ou cellule de bureaux (Source : Neufert 10ème éd)

### b. Bureau paysager :

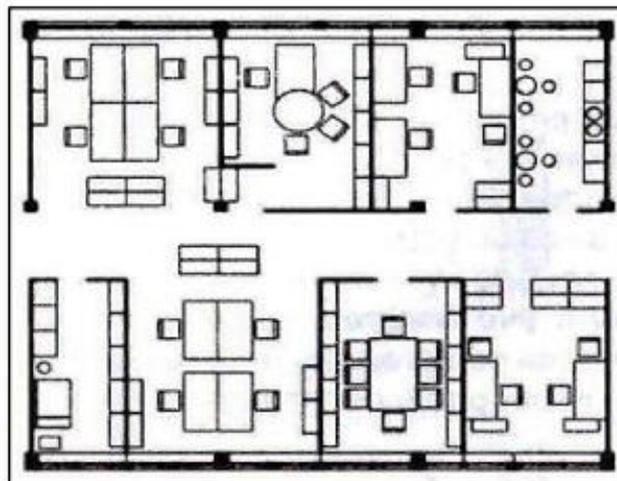
Il s'agit d'un type de bureau qui offre une flexibilité, une bonne circulation de l'information une espace sans cloison ou avec des séparations permettant de garder la visibilité entre les opérateurs. Ce type de bureau est destiné pour le travail en équipe (Farid, 2020).



**Figure II-15:** Bureau paysager ou openspace office (Source : Neufert 10eme ed)

#### **Bureau collectif :**

C'est un espace de travail partagé, une grande salle collective de 04 à 15 postes de travail, utilisé toujours par les mêmes travailleurs. Ce type de bureau est préféré pour les activités de création, de mise en forme, de coordination et de développement (Farid, 2020).



**Figure II-16 :** Bureaux collectifs (Source : Neufert 10eme ed)

#### **Bureau mixte :**

Une tentative des années 1980 de cumuler des avantages des bureaux cloisonnés et ceux des bureaux paysagers. Des bureaux séparés mais avec des cloisons vitrées. Ce type de bureau

permet un poste de travail pour la concentration et de favoriser la communication entre les employés (Farid, 2020).

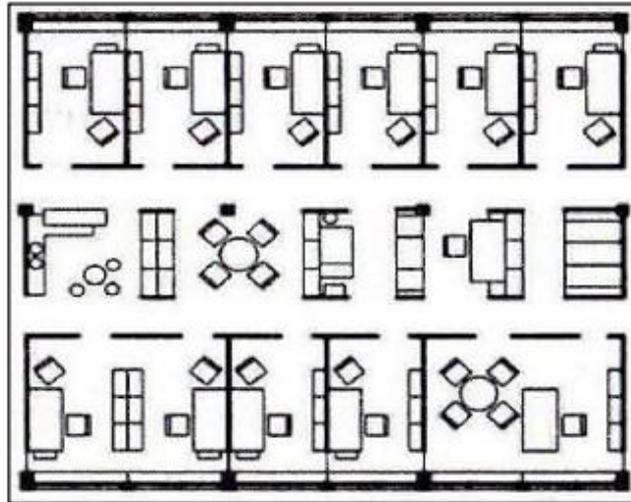


Figure II-17: Bureaux mixtes (Source : Neufert 10eme ed)

### 3.4 La lumière dans les immeubles de bureaux :

Afin de créer un environnement lumineux agréable et confortable et afin d'exécuter les tâches spécifiques au secteur tertiaire une qualité et une quantité de lumière est nécessaire et primordiale, il existe des recommandations pour l'éclairage intérieur (Floru, 2016).

Tableau II.1 recommandation d'éclairage intérieur (Source : Floru, 2016)

Locaux affectés au travail et leurs dépendances	Valeur minimales d'éclairément
Voie de circulations intérieures	<b>40 lux</b>
Escalier et entrepôts	<b>60 lux</b>
Locaux de vestiaire et sanitaires	<b>120 lux</b>
Locaux affectés à un travail permanent	<b>200 lux</b>

En effet, les activités professionnelles des bureaux comportent des tâches qui sollicitent, de façon permanente la vision et cette dernière dépend de la lumière, ce qui permet à l'opérateur de travailler efficacement, en conditions de sécurité et de confort visuel, de plus un bon

éclairage confère à l'environnement intérieure des bureaux un caractère agréable et confortable (Floru, 2016).

### 3.5 Le niveau d'éclairage optimum

Étant donné que la notion de niveau d'éclairage optimal est très variable et que ce dernier dépend directement de la tâche à accomplir, sa définition et son évaluation sont très complexes, dépend directement de la tâche à accomplir, complique grandement sa définition et son utilisation. De plus, les valeurs d'éclairage optimal sont continuellement mises à jour pour tenir compte de l'évolution des techniques ne les mesurons pas (Saadi, 2017).

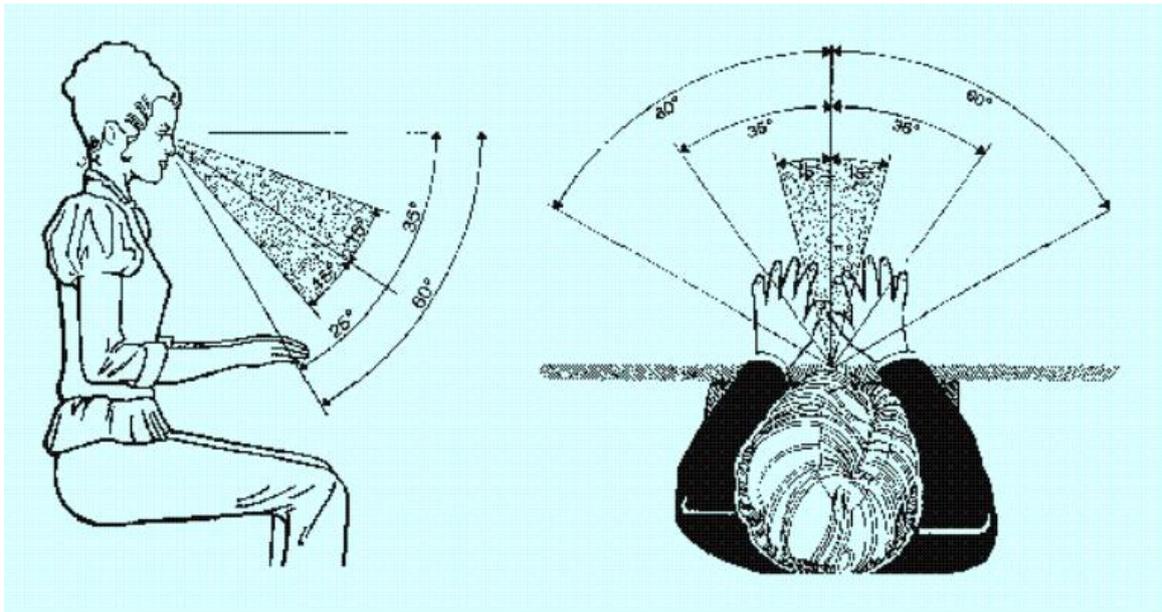
**Tableau II.2 recommandation d'éclairage intérieur dans un immeuble de bureau**  
(Source : Saadi, 2017)

Valeur d'éclairage moyen a assuré	Valeur minimales d'éclairage
Voie de circulations intérieures	<b>40 lux</b>
Hall d'accueil	<b>250 lux</b>
Bureau de travaux généraux	<b>420 lux</b>
Bureau de travail sur écran	<b>350 lux</b>
Salle de dessin	<b>850 lux</b>

Le tableau ci-dessous montre quelques valeurs recommandées par l'Association Française de l'Éclairage (AFE).

### 3.6 Proportion de la tâche visuelle

La taille de la tâche visuelle est la mesure en fonction de l'angle de vue éprouvé par l'observateur et également de la distance qui le sépare de la tâche visuelle à exercer voir, (Figure II.18).



**Figure II-18:** Angle de vision (Source : <https://www.ilocis.org/fr> )

Les recherches menées par (Eden, 1986) définissent les relations mathématiques qui normalisent, les distances entre l'œil humain et la tâche visuelle, ce qui détermine la taille de la tâche visuelle. Ces rapports sont exprimés par la formule suivante :

$a = 57.h.D$  où :

h = Hauteur de 'l'objets de la tâche'

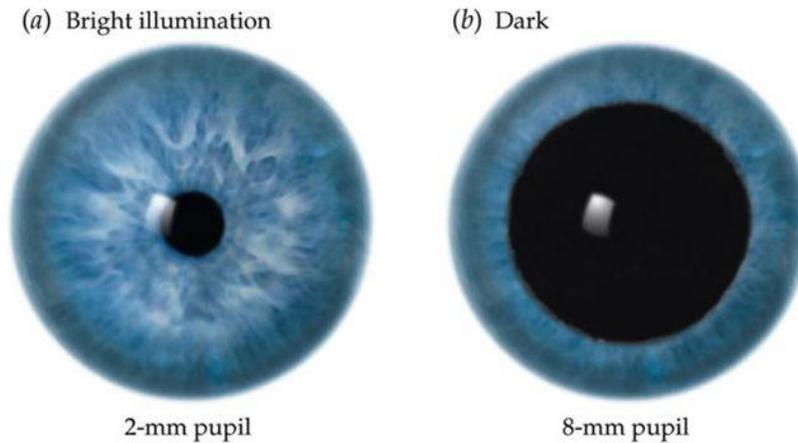
D = la distance entre 'l'objet' et l'œil

### 3.7 L'adaptation visuelle a l'environnement lumineux

Il a été scientifiquement prouvé que l'être humain adopte plusieurs stratégies afin de s'adapter à son environnement, physique et physiologique, et ce de plusieurs manières, dans le sens où qu'il y a des changements physiques dans le corps " changements internes " face par exemple au stress ou la satisfaction (Saadi, 2017).

Nous pouvons définir l'adaptation visuelle par la possibilité pour l'œil humain d'ajuster la sensibilité du système visuel aux variations de la lumière moyenne de l'environnement lumineux ambiant, il modifie la sensibilité à la quantité de lumière, ou à des changements de contraste aussi (Saadi, 2017).

## Adaptation à l'obscurité

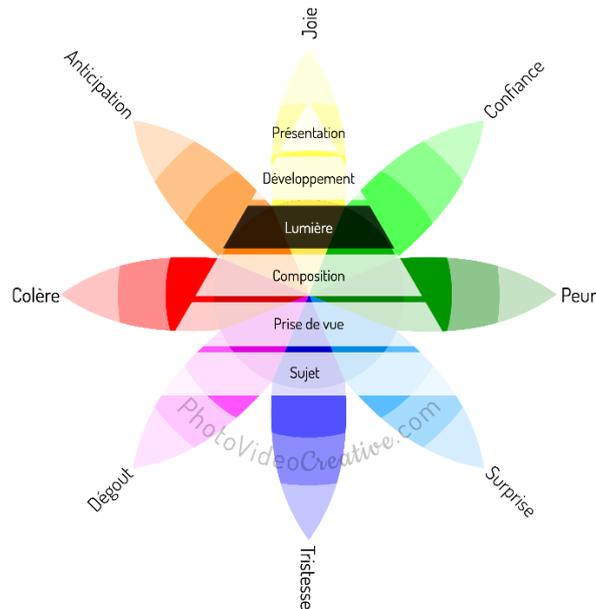


- Le diamètre de la pupille peut varier selon un facteur de 4 (environ de 2 mm à 8 mm) laissant ainsi passer jusqu'à 16 fois plus de lumière dans l'obscurité.
- Même si ce type d'adaptation aide certainement, cela explique seulement une maigre partie de la capacité du système visuel à s'adapter à l'obscurité.

**Figure II-19:** adaptation de l'œil à la lumière (Source : <https://slideplayer.fr>)

### 3.8 Aspects psycho-physiologiques

Des études ont montré que la dépression hivernale peut être traitée par une photothérapie à 5000 lux, avec des séances de deux heures le matin avec une lumière de type lumière du jour. Ainsi l'être humain est sensible aux variations de la lumière solaire et une baisse de l'exposition à celle-ci. Cette dernière peut être une source d'anxiété, de stress ou même provoquer des insomnies.



**Figure II-20:** adaptation de l'œil à la lumière (Source : <https://photovideocreative.com> )

Dans les pièces sans fenêtres, les concepteurs créent une modulation de l'éclairage artificiel reproduisant le cycle solaire de la journée afin que les hommes se situent dans le temps, or cette solution est coûteuse notamment pour les espaces tertiaires, le passage à des solutions passives est très recommandé (Saadi, 2017).

### 3.9 Un environnement sain et confortable pour les occupants

Les travailleurs passent environ 90% de leur temps à l'intérieur de leur bureau, ce qui occupe plus d'un tiers de la journée et démontre l'importance du rôle de la qualité des conditions à leur offrir, afin de préserver leur santé et leur bien-être (LESAGE, 2013).

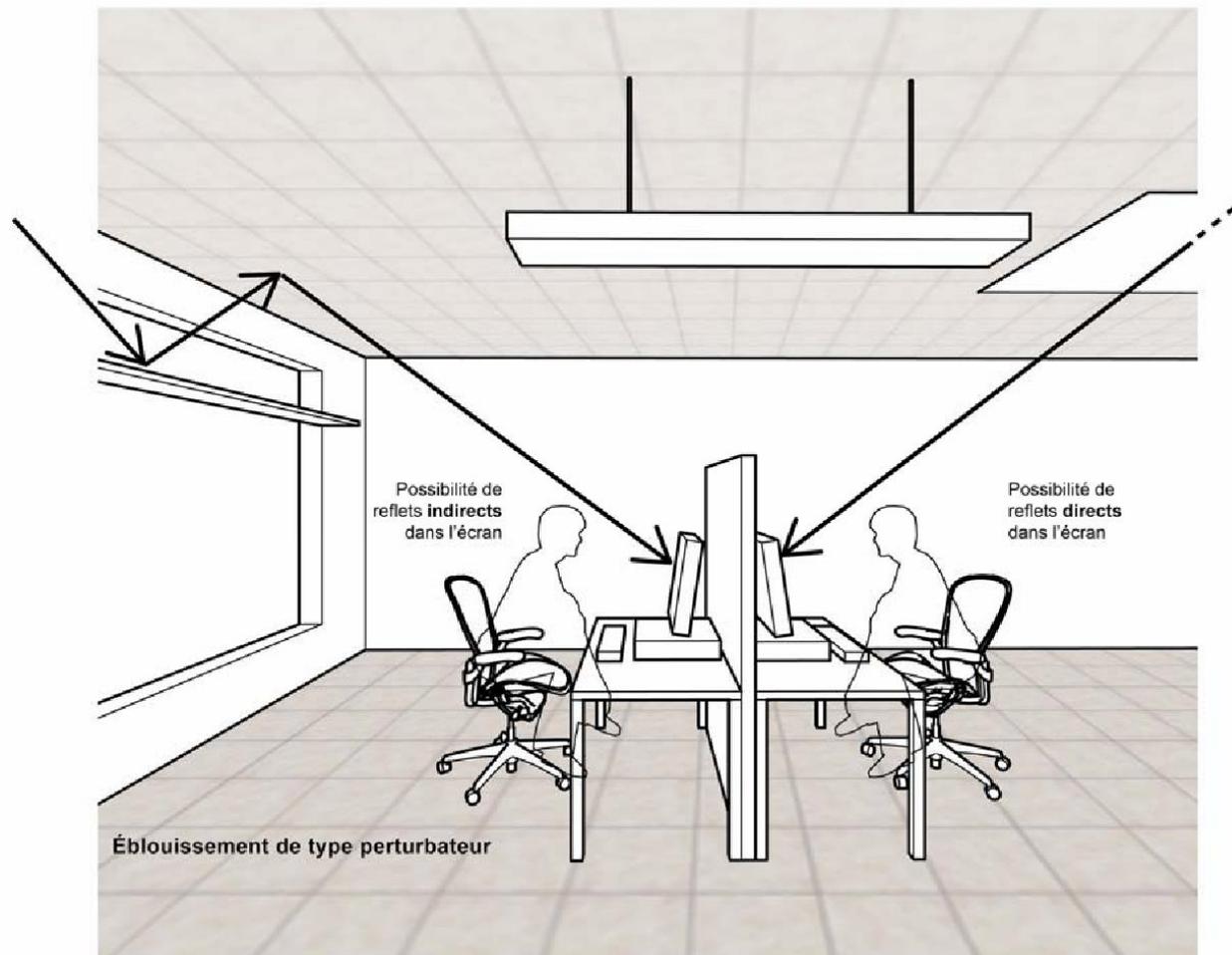


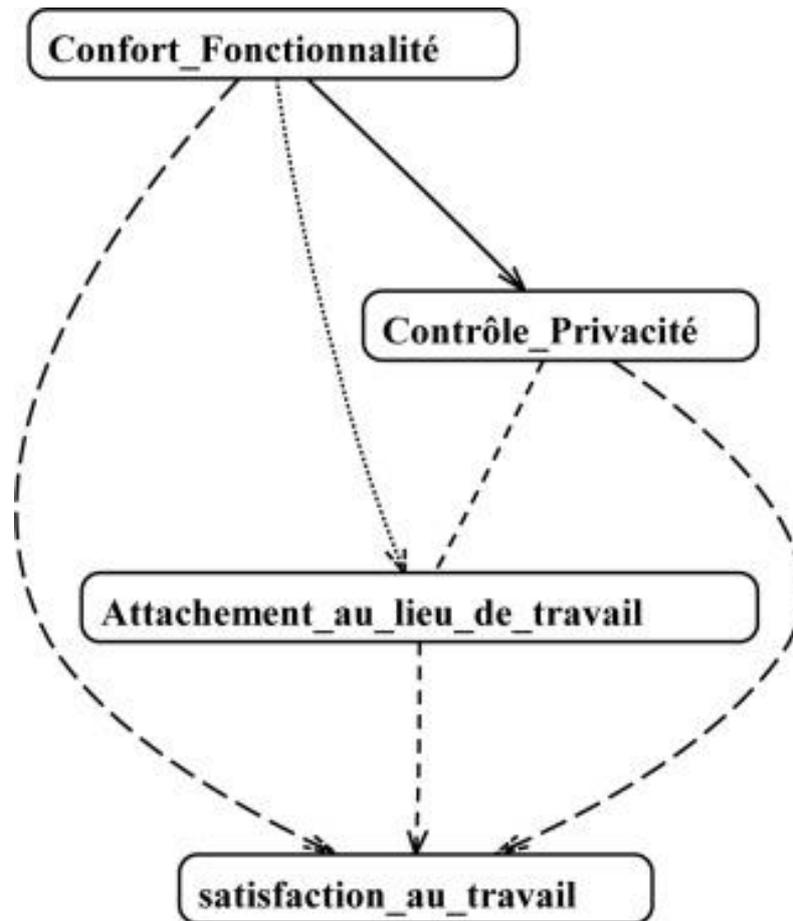
Figure II-21: adaptation de l'œil à la lumière (Source : <https://www.semanticscholar.org>)

### 3.10 La santé et le bien être

Le bien-être de l'être humain est essentiellement dépendant de sa qualité de vie, son accomplissement personnel ainsi que sa santé psychologique. L'utilisateur d'un espace cherche un environnement sécuritaire et de qualité lui permettant de maintenir son confort et préserver sa santé (Lesage, 2013).

### 3.11 Le confort et la satisfaction au travail

Une fois la santé et le bien-être des travailleurs assurés, les opérateurs requièrent un environnement qui leur permettra de bien réaliser leur tâches ou la qualité et le degré de confort sont directement liés à la productivité des usagers, ce qui veut dire la rapidité et la précision dans l'exécution de leur travail (LESAGE, 2013).

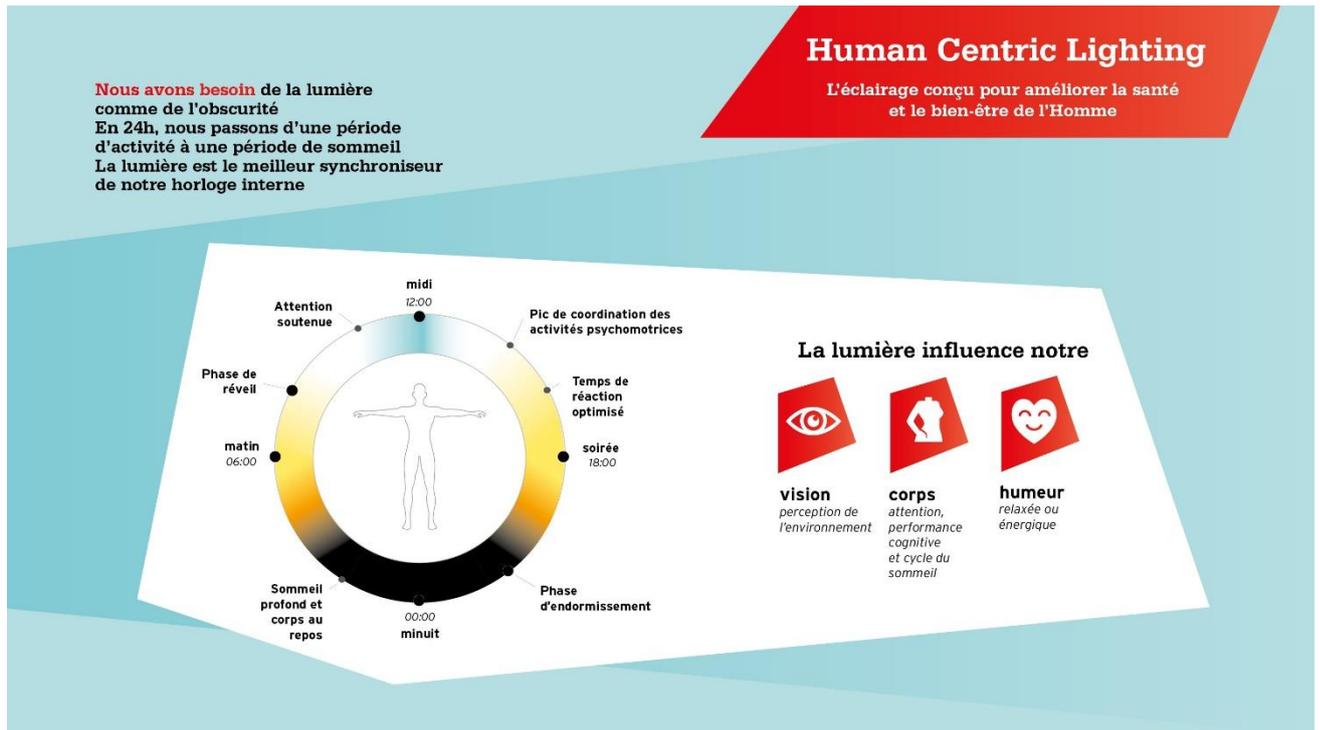


**Figure II-22:** Satisfaction au travail (Source : <https://www.sciencedirect.com>)

Les caractéristiques physiques de l'environnement de travail influence de façon directe, les résultats de rendement des occupants particulièrement l'ambiance lumineuse qui a un impact direct sur la performance et la satisfaction de ceux-ci (Lesage, 2013).

### 3.12 Productivité lié à l'usage de la lumière naturelle

Les chercheurs établissent de plus en plus de lien entre la qualité de l'environnement de travail et la santé des travailleurs, parmi les conditions pouvant améliorer la productivité des opérateurs l'usage de la lumière naturelle l'amélioration de tâche qui requièrent plus de précision est lie à l'amélioration de la performance.



**Figure I-23:** adaptation de l'œil a la lumière (Source : <https://www.syndicat-eclairage.com> )

Cette amélioration de performance mène a des gains en productivité estime de 0.5% à 5% cela n'est pas négligeable vu qu'il puisse traduire un gain annuel de 20 milliard dollars à 160 milliard dollars, principalement vue que cette lumière ne nécessite aucune transformation technologique (Lesage, 2013).

## **Conclusion**

Nous avons vu dans ce chapitre que l'éclairage joue un rôle très important dans le bâtiment en générale et dans le secteur tertiaire en particulier il faut savoir qu'il existe un impact prépondérant de l'orientation et des dimensions des ouvertures sur l'optimisation de la lumière naturelle et le confort visuel ce qui ayant en même temps un effet direct sur le confort psychologique des usagers. De nombreuses études montrent que la lumière du jour a un effet positif sur notre bien-être, qu'il soit physique ou mental. Elle peut influencer positivement la capacité de concentration, l'efficacité des performances et la capacité d'apprentissage et de production des opérateurs travaillants dans les immeubles de bureaux, la performance de la lumière naturelle est primordiale à fournir aux occupants du secteur tertiaire de par le besoin et le confort physique et psychologique quelle offre à celui-ci et l'importance des gains en termes de production mais aussi offrant l'économie d'énergie.

## CHAPITRE III : Etude empirique de l'immeuble de bureau de l'Université de Bejaia

### Introduction

Dans ce chapitre on va présenter l'étude empirique qui englobe deux méthodes : l'étude quantitative qui consiste en la prise de mesure in situ, ou l'objectif est d'aborder le confort visuel d'une manière pratique et objective, Pour mieux comprendre le sujet de recherche et afin de répondre à la question de subjectivité perçue et ressentie au sein de ses bureaux cette étude quantitative serait suivie d'une étude qualitative qui constitue la distribution d'un questionnaire sur les usagers du cas d'étude.

Comme principal objectif on veut évaluer le confort visuel dans l'immeuble de bureau pour enseignant au campus Tragua Ouzemour de l'université de Bejaia et en déduire l'effet de la lumière naturelle sur le confort physique et psychologique des occupants à l'intérieur de cet équipement. Alors on va procéder à la présentation des résultats sous forme de tableau schéma et enfin l'interprétation de ces résultats.

### 1. Présentation de la ville de Bejaia

Bgayet en kabyle (berbère) ; Bougie étant l'ancien nom français de la ville en raison des sciences et savoir que la ville possédait, Saldæ au temps des Romains et Vaga (les ronces) en libyco-berbère) est une ville d'Algérie. Elle est aussi le chef-lieu de la wilaya (département) du même nom.



**Figure III-1** : Vue sur la ville de Bejaia (Source : <https://fr.wikivoyage.org> )

## 1.2 Situation :

Une commune algérienne située en bordure de la mer Méditerranée, à 220 km à l'est d'Alger. Elle est le chef-lieu de la wilaya de Béjaïa et de la daïra de Béjaïa, en Kabylie. Elle est située dans une baie en faucille protégée de la houle des vents du large (orientés nord-ouest) par l'avancée du Cap Carbon (à l'ouest de la ville). La ville est adossée au mont du Gouraya situé dans une position nord-ouest.

## 1.3 Analyse climatique

La zone d'étude, est caractérisée par un climat humide de type méditerranéen, c'est-à-dire contrasté par une période pluvieuse en hiver et une période sèche en été. En effet, les facteurs climatiques intervenant dans les processus de transformation la diffusion des polluants sont les pluies, les températures et les vents. Dans ce chapitre on se concentre sur l'ensoleillement.

## 1.4 Insolation :

Le plus grand nombre d'heures d'ensoleillement quotidien est mesuré à Béjaïa en moyenne suivant le tableau ci-dessous :

**Tableau III.1 Heur d'ensoleillement par mois**

(Source : <https://www.climatsetvoyages.com>)

Bejaia heur d'ensoleillement		
Mois	Moyenne quotidienne	Total heures par mois
Janvier	4.5	140
Février	6	165
Mars	6.5	200
Avril	7	205
Mai	8.5	260
Juin	10	300
Juliet	11.5	350
Aout	10	315
Septembre	8.5	250
Octobre	6.5	200
Novembre	5	155
Décembre	4.5	135

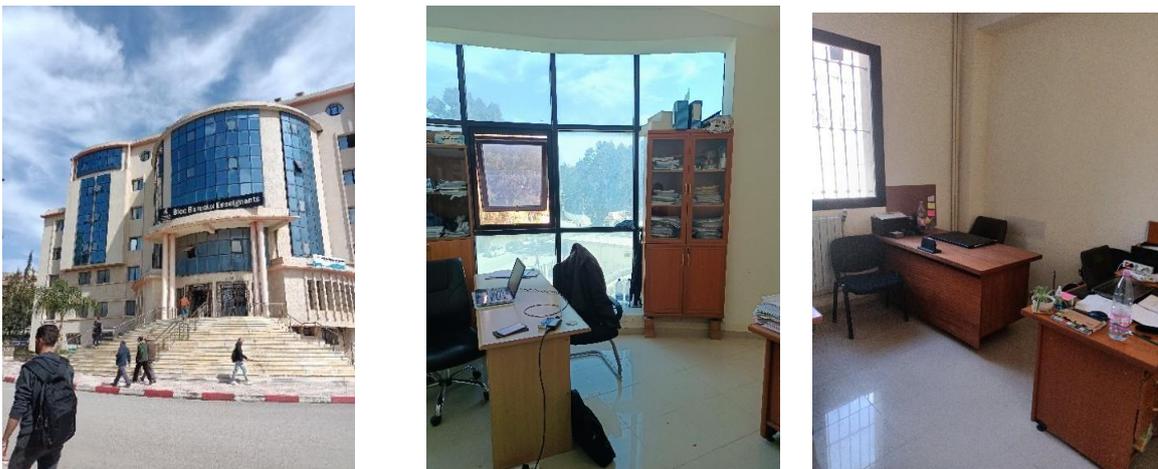
En Juillet, il y a en moyenne 11.50 heures d'ensoleillement par jour et un total de 350 heures d'ensoleillement en Juillet.

Le nombre d'heures d'ensoleillement quotidien le plus bas est mesuré à Béjaïa en moyenne. En Janvier, il y a en moyenne 4.5 heures d'ensoleillement par jour et un total de 140 heures d'ensoleillement.

## 2. Présentation de l'immeuble de bureau pour enseignants

Le bloc des enseignants du campus Targua Ouzemour se compose de 200 bureaux, on trouve en entresol la direction des ressource humaine et un espace vert extérieur

Desservit par un escalier monumentale, il est construit autour d'un atrium, des coursives tout au Toure, une circulation verticale de part et d'autre par des escaliers balancé en ellipse desservant les 05 étage de l'équipement.

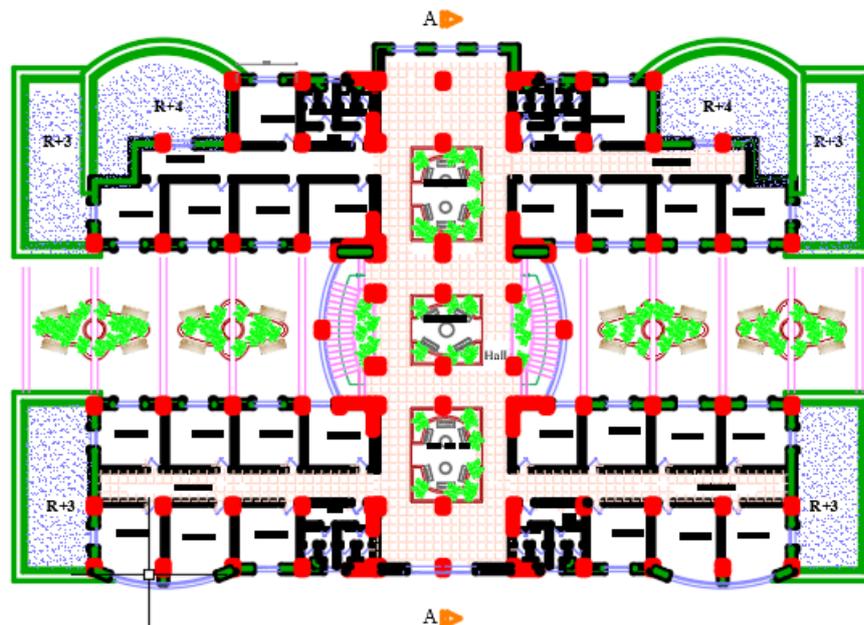


**Figure III-2** : les différentes vues de l'immeuble de bureau des enseignants

(Source : auteur, 2022)

### 2.1 Situation du bloc des enseignants

L'image ci-dessous montre la situation de notre cas d'étude, le bloc des enseignants de l'Université targua ouzemour.



**Figure III-3** : plan d'ensemble du bloc des enseignants (Source : auteur, 2022)

Le projet est situé à l'université Targua Ouzemour accessible du carrefour Aamriw par la rue Boukhiana qui dessert deux voie secondaire une menant vers Tazseboujt l'autre vers Taghzouyt.

### 3. Etude quantitative

Cette étude a pour but d'évaluer les conditions du confort visuel et de lumière naturelle dans les espaces de bureau de notre cas d'étude, afin de ressortir avec des valeurs numériques

#### 3.2 Protocole de prise de mesure

Il Consiste à effectuer une grille au niveau du plan de deux type de bureaux, puis prendre des mesures dans les différents points de la grille, à l'aide d'une application luxmètre. La prise des mesures a été effectuée le 24 avril 2022, dans le cas d'un ciel clair avec soleil, pendant trois heures différentes de 09h à 15h. Avec un intervalle de trois heures entre chaque deux heures : 9h, 12h, 15h. En Utilisant une grille horizontale qui se développe en deux catégories d'axes : axes alphabétiques (A-H) et axes en chiffre (1-7), la totalité des axes s'accroisse sur 40 points de mesure qui couvre la surface totale des bureaux. L'intervalle entre chaque point de tous les sens est de 0.6 m (Voir figure 3-11).

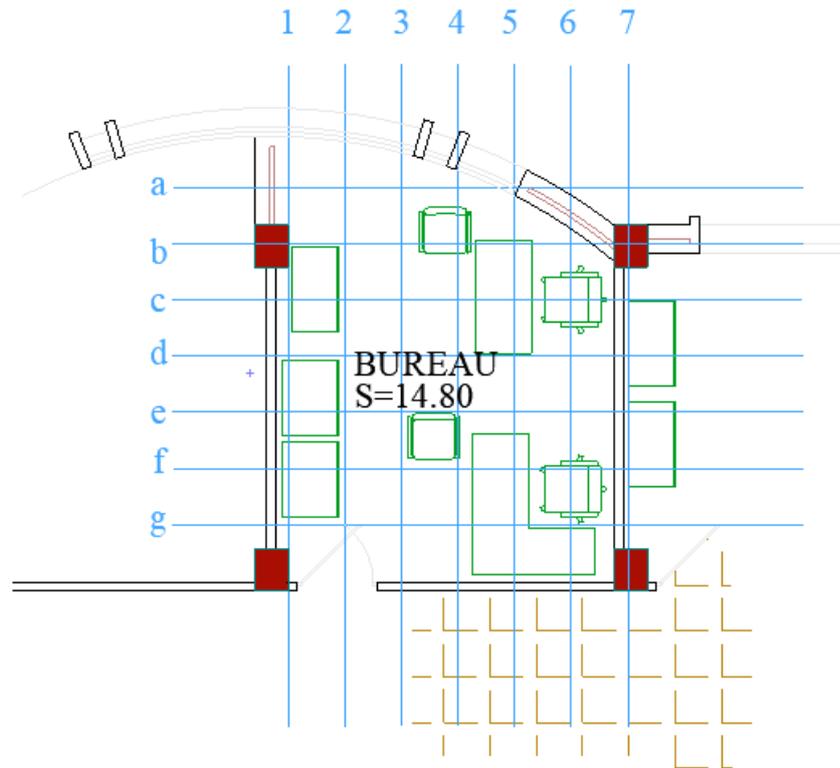


Figure III-4 : La grille de prise de mesure (Source : auteur, 2022)

### 3.3 2.3 L'outil

Le choix de l'outil est effectué après l'essai de plusieurs applications luxmètre, en suite nous avons eu recours à l'instrument le plus efficace : une application luxmètre sur un appareil téléphonique.



Figure III-5 : Application lux mètre (Source : auteur 2022)

### 3.4 Résultat et interprétation :

- Cas d'étude bureau B Le cas de 9h

Le tableau ci-dessous présente les résultats obtenus à 09h

Tableau III-2 : résultat de la prise des mesures à 09h dans le B1 de l'immeuble des enseignants Targua Ouzemour (Source : Auteur, 2022)

	a	B	C	d	e	f	g
1	250	150	70	60	46	46	40
2	230	260	74	55	66	55	46
3	210	280	72	61	79	60	56
4	/	125	68	71	81	78	76
5	/	101	67	51	97	80	70
6	/	/	70	41	91	90	80

D'après le tableau III-1 on remarque un éclairage qui dépasse les 200 Lux juste aux points les plus proches de la baie, qui diminue au milieu et au fond du bureau.

Le graphe suivant est une représentation du tableau ci-dessus, montre le niveau d'éclairage à 9h dans le bureau de l'immeuble des enseignants Targua Ouzemour

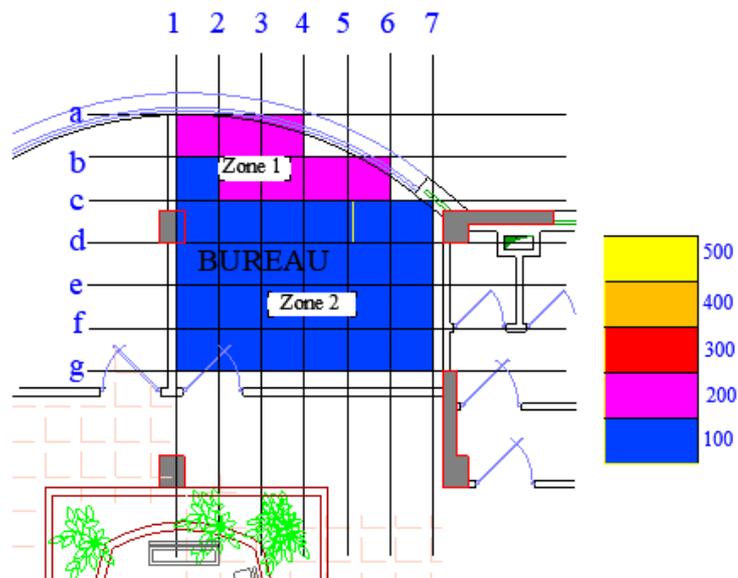


Figure III-6 : Le niveau d'éclairage à 9h00 dans le bureau 01 de l'immeuble des enseignants a Targua Ouzemour (Source : auteur.2022)

En prenant en référence le tableau II-1 qui représente les normes par rapport au niveau d'éclairage dans le respect de la santé physique des occupants, nous sommes arrivés à faire les interprétations suivantes :

- la zone 1 : une zone qui occupe toute la partie à proximité du mur rideau du côté sud-est, l'éclairage reçu dans cette zone est entre 280 lux et 210 lux, le niveau d'éclairage est élevé mais se rapproche de la norme.
- le zone 2 : une zone qui occupe presque tout le bureau, l'éclairage reçu dans cette zone est inférieur à 100 lux, ici le niveau d'éclairage est faible.

Dans ce cas, la zone 2 est la seule zone qui reçoit un éclairage se rapprochant de la norme or le plan de travail \_suivant l'aménagement du bureau voir figure III-4\_ sont loin de cette zone et se situent à la zone 2 qui est mal éclairée.

Donc l'éclairage reçu dans ce bureau à 9h présente une répartition non uniforme qui peut causer une fatigue visuelle, un faible niveau d'éclairage sur le plan de travail alors c'est l'inconfort visuel

on constate que l'orientation du bureau est le paramètre qui a causé cette inconfort à 9h00.

- Cas d'étude bureau 01 B1 Le cas de 12h

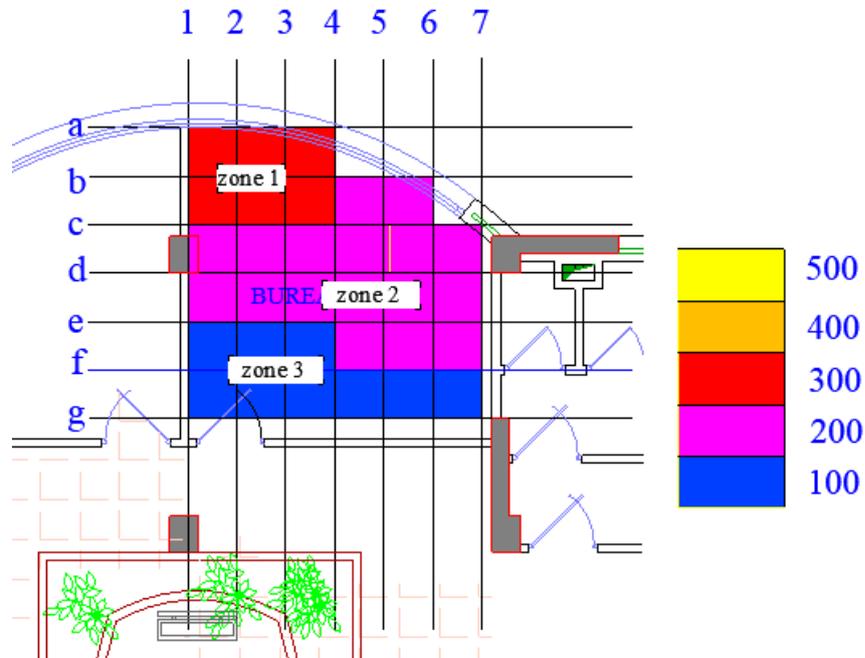
Le tableau ci-dessous présente les résultats obtenus à 12h

Tableau III-3 : résultat de la prise des mesures à 12h dans le B1 de l'immeuble des enseignants Targua Ouzemour (Source : Auteur, 2022)

	a	b	c	d	e	f	g
1	241	207	206	216	70	60	50
2	265	220	215	202	66	57	46
3	365	225	218	207	79	71	59
4	/	86	230	210	201	79	78
5	/	88	220	203	210	91	72
6	/	92	201	220	230	90	86

D'après le tableau III-2, on remarque un éclairage qui dépasse les 300 Lux pour la partie la plus proches de la baie, qui diminue au milieu au environ de 200 lux et diminue encore plus au fond du bureau.

Le graphe suivant est une représentation du tableau ci-dessus, montre le niveau d'éclairage à 12h dans le bureau de l'immeuble des enseignants Targua Ouzemour



**Figure III-7 :** Le niveau d'éclairage à 12h00 dans le bureau 01 de l'immeuble des enseignants a Targua Ouzemour (Source : auteur.2022)

En prenant en référence le tableau II-1 qui représente les normes par rapport au niveau d'éclairage dans le respect de la santé physique des occupants, nous sommes arrivés à faire les interprétations suivantes :

- la zone 1 : une zone qui occupe toute la partie à proximité du mur rideau du côté sud-est, l'éclairage reçu dans cette zone est entre 360 lux et 207 lux, le niveau d'éclairage est élevé.
- la zone 2 : une zone qui reçoit un éclairage de 200lux, le niveau d'éclairage est moyen.
- la zone 3 : une zone qui reçoit un éclairage de 100lux, le niveau d'éclairage est très faible dans cette zone

Dans ce cas, la zone 2 une zone qui occupe la partie où se trouve le plan de travail du bureau, l'éclairage reçu dans cette zone est à 200 lux, ici le niveau d'éclairage est le mieux

recommandé suivant le tableau II-1 notamment du point de vu de la situation du plan de travail suivant l'aménagement du bureau voir figure III-4\_cest le confort visuel

Donc l'éclairément reçu dans ce bureau à 9h présente une répartition uniforme, alors c'est le confort visuel, on constate que l'orientation du bureau est le ratio d'ouverture sont les paramètres qui ont induit a ce confort visuel à 12h00.

- Cas d'étude bureau 01 B1 Le cas de 15h

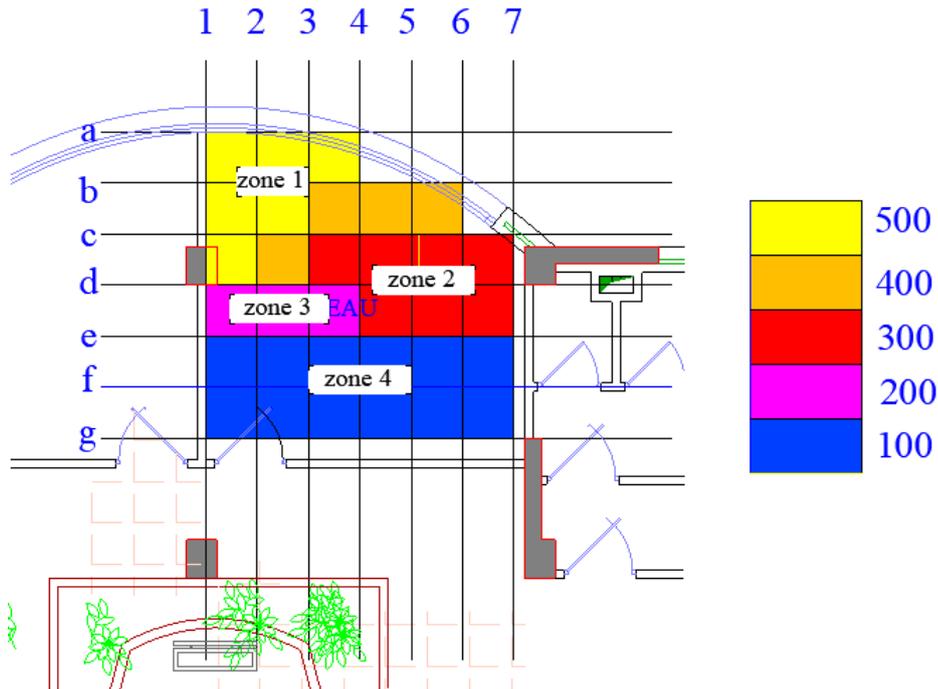
Le tableau ci-dessous présente les résultats obtenus à 15h

Tableau III-4 : résultat de la prise des mesures à 15h dans le B1 de l'immeuble des enseignants Targua Ouzemour (Source : Auteur, 2022)

	a	b	c	d	e	f	g
1	1132	1055	255	250	200	194	161
2	1501	1059	238	233	180	206	141
3	420	338	296	286	240	231	181
4	/	296	250	241	170	146	160
5	/	297	220	210	195	193	129
6	/	256	210	215	117	129	115

D'après le tableau III-2, on remarque un éclairément qui dépasse les 1500 Lux pour la partie la plus proches de la baie, qui diminue au milieu au environ de 400 lux et diminue encore plus au fond du bureau.

Le graphe suivant est une représentation du tableau ci-dessus, montre le niveau d'éclairément à 15h dans le bureau de l'immeuble des enseignants Targua Ouzemour



**Figure III-8 :** Le niveau d'éclairage à 15h00 dans le bureau 01 de l'immeuble des enseignants a Targua Ouzemour (Source : auteur.2022)

En prenant en référence le tableau II-1 qui représente les normes par rapport au niveau d'éclairage dans le respect de la santé physique des occupants, nous sommes arrivés à faire les interprétations suivantes :

- la zone 1 : une zone qui occupe toute la partie à proximité du mur rideau du côté sud-est, l'éclairage reçu dans cette zone est entre 1500 lux et 500 lux, le niveau d'éclairage est très élevé, la présence de la tache solaire amenant à l'éblouissement.
- la zone 2 : une zone qui reçoit un éclairage de 400 lux, le niveau d'éclairage est élevé.
- la zone 3 : une zone qui reçoit un éclairage de 200 lux, le niveau d'éclairage est moyen.
- la zone 4 : une zone qui reçoit un éclairage de 100 lux, le niveau d'éclairage est très faible dans cette zone

Dans ce cas, la zone 1 et 2 sont deux zones qui occupent la partie où se trouve le plan de travail du bureau, l'éclairage reçu dans cette zone est de 1500 lux pour la zone 1 et 400 lux

pour la zone 2 , ici le niveau d'éclairage est très élevé, présence de la tache solaire et l'éblouissement, suivant le tableau II-1 notamment du point de vu de la situation du plan de travail suivant l'aménagement du bureau voir figure III-4\_ c'est l'inconfort visuel et c'est la zone la plus importante du bureau.

Donc l'éclairage reçu dans ce bureau à 15h00 présente une répartition non uniforme, alors c'est

L'inconfort visuel, vue que la partie la plus importante ou se trouve les deux bureaux ou le plan de travail se trouve en éclairage excessive on constate que l'orientation du bureau est le ratio d'ouverture sont les paramètres qui ont induit à cet inconfort visuel à 15h00.

### **3.5 Synthèse :**

D'après cette évaluation quantitative, on arrive à conclure que la lumière que reçoit le bureau éclaire la surface proche des ouvertures, notamment le mur rideau qui est le cas le plus défavorable, avec une tache solaire qui peut causer l'éblouissement, puis la quantité de lumière diminue en rapprochant au fond du bureau. L'orientation, le ratio de la surface vitrée et l'heure de l'utilisation de l'espace sont les paramètres qui influent le niveau d'éclairage qui a son tour induit au confort visuel.

## **4. Etude qualitative :**

Le but de cette étude est d'évaluer la qualité de la lumière dans les bureaux de l'immeuble des enseignants de Targua Ouzemour, afin de comprendre le côté subjectif du confort visuel dans ces espaces, et de valider les résultats obtenues dans l'étude quantitative.

Il a été distribué trente questionnaires sur les usagers de cet immeuble, principalement les enseignants.

### **4.1 La méthode**

Cette méthode consiste à rédiger un questionnaire, le distribuer sur les occupants des bureaux en questions, afin d'évaluer la qualité de l'environnement lumineux dans ces bureaux, principalement compléter l'analyse du confort visuel avec le confort psychologique qui touche la santé et la production intellectuelle dans ce genre d'espace et enfin l'interprétation des résultats.

## 4.2 Description du questionnaire

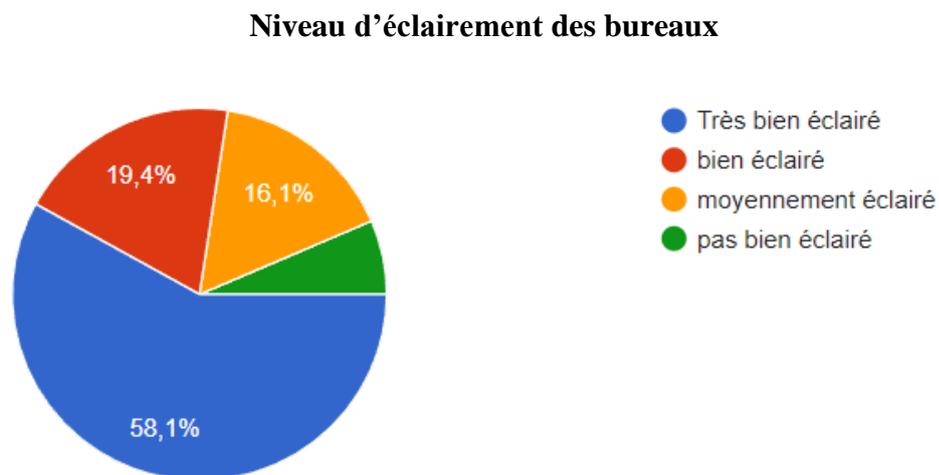
Le questionnaire distribué contient quatorze question au total, dont deux questions personnelles, huit questions relative au niveau d'éclairément et la qualité visuel et enfin quatre questions concernant le confort psychologique et la production dans ces bureau. (voir annexe 01).

## 4.3 Les participants

Les participants principaux dans ce questionnaire sont les enseignants, dont 54.8 % âgés moins de 40ans 25.8% âgés entre 40 et 50 ans et 19.40% âgés plus de 50ans presque 50% ayant une acuité visuelle bonne à très bonne.

## 4.4 Résultats et interprétation

La figure suivante montre le taux de satisfaction des participants vis-à-vis du niveau d'éclairément dans leurs bureaux.

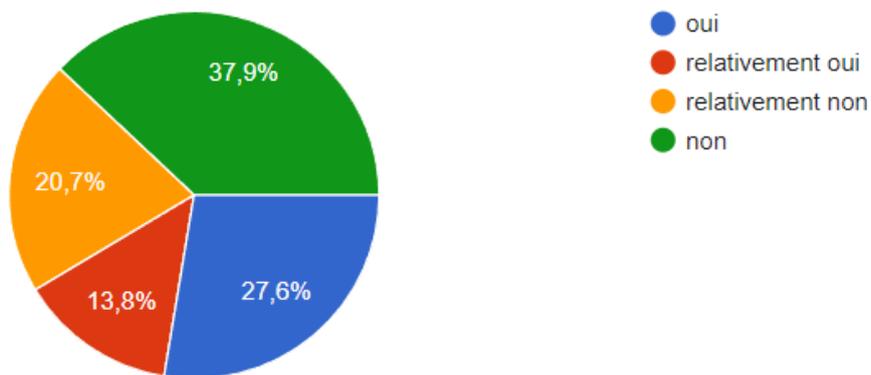


**Figure III-7** : les réponses concernant la satisfaction le niveau d'éclairément en pourcentage (Source : auteur 2022)

D'après ces résultats, on arrive à conclure que la satisfaction des occupant du niveau d'éclairément dans leurs bureaux est admissible vu que 58.10% des repenses que le bureau est très bien éclairé et 19.40 qu'il est bien éclairé et que 6.40 qui ont déclaré que leur bureau est mal éclairé.

La figure suivante exprime l'avis des enseignants sur l'éclairage de leurs bureaux et s'il souhaite plus d'éclairage dans leurs bureaux.

### confort visuel sous la lumiere naturelle

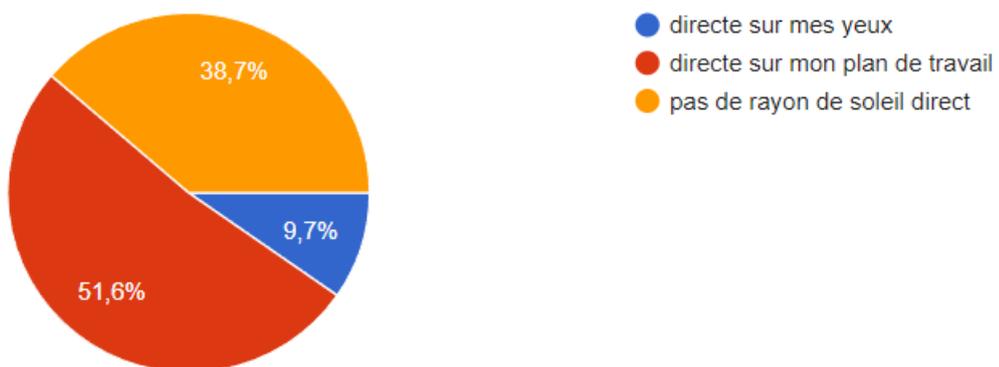


**Figure III-8** : les réponses concernant le confort visuel en pourcentage

(Source, auteur 2022)

la figure ci-dessous montre la source d'éblouissement dans les bureaux des enseignants

### Taux d'éblouissement dans les bureaux



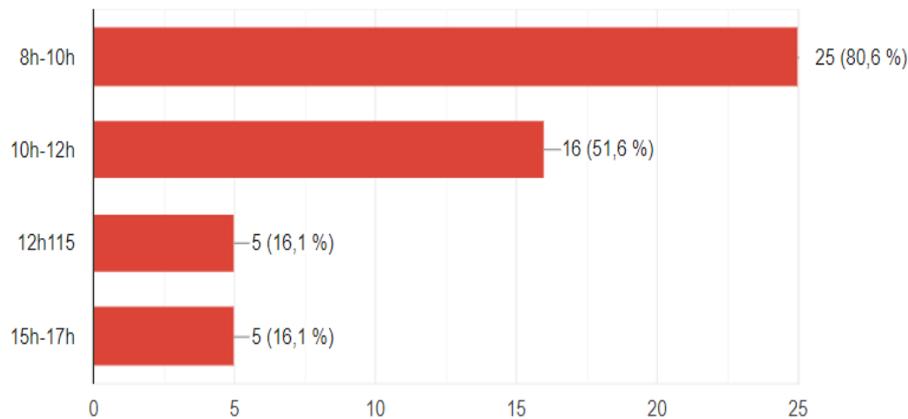
**Figure III-9** : les réponses relatives à la réflexion en pourcentage

(Source : auteur, 2022)

La figure montre que la plupart des enseignants ne reçoivent pas de rayon de soleil direct ou juste 9% que leurs bureaux présentent une gêne d'éblouissement par contre presque la moitié 51.60% des participants, reçoivent de l'éblouissement sur leurs plans de travail et 38.70 des participants déclarent qu'il n'existe pas du tout d'éblouissement dans leur bureaux.

La figure ci-dessous montre les meilleurs heures de travail dans les bureaux des enseignants.

**les meilleurs heurs de travail dans les bureaux des enseignants**

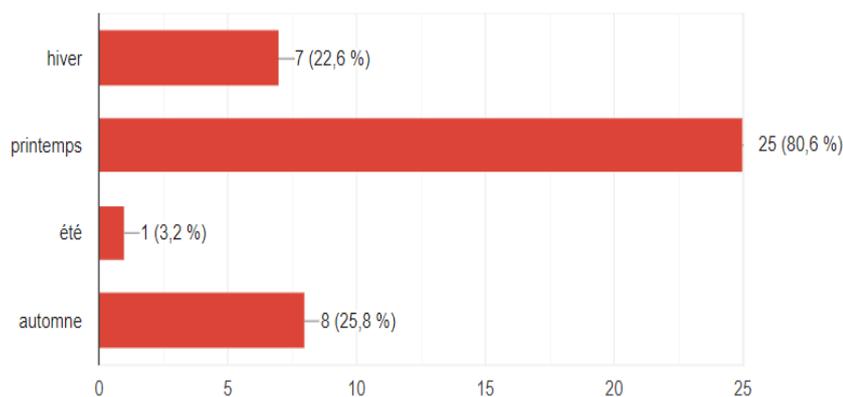


**Figure III-10** : les meilleurs heures de travail en pourcentage  
(Source : auteur, 2022)

Le graphe montre que l'heur de 8h à 10h du matin est le meilleur heur de travail des enseignants 80.60% des participants préfèrent travailler de 08h ç 10h du matin, 51% préfère travailler entre 10h et 12h quand a l'après-midi que ce soit de 12h à 15h ou de 15h à 17h que 16% y ait travaillent dans leurs bureaux.

La figure ci-dessous montre les meilleures saisons de travail dans les bureaux des enseignants.

**La meilleure saison de travail dans les bureaux des enseignants.**



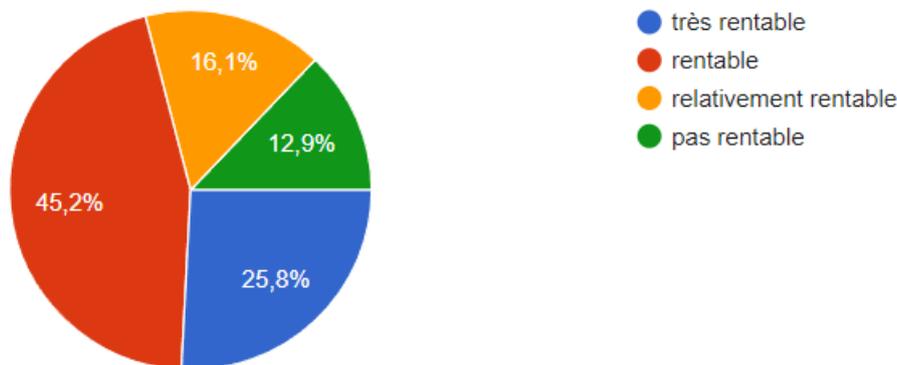
**Figure III-11** : les meilleures saisons de travail en pourcentage

(Source : auteur, 2022)

La plupart des enseignants à savoir 80.60%, préfèrent travailler dans leurs bureau en printemps, 25.80 préfèrent l'automne par contre en hiver que 22.60% quand en été presque nul que 3.20% préfèrent travailler en été dans leurs bureau.

La figure ci-dessous, révèle en pourcentage la rentabilité du travail dans les bureaux des enseignants.

**Rentabilité de travail dans les bureaux des enseignants**



**Figure III-12** : Rentabilité du travail dans le bureau

(Source : auteur, 2022)

La figure montre que presque la moitié 45.20 % trouve que le travail dans ces bureaux est rentable et 25.50% trouvent que le travail dans ces bureaux est très rentable donc la rentabilité dans ces bureaux est de 70.70% aussi 16.10 trouvent que c'est relativement rentable et que 12% qui révèle que leurs travail dans ces bureaux n'est pas rentable alors on juge que le travail dans ces bureaux est très rentable.

## 4.5 Synthèse

Cette étude qualitative nous mène affirmer les interprétations précédentes de l'évaluation quantitative, à savoir que les participants sont satisfaits de la qualité d'éclairage l'absence d'éblouissement, ainsi qu'une très bonne productivité et rentabilité intellectuelle dans ces bureaux des enseignants de Targua Ouzemour.

## **Conclusion**

D'après ce chapitre, on peut conclure que la lumière naturelle que reçoivent les bureaux pour enseignants est considérable au prêt des ouvertures peut des fois être une source de gêne mais si le plan de travail du bureau se trouve à la zone centrale et que le bureau est assez éclairé avec une orientation favorable, on peut de cette façon optimiser le confort visuel. Alors parmi les paramètres qui peuvent influé sur la lumière naturelle on trouve la dimension et l'orientation de l'ouverture.

L'enquête effectuée dans ce chapitre consiste en la confirmation des résultats quantitatifs ainsi que de sortir avec des résultats nous permettant de valider la sensation subjective des occupants et les chiffres se rapprochant de la norme.

## **CHAPITRE IV : Simulation numérique de l'immeuble de bureau de l'Université de Bejaia**

### **Introduction**

Dans ce chapitre on va aborder la simulation numérique grâce au logiciel «**Archiwizard**», on va d'abord présenter le logiciel, ensuite on va expliquer le processus de déroulement de la simulation. Puis on va simuler sept scénarios de notre cas d'étude, mais à chaque fois on effectue une modification au niveau des ouvertures ou l'orientation, Puis par la suite on va traduire les résultats en courbe et graphes et effectuer une interprétation à ces résultats. L'objectif de cette démarche est de quantifier la lumière optimale à percevoir dans les immeubles de bureaux.

### **1. Présentation de la technique d'étude utilisée :**

Dans cette étude on opte pour la simulation numérique grâce à un logiciel software spécialisé professionnelle dans le domaine thermique, visuel, énergétique.

### **1.2 L'outil de travail (simulation numérique) :**

C'est l'un ces outils qui consiste à simuler un bâtiment avec son contexte immédiat, afin d'étudier son comportement et sa propriété face aux différents stimulus interne et externe pour prédire sa réaction dans le temps, la simulation numérique est une série de calcul utilisant souvent la technique des éléments finis effectuée sur un support matériel ordinateur dont les interfaces graphique permettent la visualisation des résultats par des images de synthèse.

### **1.3 Objectif de l'étude :**

L'objectif de la présente étude est de démontrer l'impact du type et de la dimension des ouvertures et leurs orientations sur le confort visuel des usagers des bureaux du bloc des enseignants de l'université Targua Ouzemour avec l'obtention des résultats quantitatifs et qualitatifs en relation avec le niveau d'éclairage.

### **1.4 Argumentation du choix du logiciel de simulation :**

Les logiciels de simulations dans le domaine de l'éclairage connaissent une évolution très rapide, il permet de simuler l'effet de l'éclairage sur le confort visuel dans l'espace

architectural prédéfinie, ce qui donne la possibilité de faciliter la conception architecturale des bâtiments.

Cependant le choix du logiciel Archiwizard, grâce à son adéquation avec l'éclairage vue qu'il est spatialisé dans le domaine thermique visuel appliqué au bâtiment ainsi il permet d'offrir une carte d'éclairage avec des valeurs du facteur de lumière du jour avec la possibilité d'étudier des scénarios selon le besoin de l'étude.

### 1.5 Définition du logiciel ArchiWizard :

**ArchiWizard** est un logiciel de simulation énergétique des bâtiments qui permet de simuler et de démontrer la performance énergétique d'un projet architectural dès les premières esquisses et tout au long de sa conception ou dans le cadre de sa rénovation, dans un environnement 3D intuitif en connexion directe avec la maquette numérique.



**Figure IV-1 :** Logiciel de simulation Archiwizard (source : <https://www.esoftner.com> ).

- Réduire le temps des études
- Prendre en considération le climat dans la conception
- Réaliser des bâtiments énergétiques performants

## **1.6 Domaine d'utilisation du logiciel ArchiWizard :**

Le logiciel Archiwizard est utilisé dans plusieurs domaines liés au monde de l'architecture en général, dont on trouve :

- Les conceptions architecturales et techniques d'un bâtiment.
- La performance énergétique et thermique du bâtiment.
- L'éclairage naturel et artificiel.
- Les équipements solaires et Les énergies renouvelables.

## **2. Déroulement de la simulation :**

La simulation s'est déroulée à la ville de Bejaia Archiwizard pour étudier les paramètres suivant : niveau d'éclairage, facteur de lumière du jour en deux étapes :

- La simulation du cas d'étude (témoin).
- La simulation des scénarios avec l'intégration de différentes ouvertures et différente orientation

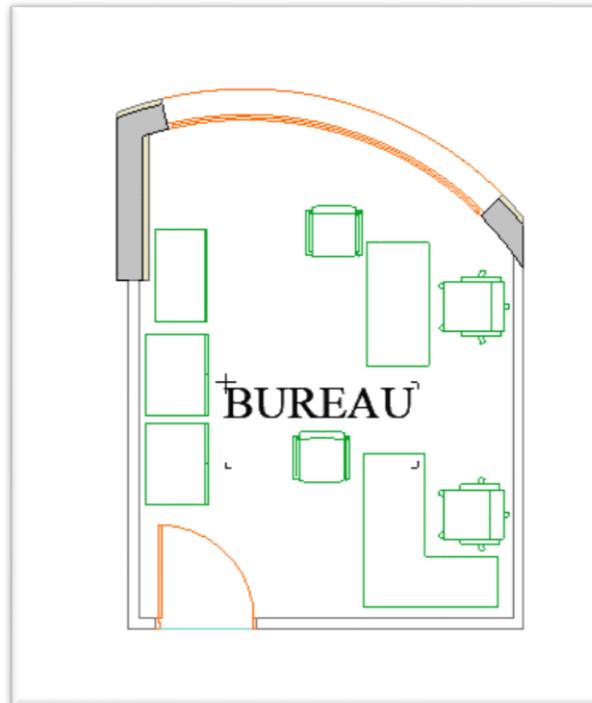
### **2.1 Démarche de la simulation :**

La démarche de la simulation a été établie par l'utilisation de deux logiciels un logiciel de modélisation archicad et un logiciel de simulation archiwizard.

#### **2.1.1 Archicad :**

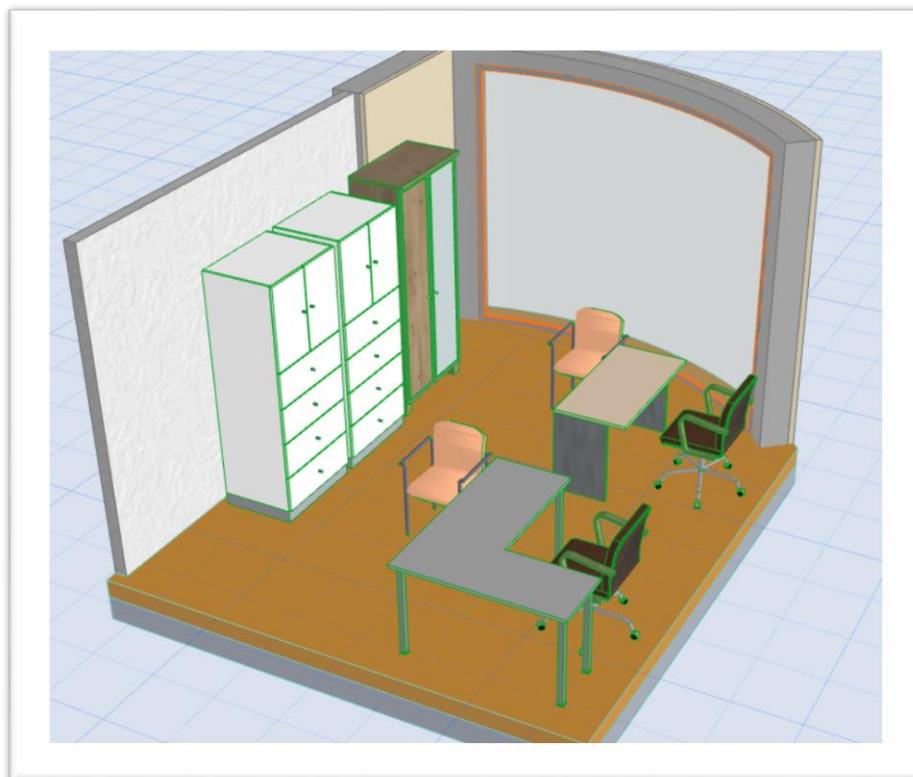
Ce logiciel consiste à la création initiale du modèle de l'espace clef notre cas d'étude (bureaux pour enseignants) qui est le bureau.

La figure ci-dessous présente le plan en 2d du bureau, avec la création du mur extérieur d'une épaisseur de 30cm, trois parois intérieurs, dont une contenant la porte d'entrée, une baie vitrée sur le mur extérieur ainsi que l'aménagement du bureau tel que trouver à la réalité



**Figure IV-2 :** Modélisation de l'espace clef du cas d'étude (Source : auteur, 2022)

la figure ci-après présente le même espace mais cette fois ci en 3d



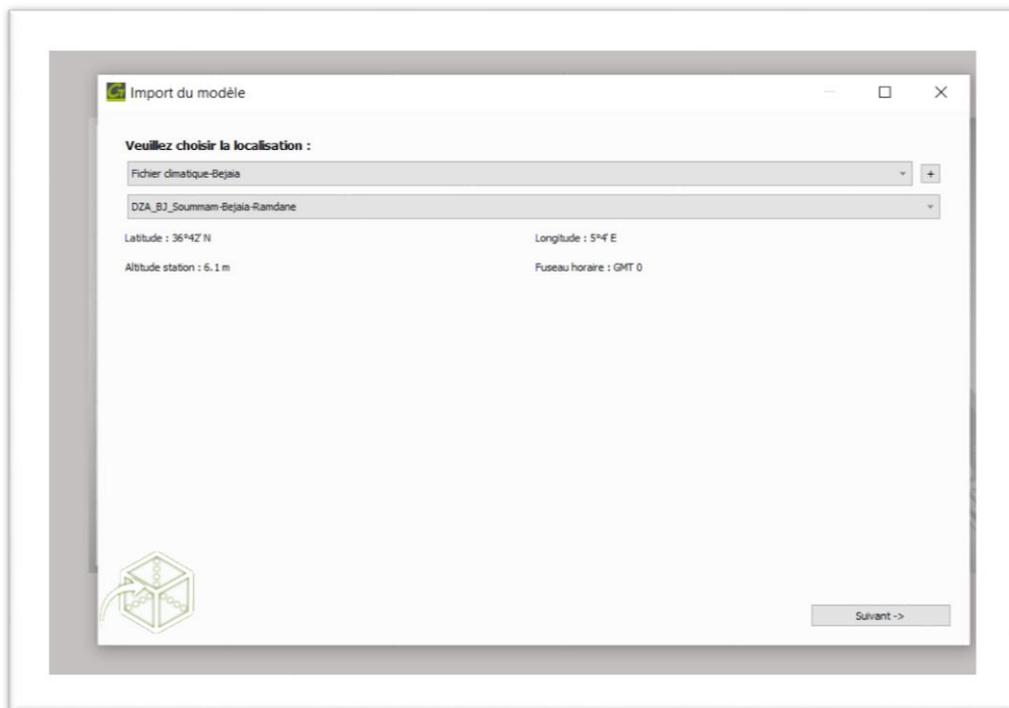
**Figure IV-3 :** le model témoins modelé en 3D (source :auteur, 2022)

Après la modélisation de l'espace a simulé sur le logiciel « archicad »il sera enregistré sous format SKP et importé au logiciel de simulation

### 2.2.2 Archiwizard :

Après avoir modelé l'espace clé qui est le bureau situé au sud-ouest avec mur rideau la prochaine étape était d'exporter le modèle témoins au logiciel « archiwizard » en prenant en compte les étapes et donnée très importante pour se rapprocher de la réalité

#### ➤ Étape 01



**Figure IV-4 :** insertion du fichier climatique de Bejaia (Source : auteur, 2022)

L'insertion de ce fichier climatique est une étape très importante sur le logiciel « archi wizard » afin de se rapprocher au maximum de la réalité.

#### ➤ Étape 02

Ci- dessous une figure qui montre le choix du type de bâtiments

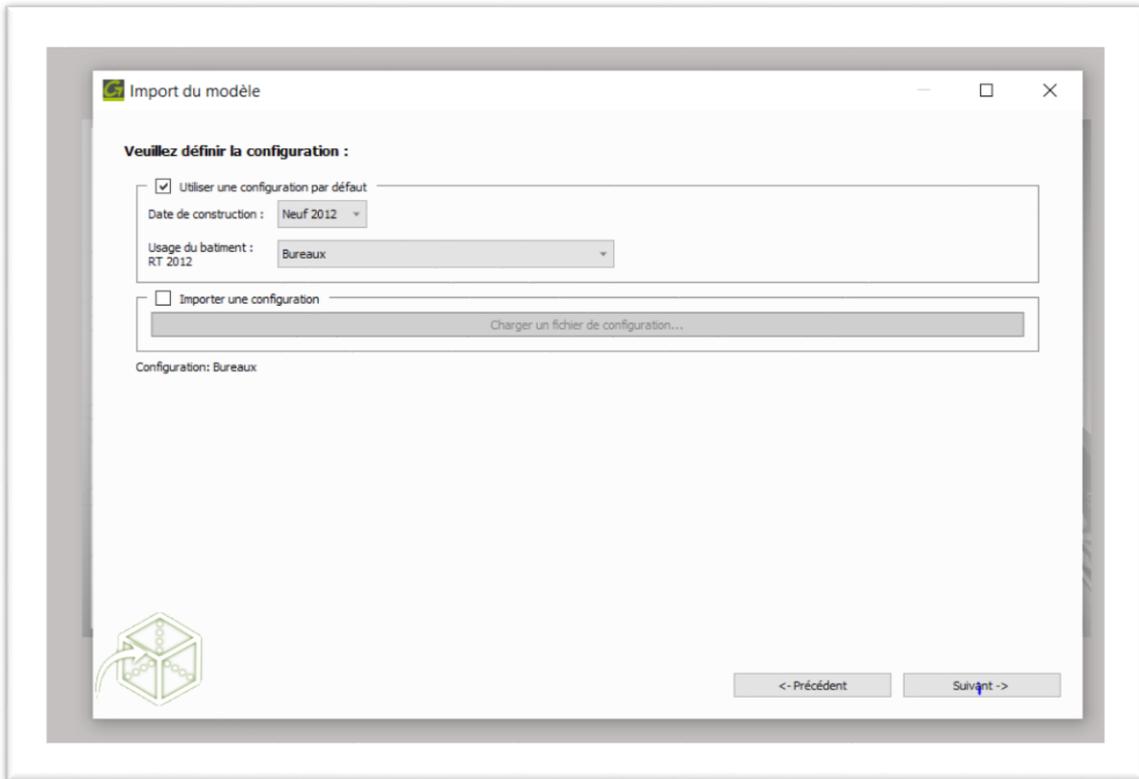


Figure IV-5 : choix du type de bâtiments (source : auteur, 2022)

Il s'agit de choisir le type de bâtiments et de cette façon le besoin en éclairage s'affiche directement dans l'espace à simuler il est donné de 500 lux dans notre cas.

### ➤ Étape 03

La figure ci-après est prise par rapport à la camera

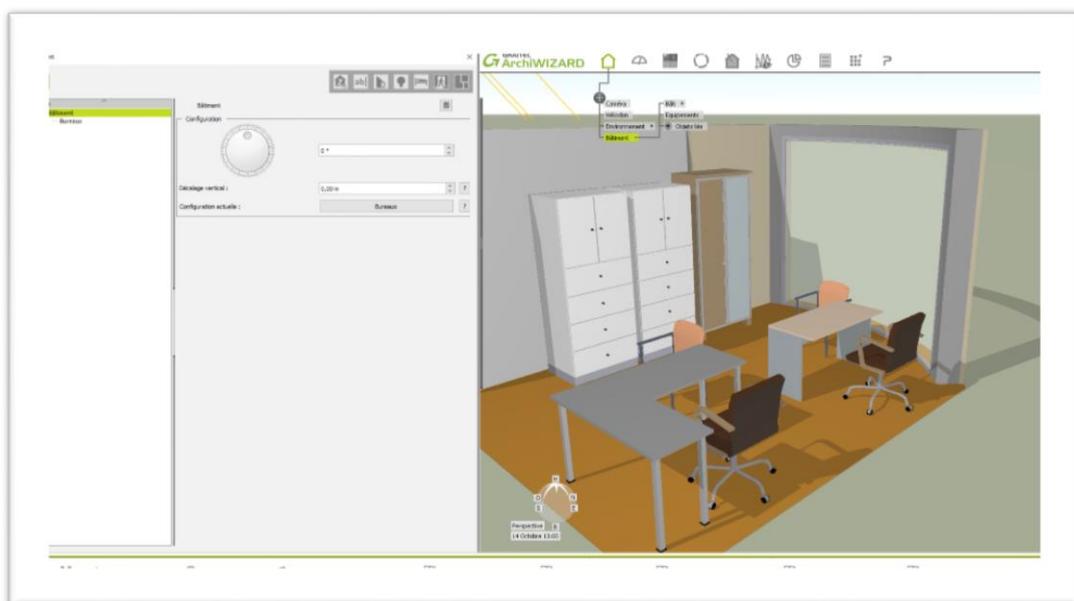
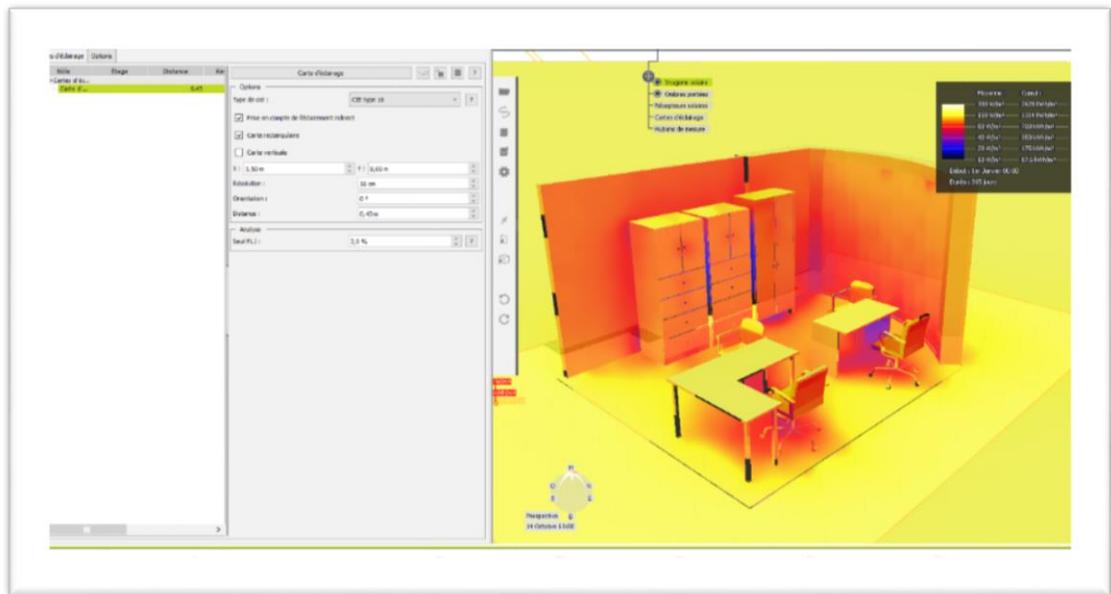


Figure IV-6: espace de travail du logiciel archiwizard (source : auteur, 2022)

On est déjà à l'espace de travail de notre logiciel après avoir paramétré les matériaux il s'agit de travailler avec les palettes ci-dessous, bâtiments, carte d'éclairage et produire le rapport

### ➤ Étape 04

Ci-dessous une figure de l'imagerie solaire



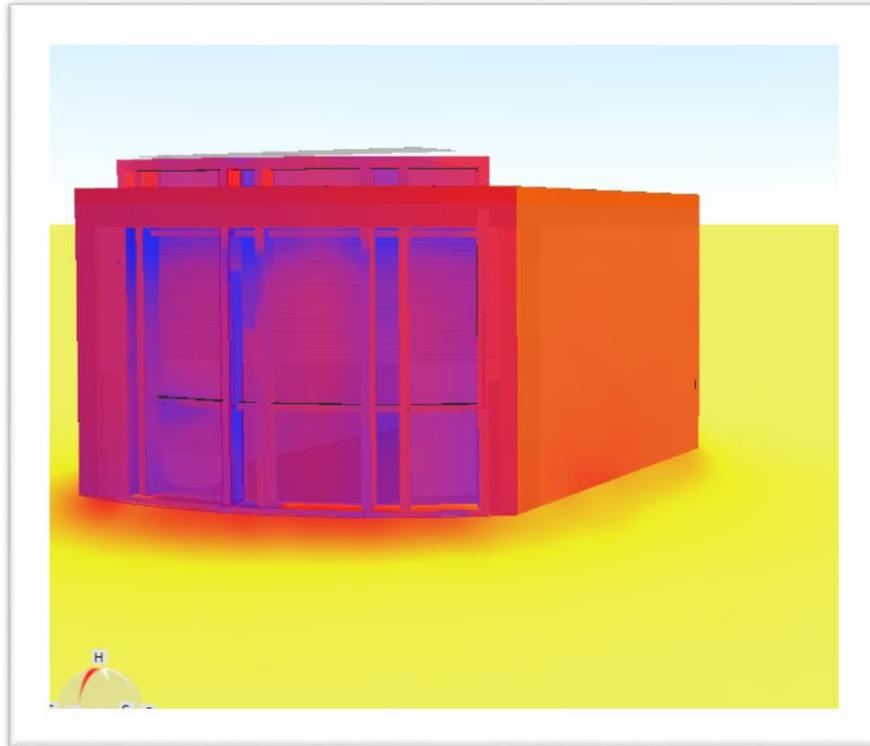
**Figure IV-7** : imagerie solaire de l'espace à simuler (source : auteur, 2022)

Sur cette figure on trouve les paramètres de l'imagerie solaire de la carte d'éclairage en lui imposant la hauteur du plan de travail cette dernière est donnée déjà en éclairement (lux) et en FLJ en % et en suite on peut produire le rapport ou bien lancer la simulation.

## 3. Simulation du modèle témoins

### 3.1 Importer le fichier

Après avoir importé le modèle 3d archicad vers archiwizard ainsi que le fichier des données climatiques de la Wilaya de Bejaia

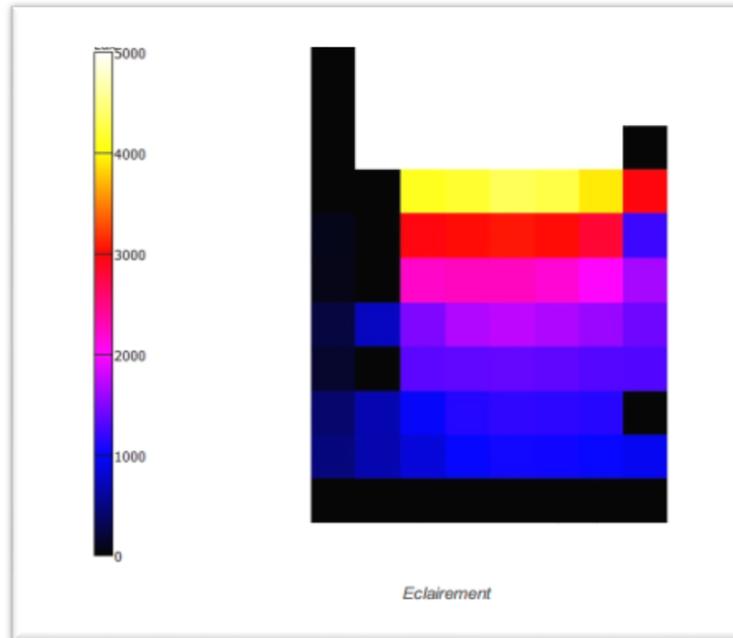


**Figure IV-8** : Simulation du modèle témoins du B1 (source : auteur, 2022).

- la surface vitrée du bureau est de 95%
- Orientation Sud-ouest

### **3.2 Description du modelé de référence**

C'est un modèle témoins choisis comme cas le plus défavorable avec son orientation Sud-ouest ouverture bilatérales, il se situe au 3eme étage, surface vitrée sur la façade orientée Sud-ouest de 57.69 % et sur la façade orientée ouest de 13.02%, choisi pour faire une étude de comparaison avec les modèles simulés afin de valider le modèle numérique



**Figure IV-9** : Insertion de la carte d'éclairage (source : auteur, 2022)

### 3.3 Les résultats et interprétation

On remarque une tache solaire, éblouissement à la surface prêt du mur rideau un éclairage qui dépasse 3000 lux presque sur 30% de l'espace de service du bureau, un éclairage de 500 lux et plus au fond du bureau.

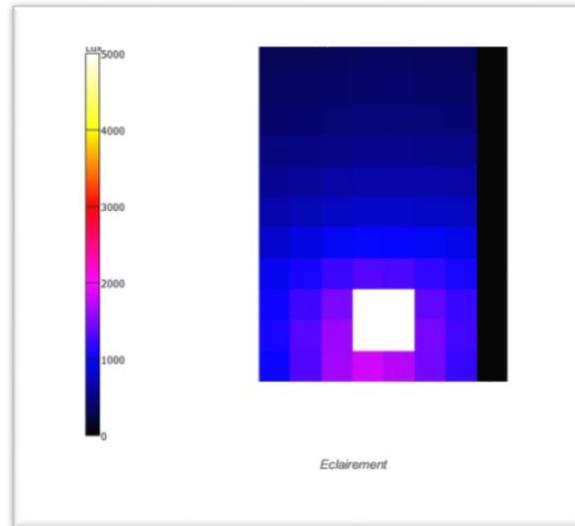
On peut conclure que l'occupant du bureau prêt de la fenêtre pourrait avoir un excès de lumière et un rayon direct c'est l'inconfort visuel et l'occupant du bureau du fond bénéficiera de lumière recommandé selon le tableau II-2.

## 4. Les Modèles simulés

Les résultats sont obtenus à l'aide d'un logiciel de simulation « archiwizard », on a pris comme paramètre à étudier l'orientation et la dimension de l'ouverture, 30%, 60% et 90%

### 4.1 Le cas Orientation sud du bureau

ci-dessous le modèle simulé avec une orientation sud

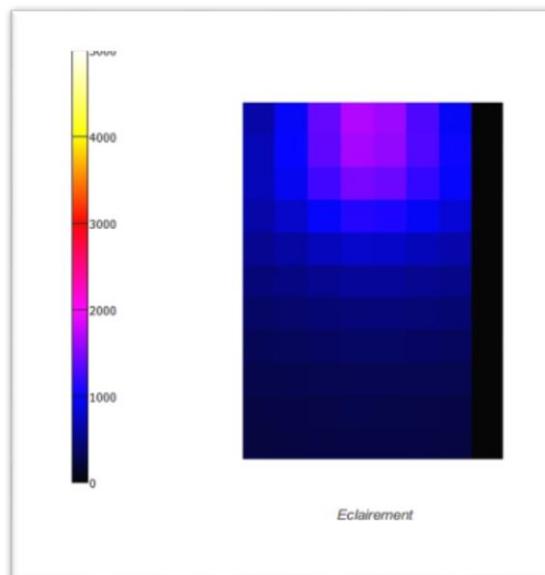


**Figure IV-10 :** le niveau d'éclairage pour une orientation du modèle simulé au sud  
(source : auteur, 2022)

On remarque une tache solaire près de l'ouverture c'est l'éblouissement en zone se situant près de l'ouverture, le milieu de la salle est éclairé entre 1500 et 1000 lux, c'est au fond de la salle que le niveau d'éclairage est de 500 lux.

## 4.2 Le cas orientation nord du bureau

Ci-dessous le modèle simulé avec une orientation nord

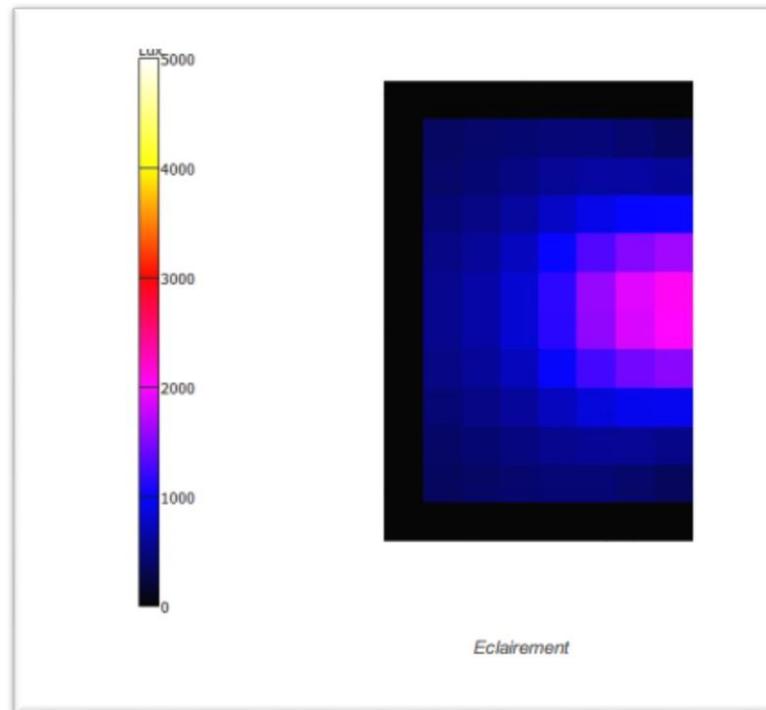


**Figure IV-11:** le niveau d'éclairage pour une orientation du modèle simulé au nord  
(Source : auteur, 2022)

On remarque pour ce modèle un éclairage moyen de 2000 à 1500 justes devant l'ouverture et le reste du bureau l'éclairage est de 1000 et diminue en allant en profondeur.

### 4.3 Le cas orientation est du bureau

Ci-dessous le modèle simulé avec une orientation est.



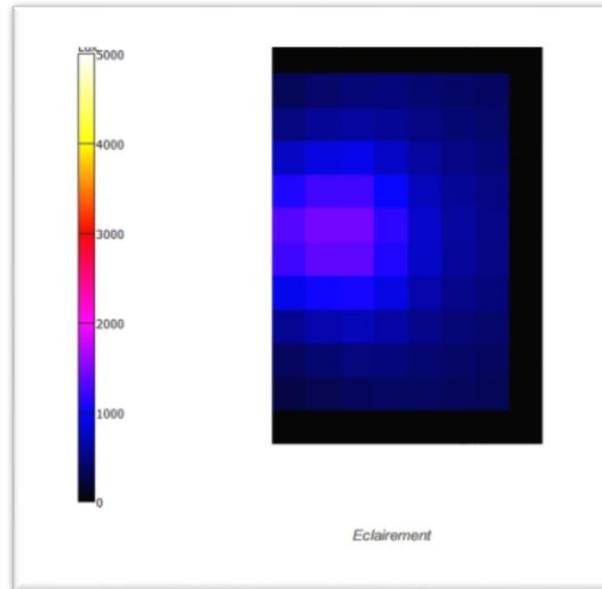
**Figure IV-12:** le niveau d'éclairage pour une orientation du modèle simulé au nord

(Source : auteur, 2022)

On remarque pour ce modèle un éclairage moyen de 2300 à 1500 pour une bonne partie allant de l'ouverture jusqu'au fond de la salle que les extrémités se trouvant moins de 500 lux l'air de service du bureau est éclairé

### 4.4 Le cas orientation ouest du bureau

Ci-dessous le modèle simulé avec une orientation ouest



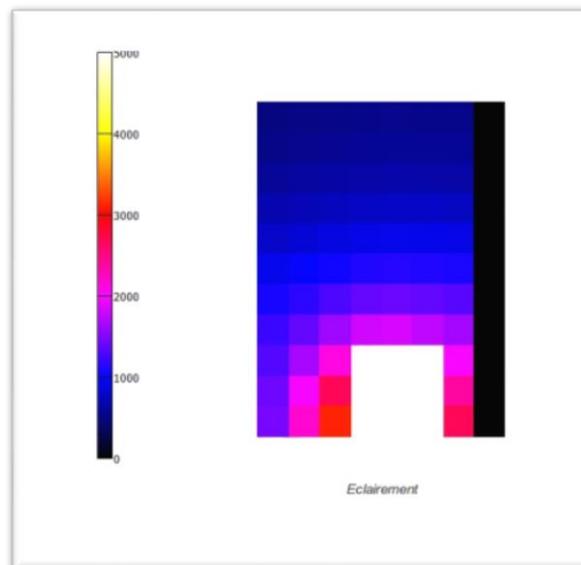
**Figure IV-13:** le niveau d'éclaircement pour une orientation du modèle simulé à l'ouest

(Source : auteur, 2022)

On remarque pour ce modèle un éclaircement de 1500 à 500 même pour la partie située près des ouvertures et de 500 se diminue à chaque fois qu'on s'éloigne des ouvertures.

#### 4.5 Le cas de la surface vitrée à 30% au Sud

Ci-dessous le modèle simulé avec une orientation sud et une surface vitrée de 30%.



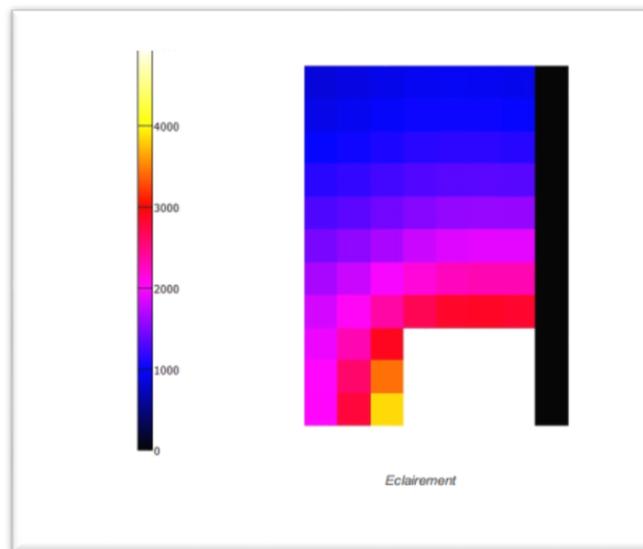
**Figure IV-14 :** le niveau d'éclaircement pour une surface vitrée de 30% orientation sud

(source : auteur, 2022)

On remarque pour ce modèle un éclairage moyen de 500 à 2500, devant l'ouverture l'éclairage atteint les 2500 lux ceci seulement pour 20 % de la surface du bureau par contre le reste de la surface l'éclairage est de 500 et diminue en allant en profondeur.

#### 4.6 Surface vitré 60 % Sud

Ci-dessous le modèle simulé avec une orientation sud et une surface vitré de 30%.



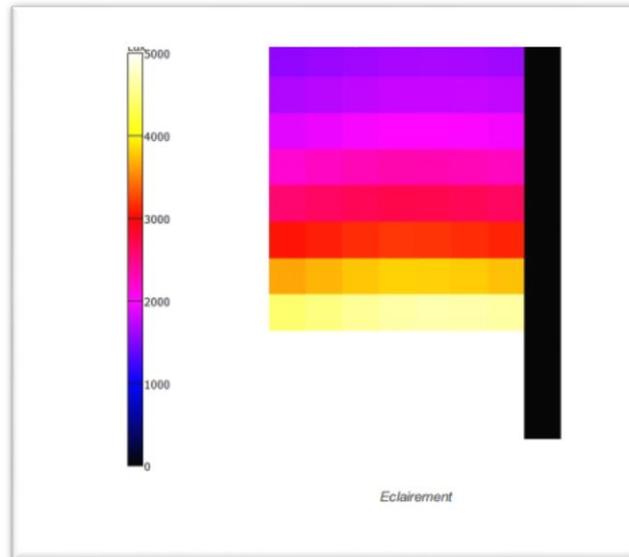
**Figure IV-15** : le niveau d'éclairage pour une surface vitrée de 60% orientation sud

(source : auteur, 2022)

On remarque pour ce modèle un éclairage de 1000 jusqu' à 4000 lux pour 50 % de la surface du bureau dépasse les 2000 lux et l'autre moitié son niveau d'éclairage ne descend pas des 1500 lux ceci rend le bureau trop éclairé sauf que la moitié prêt des fenêtres reçoit une quantité de lumière excessive c'est l'inconfort visuel.

#### 4.7 Surface vitré 90 % Sud

Ci-dessous le modèle simulé avec une orientation sud et une surface vitré de 30%.



**Figure IV-16** : le niveau d'éclairage pour une surface vitrée de 90% orientation sud

(source : auteur, 2022)

On remarque pour ce modèle un éclairage pas moins de 2000 lux et dépasse 5000 lux pour la surface total du bureau ceci rend le bureau trop éclairé sauf que la moitié prêt des fenêtres reçoit une quantité de lumière excessive c'est l'inconfort visuel.

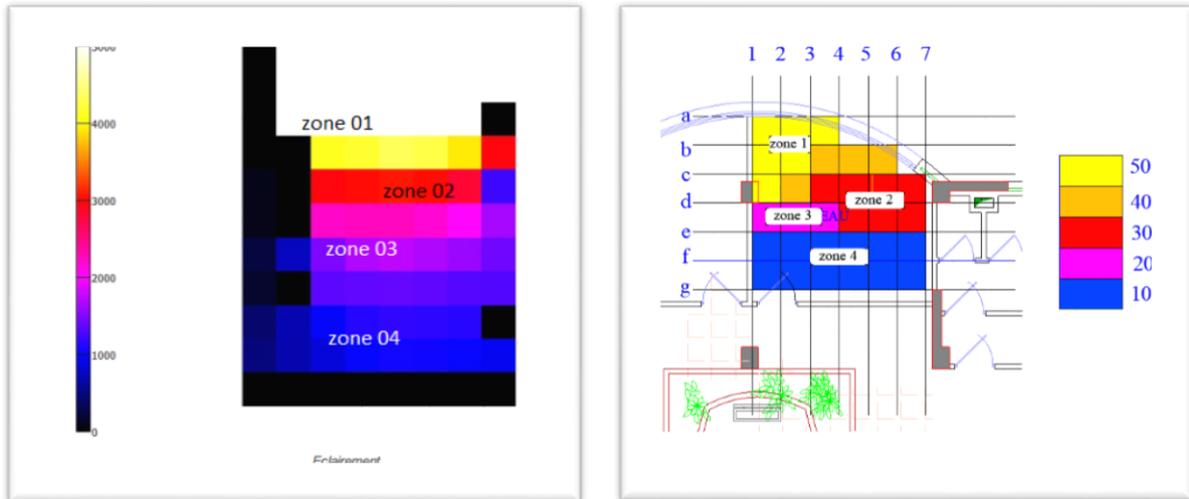
## 5. Interprétation :

D'après les résultats ci-dessous on peut dire que l'orientation du bâtiment influe directement sur le niveau d'éclairage que la tache solaire si elle est loin des plan de travail offre une meilleurs possibilité d'avoir un bon niveau d'éclairage que le calcul du niveau d'éclairage se mesure à l'aire d'utilisation du bureau on a besoin de recevoir un bon éclairage sans pour autant avoir une gêne ou un inconfort visuel.

L'utilisation d'ouverture est en relation directe avec l'orientation du bureau, la dimension appropriée pour l'orientation au sud ne devrait pas dépasser 30%.

## 6. Comparaison des résultats

Le but de cette comparaison est de valider le modèle et les résultats obtenus par la simulation. La comparaison se fera par des zones et par rapport à l'orientation et la dimension de l'ouverture similaire.



**Figure IV-17** : comparaison entre prise de mesure et simulation du modele temoins

(source : auteur, 2022)

Entre les résultats obtenus lors de la prise de mesure in situ et la simulation. On remarque une ressemblance entre les deux figures et entre les deux résultats.

D'après ces résultats nous pouvons dire qu'il y a une concordance entre les résultats de l'étude empirique et la simulation. Les deux figures présentent presque un même profil, ce qui valide notre étude empirique.

## 7. Proposition de solution

Afin de résoudre le problème soulevé dans l'étude empirique prise de mesure in situ et lors de la simulation à savoir manque de lumière au fond du bureau, éblouissement, il y a lieux de compléter sur place avec le recourt à des solution active tel que les stores que 60 % des utilisateur (voir questionnaire et réponse) trouve que c'est très utile, aussi pour la façade sud utiliser des brises soleil.

## **Conclusion**

la simulation dans ce chapitre nous permis d'une part d'évaluer le niveau d'éclairage dans les bureaux du bloc des enseignants à Targua Ouzemour, de valider les résultats obtenus lors de la prise de mesure in situ élaborée dans l'étude empirique et d'autre part d'accentuer et de confirmer les hypothèses déjà posées sur l'orientation et la dimension des baies influence directement le niveau d'éclairage qui devrait être pensé dès la phase de conception, et soit les changer ou faire d'autres choix soit d'intégrer directement des éléments nous aidons à optimiser, gérer et distribuer la lumière naturelle qui a un impact sur le confort visuel

on arrive à conclure que l'immeuble de bureaux pour enseignants reçoit parfois un surplus de lumière induisant de la sorte un éblouissement ou une lumière non uniforme dans le bureau, chose qui devrait être corrigée par les stores, des brise-soleil, l'aménagement du bureau et la couleur des murs qui dans le cas des bureaux mal éclairés une lumière claire pourrait aider à remédier à ce problème, il se trouve que des bureaux recevant trop de lumière le choix des meubles et leur emplacement à corriger de façon remarquable et à contribuer à diminuer considérablement l'éblouissement, la tache solaire et a rendu le bureau confortable du point de vue visuel.

## Conclusion générale

La lumière naturelle est issue principalement du soleil, cette source inépuisable est à l'origine de tout phénomène vital, plusieurs études ont amenées à la création et à l'invention de tous type de lumière, éclairage et éclairagisme or la lumière naturelle est la seule lumière qui épargne la fatigue et qui donne une sensation de satisfaction et de confort optimal. Dans le domaine du bâtiment et depuis Vitruve il a été pensé sérieusement, profondément et avec une grande précision à tout détail pouvant traiter le sujet de la lumière naturelle que ce soit à l'échelle architectural ou urbain, c'est de cette façon qu'aujourd'hui le domaine de l'étude de l'éclairage naturelle est allé jusqu'au bien physique et psychique sans pour autant oublier l'économie et la préservation de la nature.

On a pris en compte des dispositifs de l'éclairage naturel dans un bâtiment généralement et dans les équipements administratifs spécialement et leurs impacts sur le confort visuel, tout en prenant en considération, leur mise en œuvre et la spécificité, que peut occuper la lumière naturelle à faciliter les différentes tâches visuelles dans le bureau, à avoir une ambiance lumineuse satisfaisante, quantitativement en termes d'éclairement, et qualitativement en termes de confort psychologique. Aujourd'hui on pense que la satisfaction des usagers des bureaux est relié directement avec leurs production intellectuelle, le confort physique affecte directement le confort psychologique qui a son tour affecte la quantité du travail mais surtout sa qualité et l'épanouissement des utilisateurs.

Les deux paramètres étudiés dans cette recherche qui sont l'orientation et la dimension des ouvertures sont déjà responsable de l'optimisation de la lumière naturelle dans les équipements tertiaire rien que ces deux paramètre pouvait rendre l'espace confortable pour le travail du bureau et limiter la surconsommation d'électricité, la fréquentation des bureaux par les enseignants qui grâce au confort qu'on pourrai leur offrir dans leurs bureaux les motiverai à exploiter ces espace et à les rentabiliser. Il est de la première mission de l'architecte de concevoir des espaces qui seront au moins occupés, ceci ne pourrai être réalisé sans avoir réussi l'utilisation de ces deux paramètres. Sachant que tout est relié tous est relatif on ne peut pas nier que la technologie aujourd'hui a réussi à passer aux solutions techniques, aux solutions actives mais la préservation de la nature et de la santé humaine ne se fait que par le retour à la nature elle-même.

## **Recommandations**

Il est recommandable de prendre en compte les paramètres suivants afin d'améliorer la qualité la quantité de la lumière naturelle :

- l'orientation du bâtiment.
- la dimension de l'ouverture.
- l'environnement extérieur ainsi que l'aménagement intérieur.

## **Les limites de la recherche**

Nous avons rencontré les limites suivantes :

- Le manque d'instrument de mesure fiable.
- le manque de licence des logiciels utilisés.

## **Perspectives de recherche**

En guise de recherches futures à développer, l'étude relative aux développements durable dans les immeubles de bureaux :

- Le confort thermique des immeubles de bureaux.
- La consommation énergétique dans les espaces tertiaire.
- l'étude de type de protection solaire dans les immeubles de bureaux.

## Bibliographie

Benharkat, S. (2006). [impact de l' éclairage naturel zenithal sur le confort visuel dans les salles de classe, universite mentouri .constantine]. <http://.univ-ueb.dz>.

Bodart, M (2002). [Création d'un outil d'aide au choix optimisé du vitrage du bâtiment, selon des critères physiques, économiques et écologiques, pour un meilleur confort visuel et thermique]. <https://dial.uclouvain.be>.

Daich, S. (2011). [Modélisation du système anidolique pour un environnement lumineux intérieur intégré, Université Mohamed Khider-Biskra]. <http://thesis.univ-biskra.dz>.

Dersarkissian, Y. (2012). [notion utile de médecin de travail pour apprécier l'éclairage dans une entreprise de tertiaire, institut national de medecine agricole]. <https://www.inma.fr>.

Floru, R. (2016). [Éclairage et vision, institut national de recherche et de sécurité]. <https://hal-lara.archives-ouvertes.fr>.

Gallas, A. (2013). [proposition d'une méthode d'assistance a la prise en compte de la lumière naturelle, université, de Lorraine]. <https://www.theses.fr>

Mahrez, B. Doual, A (2015). [optimisation de l'éclairage naturel pour obtenir le confort visuel dans les bibliotheques, université laarbi benmehidi OEB]. <http://bib.univ-ueb.dz>.

Matallah, Z. (2016). [étude des effets de l'orientation sur le confort visuel dans les salles de cours avec éclairage naturel lateral.cas des salles de classe de l'universite de laghouat, Université Mohamed Kheider – Biskra]. <http://thesis.univ-biskra.dz/2572>

Meddour, S (2008). [ impact de l'éclairage zenithal sur la presentation et la preservation des œuvres d'art dans les musees, université mentouri constantine]. <http://archives.umc.edu.dz>. Reiter & De Herde , 2003

Miguet, F (2000) .[Paramètres physiques des ambiances architecturales : Un modèle numérique pour la simulation de la lumière naturelle dans le projet urbain]. <https://tel.archives-ouvertes.fr>

Moqadem, I. (2017). [L'Optimisation de la lumiere naturelle dans la conception d'un musee dans le milieu urbain, universite mohamed seddik benyahia – jijel]. <https://www.theses-algerie.com>.

Rahmani, D. (2012). [analyse d un système de concentration solaire pour production dhydrogene, université hassiba benbouali chlef]. <http://bu.univ-chlef.dz>.

Saadi, Y. (2017). [Paramètres physiques Des ambiances lumineuses : Un modèle numérique pour l'évaluation des ambiances lumineuses, Université Mohamed Khider-Biskra]. <http://thesis.univ-biskra.dz>